



ISSN: 2301-5373  
E-ISSN: 2654-5101

Volume 13 • Number 3 • February 2025

# JELIKU

**Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana**

**Informatics Study Program**

Faculty of Mathematics and Natural Sciences

Udayana University

## Table of Contents

<i>Deteksi Ritme pada Musik menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)</i> I Ketut Gede Suhartana, William Soeparman, Luh Gede Astuti, I Made Widhi Wirawan .....	529-534
<i>Klasifikasi Penyakit Jantung Dengan Neural Network dan Seleksi Fitur Chi-Square</i> Ida Putu Ari Jayadinanta, I Ketut Gede Suhartana, Anak Agung Istri Ngurah Eka Karyawati, I Gusti Ngurah Anom Cahyadi Putra .....	535-542
<i>Klasifikasi Serangan Distributed Denial of Service (DDoS) Menggunakan Support Vector Machine dengan Correlation-Based Feature Selection</i> I Gusti Ngurah Made Dika Varuna, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan, Anak Agung Istri Ngurah Eka Karyawati, Made Agung Raharja .....	543-558
<i>Penerapan Waterfall Pada Sistem Kasir UMKM Desa Pakisputih Berbasis Android</i> Fajar Mahardika, M. Ikhwan Nurhadi, Kuntari Wuri Asri, Desilia Nurvianti, Fariz Faza .....	559-570
<i>Prediksi Pengunduran Diri Karyawan Dengan Pendekatan Deep Neural Network Dalam Machine Learning</i> Satya Wirapati, Luh Gede Astuti, I Made Widiartha, I Wayan Santiyasa .....	571-576
<i>Usability Analysis on the OPAC UNSIKA Website Using the User Centered Design Method</i> Syela Herdina Naibaho, Nina Sulistiyowati, Siska Siska .....	577-590
<i>Prototype Penuangan Air Minum Otomatis pada Dispenser</i> Firdaus Latan Hoseir, Rama Apriando .....	591-608
<i>Prediksi Penjualan Marketplace Menggunakan Regresi Linear Berganda Berdasarkan Produk Terjual Dan Potongan Biaya Pengiriman (Studi Kasus: AUFAR Grosir Jeans)</i> Melanie Putri, Hannie ., Siska . .....	609-624
<i>Perancangan Ontologi Obat Tradisional Bali</i> I Dewa Ayu Diani, Ngurah Ananda, Cokorda Pramatha, Bayu Siaka .....	625-634

*Penyisipan Pesan Tersembunyi Dalam Citra Menggunakan Metode Spread Spectrum dan Least Significant Bit(LSB)*

Muhammad Caesar Gilang Indrawan, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan, I Wayan Supriana, I Made Widiartha..... 635-646

*Sistem Monitoring dan Kontroling Irigasi Pekarangan Bunga Berbasis Internet of Things (IoT)*

Iqbal Faturachman Usman, Stefan Adriansyah Hulukati, Steven Humena..... 647-654

*Pengembangan Ontologi Semantik Pada Domain Upacara Manusa Yadnya*

I Komang Widia Pratama, Ni Made Julia Budiantari, Ni Luh Eka Suryaningsih, Cokorda Pramatha ..... 655-664

*Ekstraksi Ciri dan Klasifikasi Isyarat Suara Tutur Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficients*

Domy Kristomo, Maria Mediadtrix Sebatubun..... 665-670

*Analisis Kerentanan Keamanan Menggunakan OWASP ZAP dan Pengujian Manual pada Tampilan Antarmuka Laman PDDikti*

Firda Ayu Hassanah, Eddy Ryansyah, Fikri Maulana Setiawan, Ridho Alamsyah, Agung Susilo Yuda Irawan..... 671-678

*Perbandingan Algoritma Blowfish dan Gost Berbasis CriptoForge untuk Enkripsi Deskripsi File Teks*

Ilham Bisma Akbar Maolana, Alam Rahmatulloh..... 679-686

*Rule-Based Algorithm pada Simulasi Smart Farming Berbasis Wokwi dan Firebase*

I Gede Surya Rahayuda, Ni Putu Linda Santiari..... 687-694

*Perancangan Ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali*

I Kadek Dwi Adnyana, I Made Suma Gunawan, I Gusti Agung Gede Ary Mahayasa, Cokorda Pramatha..... 695-706

*Analisis Pengaruh Dropout Layer pada Convolutional Neural Networks untuk Klasifikasi Gambar Sticky Notes*

Arsya Yan Duribta, Ninuk Wiliani..... 707-714

*Perancangan Ontologi Semantik: Representasi Digital Tokoh Wayang Bali*

I Gede Ngurah Arya Wira Putra, Hana Christine Octavia, Ngakan Made Alit Wiradhanta,  
Cokorda Rai Adi Pramatha..... 715-726

*This page is intentionally left blank.*

**SUSUNAN DEWAN REDAKSI  
JURNAL ELEKTRONIK ILMU KOMPUTER  
UDAYANA (JELIKU)**

**Penanggung Jawab :**

Dra. Ni Luh Watiniasih M.Sc., Ph.D.

**Redaktur :**

Gst. Ayu Vida Mastrika Giri, S.Kom., M.Cs.

**Penyunting/Editor :**

Dr. Anak Agung Istri Ngurah Eka Karyawati, S.Si.,M.Eng.

Ir. I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan, S.Kom, M.Kom

I Putu Praba Santika, S.Kom., M.Kom.

I Putu Satwika, S.Kom., M.Kom.

**Disain Grafis :**

I Kadek Agus Wijaya Kusuma

I Gede Widiantara Mega Saputra

**Fotografer :**

Febrian Valentino Agape

I Gusti Bagus Sutha Arianata Putra

**Sekretariat :**

Ni Ketut Alit Widiastuti, S.Kom.

Anak Agung Raka Darmawan, S.Kom.

I Putu Herryawan, S.Kom.

*This page is intentionally left blank.*

# Deteksi Ritme pada Musik menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)

I Ketut Gede Suhartana<sup>1</sup>, William Soeparman<sup>2</sup>, Luh Gede Astuti<sup>3</sup>, I Made Widhi Wirawan<sup>4</sup>

<sup>a</sup>Informatics Departement, Faculty of Mathematics and Natural Science, Udayana University  
Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, South Kuta, Badung, Bali, Indonesia

<sup>1</sup>ikg.suhartana@unud.ac.id

<sup>2</sup>williamsoeparman@gmail.com

<sup>3</sup>lg.astuti@unud.ac.id

<sup>4</sup>made\_widhi@unud.ac.id

## Abstract

*Rhythm detection in music is currently quite important. Rhythm detection in music can help to find out plagiarism between one song and another. This will help reduce plagiarized songs that are recognized as their own work and automatically also respect the original author. However, manually detecting rhythm in music or songs is quite time and labor intensive, especially when having to analyze large amounts of music data. Therefore, the development of automatic methods for detecting rhythm in music is becoming increasingly important. One method that has been proven effective in analyzing complex data such as music is Convolutional Neural Network (CNN). With CNNs, rhythm detection can be performed more accurately and efficiently, resulting in more reliable models for real applications. Music data is collected first by downloading from online music repositories. Then the music is converted into a spectrogram to extract features. After the features of the music are obtained, CNN will be trained to recognize and classify rhythm patterns in the music. The results of this research are the frequency and magnitude spectrum of the rhythm of music. There are also results for the level of plagiarism of the music with other music if the user enters two pieces of music. The system test results show that the system is able to detect the rhythm of music with an accuracy of 92.78% and is able to measure the level of plagiarism between songs with consistent performance. However, the accuracy of the system can still be improved for future research by expanding and enriching the dataset used in training the CNN model.*

**Keywords:** *Rhythm Detection, Convolutional Neural Network, Music*

## 1. Introduction

Musik memiliki unsur-unsur penting seperti bunyi, melodi, ritme, dan harmoni, dengan ritme menjadi elemen utama yang menentukan pola ketukan dan aliran nada [1], [2]. Deteksi ritme pada musik saat ini menjadi hal yang cukup penting. Deteksi ritme pada musik dapat membantu untuk mengetahui plagiarisme antara satu lagu dengan lagu yang lainnya. Hal ini akan membantu mengurangi lagu-lagu hasil jiplakan yang diakui sebagai karya sendiri dan secara otomatis juga menghargai pengarang aslinya. Namun, deteksi ritme manual pada musik membutuhkan waktu dan tenaga yang besar, terutama ketika harus menganalisis data dalam jumlah besar. Oleh karena itu, pengembangan metode otomatis untuk mendeteksi ritme dalam musik menjadi semakin penting.

Penelitian menunjukkan bahwa CNN sering kali memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan metode tradisional atau metode machine learning lainnya dalam tugas-tugas yang melibatkan analisis data kompleks dan berukuran besar. Dengan CNN, deteksi ritme dapat dilakukan dengan lebih akurat dan efisien, menghasilkan model yang lebih andal untuk aplikasi nyata [3]. CNN dapat secara otomatis mengekstraksi fitur-fitur penting dari data mentah tanpa memerlukan intervensi manual. Lapisan konvolusi dalam CNN belajar mendeteksi fitur-fitur seperti tepi, tekstur, dan pola dari data input. Hal ini akan mengurangi kebutuhan untuk rekayasa fitur manual yang rumit dan memungkinkan model untuk menangkap fitur yang mungkin tidak terpikirkan oleh manusia [4], [5]. CNN memang dirancang khusus untuk menangani data yang memiliki struktur spasial, seperti gambar dan spektrogram audio, yang

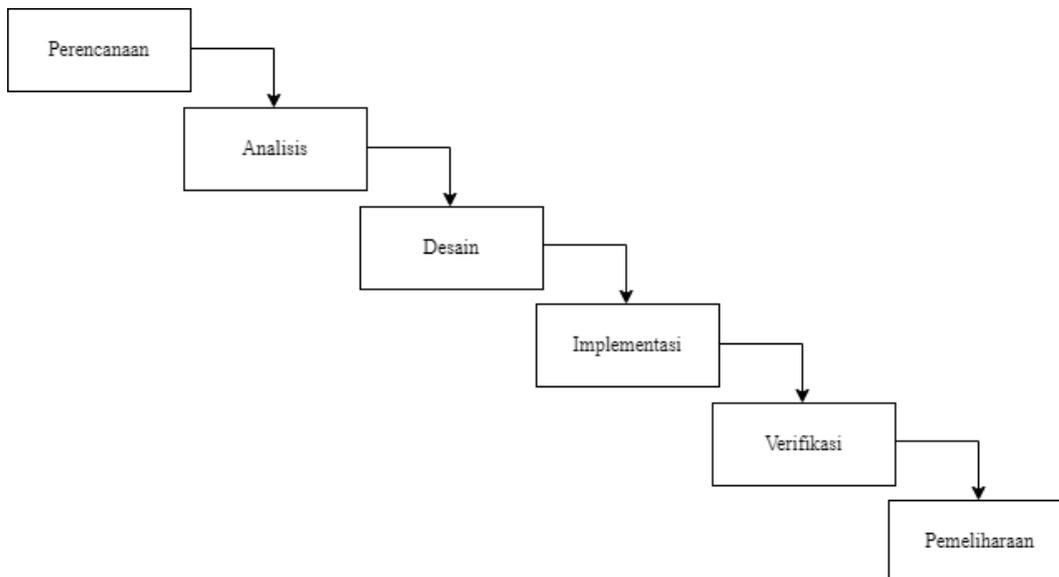
mencakup dimensi ruang dan waktu. Hal ini sangat berguna dalam analisis musik, di mana pola ritme dapat diwakili dalam bentuk spektrogram yang memiliki dimensi temporal dan spektral.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi CNN dalam berbagai aplikasi *music information retrieval*, namun penerapannya dalam deteksi ritme musik masih tergolong terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut dengan mengusulkan pendekatan deteksi ritme pada musik menggunakan metode Convolutional Neural Network. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan teknik analisis musik secara otomatis dan meningkatkan pemahaman terhadap ritme dalam karya musik.

## 2. Research Methods

### 2.1 Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode waterfall sebagai metode pengembangan sistem yang akan dibuat. Waterfall adalah salah satu jenis model pengembangan aplikasi dan termasuk ke dalam classic life cycle (siklus hidup klasik), yang mana menekankan pada fase yang berurutan dan sistematis [6]. Untuk model pengembangannya, dapat dianalogikan seperti air terjun, dimana setiap tahap dikerjakan secara berurutan mulai dari atas hingga ke bawah [7].



Gambar 1. Tahapan Metode Waterfall

### 2.2 Data dan Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai lagu dengan genre musik yang beragam, seperti pop, rock, jazz, dan lain sebagainya. Dataset lagu-lagu ini akan menjadi basis utama dalam pengembangan sistem. Sumber data lagu-lagu ini berasal dari repositori musik online yang menyediakan akses terhadap berbagai genre musik.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh lagu-lagu dari repositori musik online yang telah dipilih. Setiap lagu akan disimpan dalam format WAV untuk kemudian diolah dan diproses dalam tahap selanjutnya [8]. Selain itu, metadata tambahan dari setiap lagu seperti genre, tempo, dan informasi ritme (jika tersedia) juga akan dikumpulkan untuk analisis lebih lanjut.

### 2.3 Gambaran Perancangan Sistem

Sistem akan dirancang dengan arsitektur yang terstruktur dan efisien. Arsitektur sistem akan terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk input layer untuk data audio lagu, hidden layers, dan output layer untuk deteksi ritme. Setiap layer akan dirancang dengan jumlah node dan fungsi aktivasi yang sesuai untuk tugas deteksi ritme.

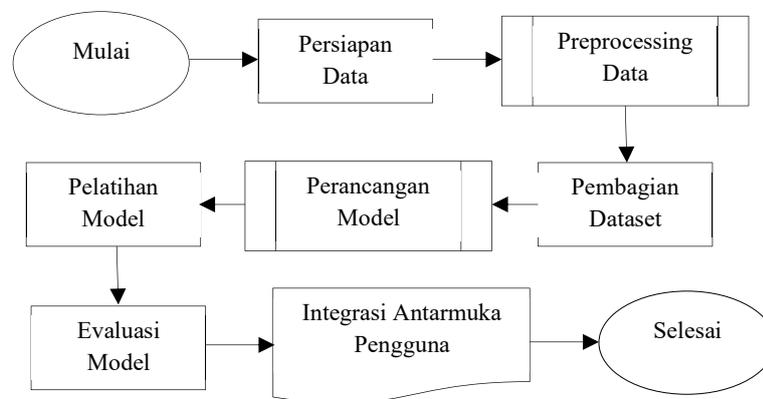
Tahap preprocessing data akan dilakukan terlebih dahulu. Proses ini meliputi normalisasi data audio, ekstraksi fitur audio, dan konversi data audio ke representasi yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam model Convolutional Neural Network. Preprocessing data ini bertujuan untuk mempersiapkan data yang optimal untuk pelatihan model deteksi ritme.

Dataset lagu-lagu yang telah dikumpulkan akan dibagi menjadi dua bagian yaitu dataset pelatihan (training set) dan dataset validasi (validation set). Pembagian dataset ini dilakukan untuk melatih model CNN dengan dataset pelatihan dan menguji kinerja model dengan dataset validasi untuk evaluasi akurasi deteksi ritme.

Setelah itu, proses pelatihan model CNN akan dilakukan menggunakan dataset lagu-lagu yang telah dipersiapkan. Model CNN akan diperbarui berdasarkan feedback dari dataset pelatihan untuk meningkatkan akurasi deteksi ritme. Proses backpropagation akan digunakan untuk mengoptimalkan parameter model dan meminimalkan loss function selama pelatihan.

Setelah model CNN dilatih, evaluasi model akan dilakukan dengan menggunakan dataset validasi. Model CNN akan diuji dengan dataset validasi untuk mengukur akurasi, presisi, recall, dan F1-score dalam deteksi ritme. Hasil evaluasi ini akan menjadi indikator kinerja sistem yang dikembangkan.

Sistem akan diintegrasikan dengan antarmuka pengguna yang sederhana dan intuitif. Antarmuka pengguna akan memungkinkan pengguna untuk mengunggah file audio lagu dan melakukan deteksi ritme secara real-time. Hasil deteksi ritme akan ditampilkan dengan jelas dan dapat diunduh oleh pengguna.



Gambar 2. Perancangan Sistem

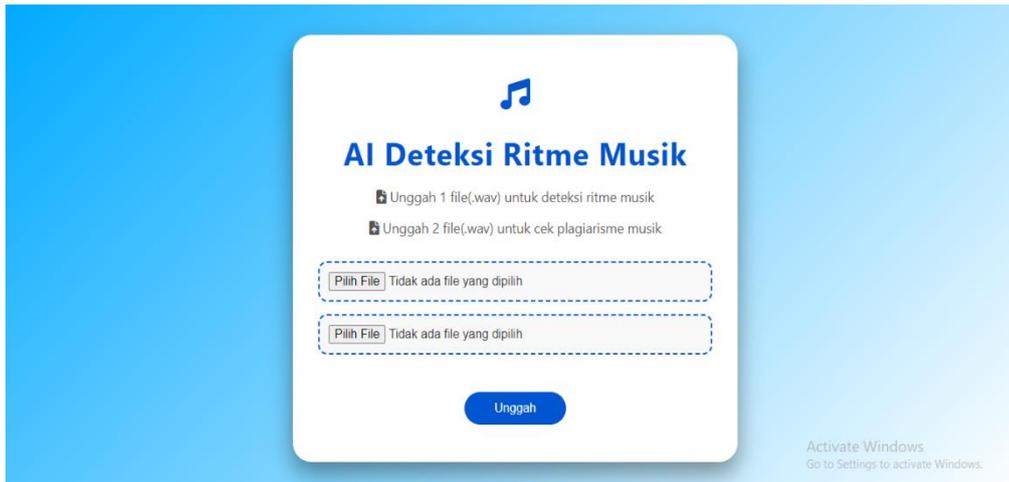
## 2.4 Pengembangan Sistem

Sistem akan dibuat dengan menggunakan bahasa python. Sementara untuk pembuatan webnya akan dibuat menggunakan html, css, serta bahasa pemrograman javascript. Ketika masuk di web, sistem akan menampilkan informasi halaman utama. Kemudian terdapat fitur untuk mengunggah sebuah lagu untuk dideteksi ritmenya. Setelah hasil deteksi ritme keluar, terdapat juga fitur untuk mengunduh hasil deteksi ritme tersebut.

## 3. Result and Discussion

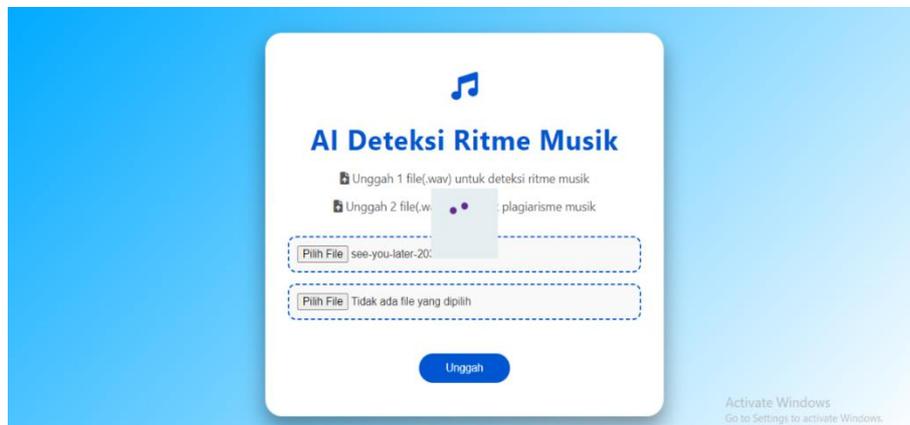
### 3.1. Implementasi

Berikut merupakan tampilan website dari sistem pendeteksi ritme pada music.



Gambar 3. Tampilan Awal Web

Ini merupakan tampilan awal dari sistem. Pada sistem ini, terdapat dua pilihan bagi pengguna yaitu untuk mencari ritme atau irama pada sebuah musik atau mendeteksi tingkat plagiarisme antara sebuah lagu dengan lagu lainnya.

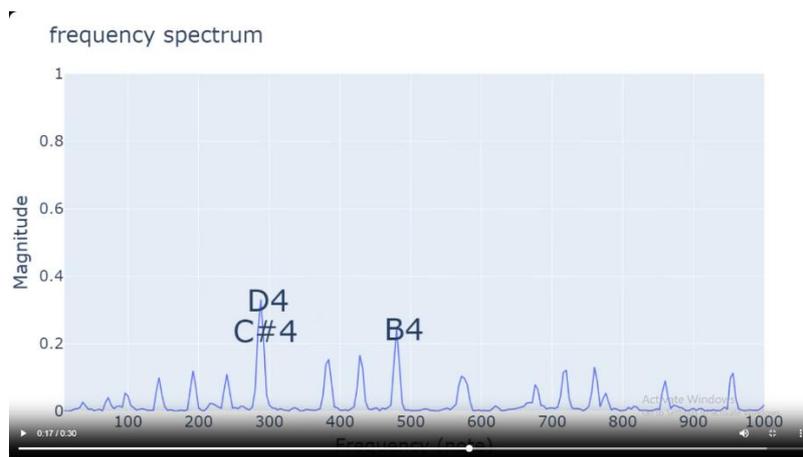


Gambar 4. Pengguna Memasukkan Pilihan Pertama

Jika pengguna ingin mendeteksi ritme pada musik, pengguna cukup memasukkan 1 lagu pada bagian pertama dan klik unggah. Setelah itu, sistem akan menampilkan hasil deteksi ritmenya. Namun, jika pengguna ingin mendeteksi tingkat plagiarisme sebuah lagu, pengguna perlu memasukkan 1 lagu lagi di bagian kedua. Maka setelah itu, sistem akan menampilkan tingkat kemiripan antara kedua lagu tersebut.



Gambar 5. Hasil Deteksi Ritme pada Sebuah Musik



Gambar 6. Hasil Deteksi Ritme pada Sebuah Musik(2)

Ini merupakan tampilan ketika pengguna memilih pilihan pertama. Dapat dilihat sistem menampilkan ritme pada musik dalam bentuk video. Pengguna dapat mengamati pola ritme pada lagu.



Gambar 7. Hasil Deteksi Ritme pada Musik beserta Tingkat Plagiarismenya terhadap Musik Lain

Berikut merupakan tampilan ketika pengguna ingin mendeteksi tingkat plagiarisme suatu lagu. Ketika pengguna memasukkan dua lagu dan klik unggah pada tampilan awal, sistem akan menampilkan pola ritme pada lagu pertama dan di bawahnya akan ditampilkan tingkat plagiarisme lagu tersebut dengan lagu kedua.

### 3.2. Hasil

Dari hasil pengujian, sistem deteksi ritme menunjukkan kinerja yang cukup baik dengan tingkat akurasi mencapai 92,29% dan loss sebesar 0,468. Fungsi loss yang digunakan adalah sparse categorial cross entropy. Angka ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi ritme dengan benar dalam hampir semua kasus yang diuji.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan dataset validasi sebanyak 33% dari keseluruhan dataset. Selain itu, terdapat juga nilai precision, recall, dan F1-score. Masing-masing nilai tersebut adalah sebesar 92,28%, 92,29%, dan 92,23%. Nilai atau parameter tersebut berguna untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kinerja sistem.

## 4. Conclusion

Pada penelitian ini, dikembangkan sistem deteksi ritme pada musik serta pengukuran plagiarisme antara sebuah musik dengan musik lain yang berfungsi untuk mengidentifikasi ritme dari file audio serta menganalisis kemiripan antara dua lagu. Melalui algoritma machine learning yakni convolutional neural network (CNN), sistem berhasil mencapai akurasi yang tinggi dan memberikan hasil yang memuaskan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi ritme dari musik dengan akurasi 92,29% serta mampu mengukur tingkat plagiarisme antara lagu dengan performa yang konsisten. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berguna bagi individu yang ingin mendeteksi ritme musik, tetapi juga menjadi alat yang bermanfaat dalam mencegah plagiarisme di industri musik.

## References

- [1] Andaryani, E. T. (2019). Pengaruh Musik dalam Meningkatkan Mood Booster Mahasiswa. *Musikolastika*, Vol. 1, 109-115.
- [2] Andika Gutama. (2020). Analisis Pola Ritme dan Bentuk Lagu Anak. *Virtuoso : Jurnal Pengkajian Dan Penciptaan Musik*, 1(3), 23-32.
- [3] Handono, S. F., Anggraeny, F. T., & Rahmat Basuki. (2020). Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Deteksi Retinopati Diabetik. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi (JIFoSI)*, 1(1), 669-678.
- [4] Hermawan, E. (2021) "Klasifikasi Pengenalan Wajah Menggunakan Masker atau Tidak Dengan Mengimplementasikan Metode CNN (Convolutional Neural Network)", *JURNAL INDUSTRI KREATIF DAN INFORMATIKA SERIES (JIKIS)*, 1(1), pp. 33–43.
- [5] Indana Nihayatul Husna, Miftachul Ulum, Adi Kurniawan Saputro, Haryanto, Deni Tri Laksono and 6Dian Neipa Purnamasari (2022) "Rancang Bangun Sistem Deteksi Dan Perhitungan Jumlah Orang Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)", *SinarFe7*, 5(1), pp. 1–6.
- [6] Siti Atmini, Alexius Endy Budianto, dan Moh. Ahsan (2019) "ANALISIS DAN PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI TRACER STUDY MENGGUNAKAN METODE WATERFALL BERBASIS WEB", *Seminar Nasional FST 2019*, Vol. 2, 374-383.
- [7] Wahid, A. A. (2020). Analisis metode waterfall untuk pengembangan sistem informasi. *J. Ilmu-ilmu Inform. dan Manaj. STMIK*, no. November, 1(1), 1-5.
- [8] Mauludi, P. I. (2021) "Fitur Pengambilan Konten Video Musik Berbasis Lagu Afektif". *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), pp. 36-40. doi: 10.52005/fidelity.v3i2.94.

# Klasifikasi Penyakit Jantung Dengan Neural Network dan Seleksi Fitur Chi-Square

Ida Putu Ari Jayadinanta<sup>a1</sup>, I Ketut Gede Suhartana<sup>a2</sup>, Anak Agung Istri Ngurah Eka Karyawati<sup>a3</sup>,  
I Gusti Ngurah Anom Cahyadi Putra<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana  
Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia

<sup>1</sup>arijayadinanta24@gmail.com

<sup>2</sup>ikg.suhartana@unud.ac.id

<sup>3</sup>eka.karyawati@unud.ac.id

<sup>4</sup>anom.cp@unud.ac.id

## Abstract

*Heart disease is one of the leading causes of death globally, making early identification crucial. Artificial intelligence technology, particularly the Artificial Neural Networks (ANN), offers an efficient solution to the limitations of traditional diagnostic methods. This thesis aims to implement a classification model using ANN combined with the Chi-Square feature selection method to enhance accuracy in heart disease identification. The data used in this research is derived from relevant public datasets. The research process includes data collection, preprocessing, feature selection, model training, and result evaluation. The ANN model was trained using various hyperparameter scenarios, such as epoch, learning rate, and the batch size, to find the best configuration. The results indicate that the combination of ANN and Chi-Square feature selection improves heart disease classification accuracy, with the highest accuracy reaching 86%. This research contributes to the development of more efficient and accurate artificial intelligence-based diagnostic methods for heart disease identification.*

**Keywords:** Neural Network, Feature Selection, Chi-Squared, Heart Disease, Classification.

## 1. Pendahuluan

Penyakit jantung merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia. Berdasarkan data dari Organisasi Kesehatan Dunia WHO [1], lebih dari 17 juta kematian setiap tahunnya disebabkan oleh penyakit ini. Oleh karena itu, identifikasi dini penyakit jantung menjadi sangat penting untuk menekan angka kematian dan meningkatkan kualitas hidup pasien. Namun, metode diagnostik yang ada saat ini seringkali memerlukan peralatan yang mahal serta tenaga medis yang sangat terlatih. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan metode yang lebih efisien dan akurat dalam mendeteksi penyakit jantung.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam jaringan syaraf tiruan (JST), menawarkan solusi yang menjanjikan dalam menghadapi tantangan ini. JST memiliki kemampuan untuk mempelajari pola yang kompleks dari data medis dan melakukan prediksi yang akurat. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa JST dapat digunakan dengan baik dalam prediksi penyakit jantung. Penelitian yang dilakukan oleh Galih Pradana et al. [2] menemukan bahwa model JST mampu mencapai akurasi sebesar 73,77% dalam klasifikasi penyakit jantung. Selain itu, penelitian Lutfia et al. [3] menunjukkan bahwa penggunaan algoritma Naïve Bayes yang dikombinasikan dengan seleksi fitur Gain Ratio mampu menghasilkan akurasi sebesar 91,2%, melampaui kinerja Naïve Bayes tanpa seleksi fitur. Penelitian lain yang dilakukan oleh Kamal & Ramdhani [4] menunjukkan bahwa seleksi fitur berbasis algoritma genetika mampu meningkatkan akurasi JST untuk prediksi curah hujan dari 77,99% menjadi 89,74%. Selain itu, penelitian oleh Santo et al. [5] yang menggunakan Deep Neural Network (DNN) yang dioptimalkan dengan metode seleksi fitur Chi-Square dan Particle Swarm Optimization (PSO) menunjukkan peningkatan akurasi dalam deteksi diabetes, dari 76,62% menjadi 85,71%.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, metode seleksi fitur Chi-Square terbukti mampu meningkatkan performa JST dalam berbagai aplikasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi JST yang dikombinasikan dengan metode seleksi fitur Chi-Square

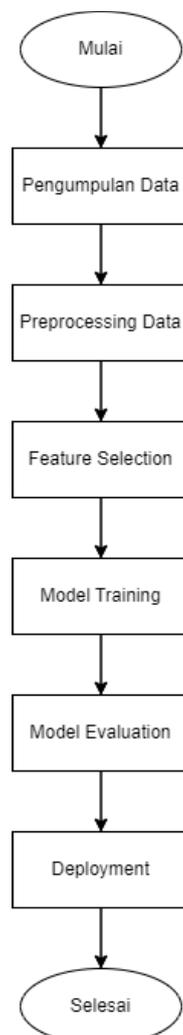
dalam mengidentifikasi penyakit jantung. Dalam penelitian ini, beberapa langkah yang akan dilakukan antara lain adalah mengimplementasikan model JST untuk klasifikasi penyakit jantung, menerapkan metode seleksi fitur Chi-Square untuk memilih fitur yang paling relevan dari data medis, dan melakukan eksperimen dengan berbagai konfigurasi hyperparameter JST, seperti learning rate dan epoch, serta variasi jumlah fitur yang dipilih oleh metode Chi-Square. Selain itu, model akan dievaluasi dengan menggunakan metrik seperti akurasi, precision, recall, dan F1-score untuk menilai seberapa baik kombinasi JST dan seleksi fitur Chi-Square dalam mendeteksi penyakit jantung.

Dengan langkah-langkah tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode identifikasi dini penyakit jantung yang lebih efisien dan akurat berbasis kecerdasan buatan.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk mengembangkan dan menguji model jaringan syaraf tiruan (JST) dalam mendeteksi penyakit jantung. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan dataset, preprocessing data, seleksi fitur, pelatihan model, serta evaluasi dan deployment. Setiap tahap dirancang secara sistematis guna memastikan hasil yang optimal dalam penerapan JST yang dikombinasikan dengan metode seleksi fitur Chi-Square.

### 2.1 Alur dan Desain Penelitian



**Gambar 1. Alur Penelitian**

Pada Gambar 1, Alur penelitian dimulai dari pengumpulan dataset, preprocessing data, seleksi fitur menggunakan metode Chi-Square, pelatihan model JST, tuning hyperparameter, dan evaluasi kinerja model. Pendekatan eksperimental ini memungkinkan peneliti untuk memanipulasi variabel yang

relevan guna mengamati pengaruhnya terhadap akurasi prediksi penyakit jantung. Evaluasi terhadap kombinasi JST dan metode seleksi fitur Chi-Square akan dilakukan dengan membandingkannya dengan model JST tanpa seleksi fitur. Melalui pendekatan ini, penelitian dapat menentukan efektivitas seleksi fitur dalam meningkatkan akurasi deteksi.

## 2.2 Pengumpulan Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari platform Kaggle, yaitu "Heart Statlog Cleveland Hungary Final" (<https://www.kaggle.com/datasets/sid321axn/heart-statlog-cleveland-hungary-final>). Dataset ini mencakup 12 atribut yang relevan dengan prediksi penyakit jantung, seperti usia, jenis kelamin, tekanan darah, kadar kolesterol, dan lain-lain. Variabel target yang digunakan adalah status kesehatan pasien, yaitu apakah pasien memiliki penyakit jantung (1) atau tidak (0). Dataset ini telah dilabeli oleh ahli medis, yang menjamin validitas dan reliabilitas data.

Atribut-atribut yang digunakan dalam penelitian ini mencakup usia, jenis kelamin, tipe nyeri dada, tekanan darah istirahat, kadar kolesterol serum, gula darah puasa, hasil elektrokardiogram, denyut jantung maksimal, angina yang diinduksi olahraga, depresi ST akibat olahraga, kemiringan segmen ST, serta status penyakit jantung (sebagai variabel target). Pemilihan atribut didasarkan pada relevansi terhadap diagnosis penyakit jantung, sebagaimana telah divalidasi dalam penelitian terdahulu.

## 2.3 Data Preprocessing

Tahap preprocessing data terdiri dari beberapa langkah penting. Pertama, dilakukan deteksi dan penanganan outlier menggunakan metode Z-score untuk mengidentifikasi nilai-nilai yang menyimpang dari distribusi data normal. Nilai Z-score di atas 3 atau di bawah -3 dianggap sebagai outlier dan akan dianalisis lebih lanjut.

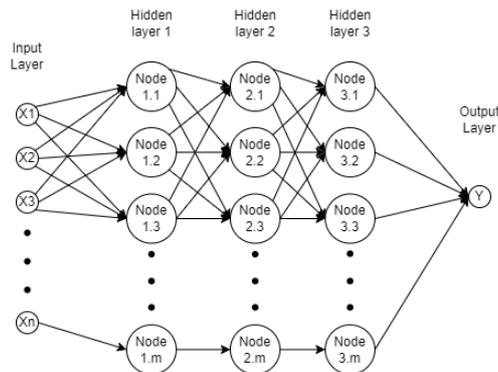
Selanjutnya, dilakukan normalisasi data untuk menyamakan skala antar fitur. Normalisasi dilakukan dengan mengubah nilai-nilai atribut ke dalam rentang antara 0 hingga 1 menggunakan rumus normalisasi. Ini penting untuk memastikan bahwa fitur-fitur dengan skala yang berbeda tidak memberikan bobot yang berlebihan dalam proses pelatihan model.

## 2.4 Seleksi Fitur

Seleksi fitur merupakan langkah penting untuk memilih atribut yang paling relevan terhadap prediksi penyakit jantung. Dalam penelitian ini, metode Chi-Square digunakan untuk menyeleksi fitur berdasarkan relevansinya dengan variabel target. Tiga skenario seleksi fitur akan diuji, yaitu dengan menggunakan 5 fitur teratas, 9 fitur teratas, dan semua fitur. Proses seleksi ini bertujuan untuk mengurangi kompleksitas data dan meningkatkan performa model. Menurut Ernayanti et al [6], banyaknya jumlah fitur menyebabkan data overload, menyimpang dan dapat mempengaruhi proses klasifikasi, sehingga perlu dilakukan seleksi fitur.

## 2.5 Pelatihan Model

Data yang telah diproses akan dibagi menjadi 80% untuk data pelatihan dan 20% untuk data pengujian. Model JST akan dibangun dengan tiga lapisan tersembunyi (hidden layers) sesuai dengan referensi dari penelitian terdahulu. Dua skenario arsitektur JST akan diuji, yaitu dengan jumlah node sebanyak 32 dan 16 pada setiap lapisan tersembunyi. Untuk arsitekturnya dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Arsitektur Jaringan**

Berdasarkan gambar 2, rancangan arsitektur akan memiliki 3 hidden layer.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Preprocessing Data

Berdasarkan Gambar 3.1, proses penelitian ini dimulai dari tahap Pengumpulan Data. Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah Preprocessing Data. Pada tahap ini, dua langkah utama yang dilakukan adalah penanganan data outlier dan normalisasi data.

##### a. Penanganan Data Outlier

Pada tahap pertama dalam preprocessing data, identifikasi data outlier dilakukan menggunakan metode Z-Score. Baris data yang memiliki Z-Score lebih dari 3 atau kurang dari -3 dianggap sebagai outlier dan akan dihapus. Fitur yang diuji dalam tahap ini adalah fitur numerik, yaitu usia (age), tekanan darah istirahat (resting bp), kolesterol (cholesterol), dan detak jantung maksimum (max heart rate). Deteksi outlier dilakukan dengan bantuan library SciPy dan Microsoft Excel.

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa terdapat 17 baris data yang terdeteksi sebagai outlier. Data outlier ini diidentifikasi melalui analisis statistik untuk menemukan data yang tidak sesuai dengan pola umum dalam dataset. Setelah identifikasi selesai, baris-baris data yang dianggap outlier dihapus untuk meningkatkan kualitas analisis, sehingga jumlah data awal yang terdiri dari 1190 baris berkurang menjadi 1173 baris. Langkah ini diharapkan dapat menghasilkan model yang lebih baik.

##### b. Normalisasi Data

Tahap kedua dalam preprocessing adalah normalisasi data. Untuk data numerik, distribusi nilai masih belum merata. Hal ini disebabkan oleh rentang nilai yang sangat berbeda antar kolom, yang dapat mempengaruhi hasil analisis dan kinerja model. Kolom yang dinormalisasikan adalah usia (age), tekanan darah istirahat (resting bp), kolesterol (cholesterol), detak jantung maksimum (max heart rate), dan old peak.

Hasil normalisasi ditampilkan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa setelah menggunakan MinMaxScaler, semua kolom memiliki distribusi yang lebih merata dan berada dalam

rentang yang sama. Hal ini memungkinkan model untuk memproses data dengan lebih efektif, serta mengurangi kemungkinan bias dari perbedaan skala antar fitur.

**Tabel 1. Hasil Normalisasi**

Age	Sex	Chest Pain type	Resting Blood Pressure	Cholesterol	Fasting Blood Sugar	Rest Ecg	Max Heart Rate Achieved	Exercise Induced Angina	St Depression	ST Slope
0.244898	1	2	0.571429	0.588595	0	0	0.777778	0	0.295455	1
0.428571	0	3	0.761905	0.366599	0	0	0.659259	0	0.409091	2
0.183673	1	2	0.476190	0.576375	0	1	0.229630	0	0.295455	1
0.408163	0	4	0.552381	0.435845	0	0	0.303704	1	0.465909	2
0.530612	1	3	0.666667	0.397149	0	0	0.407407	0	0.295455	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0.346939	1	1	0.285714	0.537678	0	0	0.481481	0	0.431818	2
0.816327	1	4	0.609524	0.393075	1	0	0.548148	0	0.681818	2
0.591837	1	4	0.476190	0.266802	0	0	0.355556	1	0.431818	2
0.591837	0	2	0.476190	0.480652	0	2	0.792593	0	0.295455	2

### 3.2. Seleksi Fitur

Berdasarkan Gambar 1, tahap selanjutnya adalah seleksi fitur. Pada tahap ini, seleksi fitur dilakukan menggunakan metode Chi-Squared untuk mengidentifikasi fitur-fitur yang paling relevan dan signifikan terhadap target prediksi. Seleksi fitur ini penting untuk mengurangi dimensionalitas data, yang akan mempercepat proses komputasi dan meningkatkan akurasi model dengan menghilangkan fitur yang tidak relevan atau redundan.

Hasil seleksi fitur ditunjukkan pada Tabel 2. Dari hasil tersebut, fitur kolesterol (cholesterol) dan detak jantung maksimum (max heart rate) muncul sebagai dua fitur paling signifikan. Fitur lain seperti old peak, exercise angina, dan usia (age) juga berperan penting, meskipun dengan pengaruh yang lebih rendah. Fitur dengan skor rendah seperti jenis kelamin (sex), gula darah puasa (fasting blood sugar), dan tekanan darah istirahat (resting bp) masih dapat digunakan, tetapi kontribusinya terhadap prediksi mungkin tidak signifikan. Seleksi fitur ini menyederhanakan model dengan menggunakan fitur yang paling relevan, sehingga meningkatkan akurasi dan efisiensi model prediktif.

**Tabel 2. Score dari Hasil Seleksi Fitur**

Specs	Score
cholesterol	2287.694270
max heart rate	946.344830
oldpeak	251.638331
exercise angina	168.989554
age	133.084465
ST slope	69.732959
chest pain type	68.144590
resting bp s	44.751529
fasting blood sugar	43.951531
sex	27.225253

### 3.3. Model Training

Berdasarkan Gambar 1, tahap selanjutnya adalah model training. Langkah pertama dalam tahap ini adalah memisahkan data (splitting data) dan langkah kedua adalah melatih model (train model).

#### a. Split Data

Proses pertama dalam model training adalah memisahkan 80% dari keseluruhan dataset untuk keperluan pelatihan (training), sedangkan 20% sisanya digunakan sebagai data uji (testing). Data latih digunakan untuk membangun model dengan mempelajari hubungan antara fitur input dan target. Data uji digunakan untuk mengukur kemampuan generalisasi model terhadap data baru. Pembagian ini bertujuan untuk menghindari overfitting. Setelah pemisahan, 80% dari data latih dibagi kembali menjadi dua subset: 80% untuk pelatihan

akhir dan 20% untuk validasi. Data validasi digunakan untuk memantau kinerja model dan melakukan penyesuaian hyperparameter.

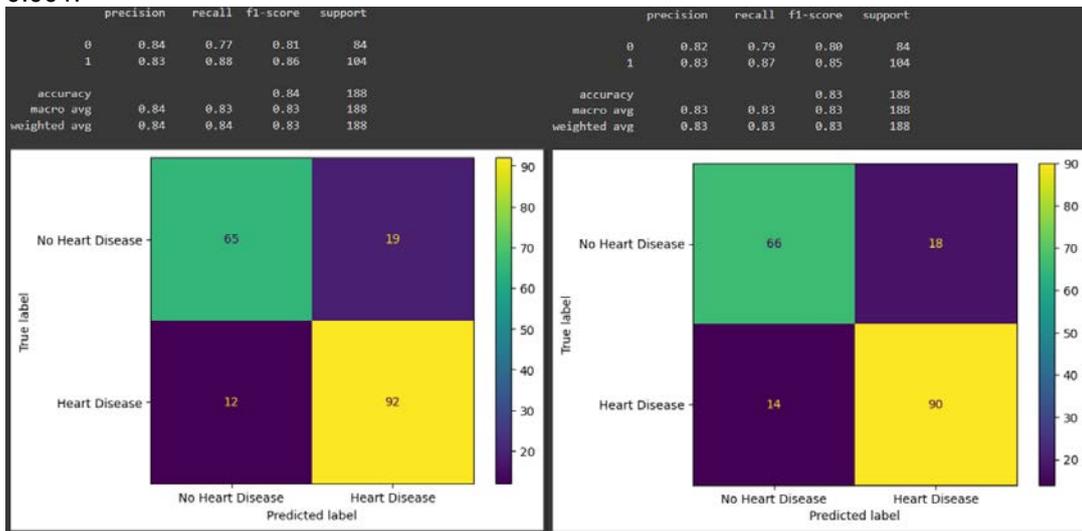
Dataset asli memiliki bentuk (1173, 12) dan setelah pemisahan, data latih terdiri dari 750 baris untuk melatih model, sedangkan data validasi berukuran (188, 11) dan data uji berukuran (235, 11).

b. Train Model

Tahap selanjutnya adalah model training. Langkah pertama dalam pelatihan model adalah membuat arsitektur model yang akan digunakan untuk proses pembelajaran.

**3.4. Evaluasi Model**

Berdasarkan Gambar 1, tahap berikutnya adalah evaluasi model. Beberapa skenario pengujian dilakukan untuk mengukur pengaruh jumlah node pada hidden layer terhadap performa model. Pada pengujian pertama, akurasi model dengan jumlah node yang berbeda (32 node dan 16 node) diuji dengan parameter yang sama: epoch = 100, batch size = 32, dan learning rate = 0.001.

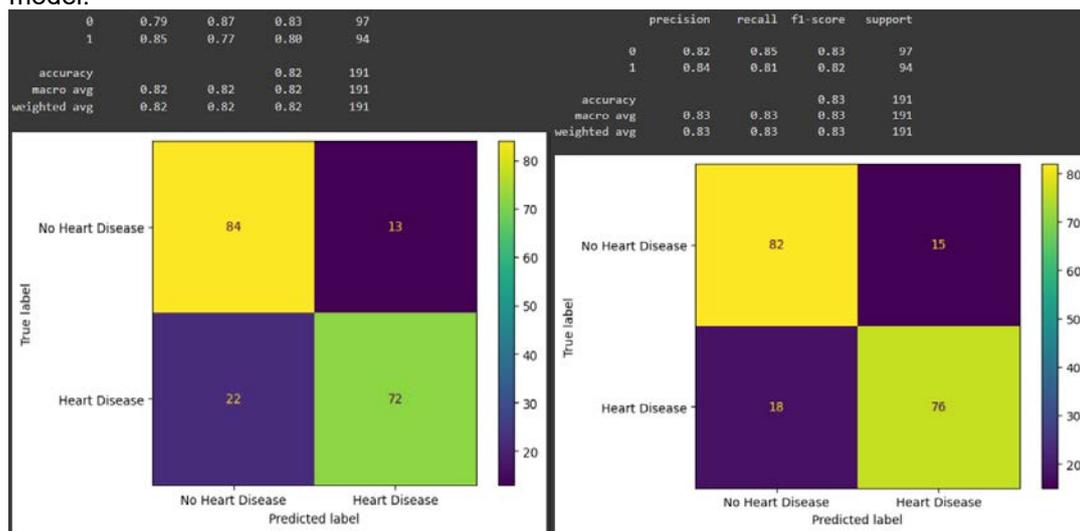


**Gambar 3. Hasil Pengujian Skenario Pertama**

Berdasarkan gambar 3, hasil pengujian pertama menunjukkan bahwa model dengan 32 node mencapai akurasi 84%, sementara model dengan 16 node memperoleh akurasi 83%. Meskipun perbedaannya kecil, hal ini menunjukkan bahwa model dengan lebih banyak node dapat menangkap lebih banyak pola dan fitur dalam data, sehingga meningkatkan kemampuan prediksi.

Pengujian kedua dilakukan dengan membandingkan akurasi berdasarkan jumlah fitur. Model diuji dengan menggunakan 5, 9, dan 11 fitur. Berdasarkan gambar 4, hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan 5 fitur menghasilkan akurasi 82%, sedangkan 9 fitur mencapai akurasi 83%, dan 11 fitur mencapai akurasi 84%. Ini menunjukkan bahwa jumlah fitur yang digunakan

mempengaruhi hasil prediksi, dan penggunaan fitur tambahan dapat meningkatkan akurasi model.



Gambar 4. Hasil Pengujian Skenario Kedua

Pengujian ketiga dilakukan dengan men-tuning hyperparameter (epoch, batch size, dan learning rate) dengan kombinasi yang berbeda. Hasil dari kombinasi hyperparameter ditampilkan pada Tabel 3. Terdapat 4 kombinasi yang mencapai akurasi tertinggi sebesar 86%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Skenario Ketiga

NO	Epoch	Batch Size	Learning Rate	Akurasi
1	50	16	0.001	86%
2	50	32	0.001	83%
3	50	64	0.001	80%
4	100	16	0.001	83%
5	100	32	0.001	84%
6	100	64	0.001	84%
7	200	16	0.001	86%
8	200	32	0.001	83%
9	200	64	0.001	84%
10	50	16	0.01	82%
11	50	32	0.01	83%
12	50	64	0.01	84%
13	100	16	0.01	86%
14	100	32	0.01	84%
15	100	64	0.01	85%
16	200	16	0.01	85%
17	200	32	0.01	86%
18	200	64	0.01	83%
19	50	16	0.1	82%
20	50	32	0.1	80%
21	50	64	0.1	83%
22	100	16	0.1	80%
23	100	32	0.1	80%
24	100	64	0.1	79%
25	200	16	0.1	82%
26	200	32	0.1	83%
27	200	64	0.1	82%

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa hyperparameter memengaruhi performa model. Epoch, batch size, dan learning rate memainkan peran penting dalam menentukan waktu pelatihan dan

akurasi. Kombinasi dengan epoch 50, batch size 16, dan learning rate 0,001 memberikan keseimbangan terbaik antara waktu pelatihan dan akurasi.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan fitur dan konfigurasi model sangat penting dalam menentukan performa akhir. Meskipun penggunaan lebih banyak fitur dapat meningkatkan akurasi, model dengan konfigurasi node yang lebih kompleks memberikan hasil yang lebih baik. Evaluasi lebih lanjut dan penyesuaian dari kedua aspek—fitur dan arsitektur model—dapat membantu mengoptimalkan akurasi dan performa model secara keseluruhan.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil melakukan klasifikasi penyakit jantung menggunakan Neural Network. Berdasarkan analisis hasil penelitian, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

- a. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan jumlah node pada hidden layer dan pemilihan fitur menggunakan metode Chi-Square secara signifikan mempengaruhi akurasi model dalam mendeteksi penyakit jantung. Model dengan 32 node di hidden layer mencapai akurasi tertinggi sebesar 84%, sementara model dengan 16 node menghasilkan akurasi 83%. Selain itu, dengan menguji model menggunakan 5, 9, dan 11 fitur, ditemukan bahwa akurasi meningkat seiring bertambahnya jumlah fitur, dengan 9 fitur menghasilkan akurasi 83% dan 11 fitur memberikan hasil terbaik dengan akurasi 84%. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi arsitektur model dan seleksi fitur memainkan peranan penting dalam meningkatkan akurasi.
- b. Metode seleksi fitur Chi-Square efektif dalam mengidentifikasi fitur-fitur yang relevan, yang pada akhirnya meningkatkan akurasi prediksi. Pengujian dengan jumlah fitur yang lebih sedikit (5 fitur) menghasilkan akurasi 82%, sedangkan penambahan jumlah fitur hingga 9 dan 11 meningkatkan akurasi hingga 84%. Ini menunjukkan bahwa fitur tambahan memberikan informasi yang lebih mendalam bagi model untuk mengenali pola yang relevan.
- c. Eksperimen dengan berbagai kombinasi hyperparameter mengungkapkan empat kombinasi yang mencapai akurasi tertinggi sebesar 86%. Meskipun parameter-parameter tersebut bervariasi, akurasi tetap konsisten pada angka tersebut. Kombinasi yang paling efisien berdasarkan analisis time complexity adalah konfigurasi dengan epoch 50, batch size 16, dan learning rate 0,001, yang tidak hanya mencapai akurasi tinggi tetapi juga memerlukan waktu pelatihan yang lebih singkat.

#### References

- [1]WHO, "Penyakit kardiovaskular (PKV)."
- [2]D. Galih Pradana, M. L. Alghifari, M. Farhan Juna, and S. Dwisiwi Palaguna, "Klasifikasi Penyakit Jantung Menggunakan Metode Artificial Neural Network," *Indonesian Journal of Data and Science (IJODAS)*, vol. 3, no. 2, pp. 55–60, 2022.
- [3]A. Lutfia, R. Saepul Rohman, and A. Gunawan, "PENERAPAN SELEKSI FITUR GAIN RATIO PADA PREDIKSI PENYAKIT JANTUNG BERBASIS NAÏVE BAYES," *JURNAL RESPONSIF*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <https://ejurnal.ars.ac.id/index.php/jti>
- [4]N. Kamal and Y. Ramdhani, "Optimasi Algoritma Neural Network berbasis Fitur Seleksi Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Prediksi Curah Hujan," vol. 4, no. 2, 2023.
- [5]W. B. Santo, W. B. Santosa, and A. Syukur, "JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA Pemilihan Fitur Menggunakan Algoritma Chi-Square Dan Particle Swarm Optimization (PSO) Untuk Meningkatkan Kinerja Deep Neural Network Pada Deteksi Penyakit Diabetes," 2024, doi: 10.30865/mib.v8i1.7277.
- [6]T. Ernayanti, M. Mustafid, A. Rusgiyono, and A. R. Hakim, "PENGUNAAN SELEKSI FITUR CHI-SQUARE DAN ALGORITMA MULTINOMIAL NAÏVE BAYES UNTUK ANALISIS SENTIMEN PELANGGAN TOKOPEDIA," *Jurnal Gaussian*, vol. 11, no. 4, pp. 562–571, Feb. 2023, doi: 10.14710/j.gauss.11.4.562-571.

## Klasifikasi Serangan Distributed Denial of Service (DDoS) Mempergunakan Support Vector Machine dengan Correlation- Based Feature Selection

I Gusti Ngurah Made Dika Varuna<sup>a1</sup>, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan<sup>a2</sup>, Anak Agung Istri Ngurah Eka Karyawati<sup>a3</sup>, Made Agung Raharja<sup>a4</sup>

<sup>a1</sup>Informatics Engineering, Faculty of Math and Science, University of Udayana  
South Kuta, Badung, Bali, Indonesia

<sup>1</sup>ngurahdika22@gmail.com

<sup>2</sup>gungde@unud.ac.id

<sup>3</sup>eka.karyawati@unud.ac.id

<sup>4</sup>made.agung@unud.ac.id

### Abstract

*Distributed Denial of Service (DDoS) attacks provide several drawbacks for a firm and may lead to substantial losses. This project will use "Correlation-Based Feature Selection" (CFS) for the classification of DDoS assaults. The author will use the "CSE-CIC-IDS2018" dataset in this investigation. The feature selection of the dataset using CFS yields a sequential ranking of 68 characteristics, ordered from highest to lowest value. Only 31 characteristics are used here, since their values exceed 0.1. The system achieves high accuracy across different kernels, beginning with the linear kernel with an accuracy of 1.0, followed by the polynomial kernel at 0.99, and the RBF kernel also at 0.99. This investigation reveals that the accuracy achieved without CFS is equivalent to that acquired with CFS; however, the ROC AUC score for the polynomial kernel is 0.98, while the linear and RBF kernels get a score of 1.0. In this instance, CFS does not provide a notable enhancement in the efficacy of the SVM model. Nonetheless, CFS is advantageous for streamlining the model and decreasing the amount of used features without compromising performance..*

**Keyword:** Distributed Denial of Service (DDoS), Correlation-based Feature Selection, Support Vector Machine, Classification, Kernel, CSE-CIC-IDS2018, Feature Selection

### 1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi saat ini terjadi dengan kecepatan yang luar biasa, yang pada akhirnya menciptakan "ketergantungan masyarakat" didalam penggunaan sistem komputer. Komputer ini dipergunakan didalam berbagai sektor, termasuk industri, komunikasi, dan bisnis, serta mempunyai banyak fungsi lainnya. Secara umum, system komputer berfungsi dengan terhubung melalui jaringan yang memungkinkan transfer data dan informasi.

Didalam beberapa tahun terakhir, ancaman keamanan terhadap jaringan komputer semakin sering terjadi, yang mengharuskan diterapkannya langkah-langkah mitigasi. Satu diantara metode yang dipergunakan yaitu "perlakuan guna mendeteksi serangan jaringan", yang bertujuan guna menaikkan keamanan jaringan komputer secara keseluruhan. Serangan Distributed Denial of Service (DDoS), yang sudah menjadi sangat populer dari tahun 1990, yaitu satu diantara jenis serangan jaringan yang paling sering terjadi. Hacker dan pelaku peretasan mempergunakan DDoS sebagai "senjata pilihan" mereka. Teknik ini sangat populer karena sangat efektif didalam menghadapi ancaman besar di internet [1]. Distributed Denial of Service (DDoS) mempunyai dampak yang signifikan terhadap operasional perusahaan, seringkali menyebabkan kerugian yang substansial. Serangan ini bekerja dengan cara membanjiri server dengan "jumlah paket data yang sangat besar" secara bersamaan, sehingga mengakibatkan server menjadi tidak responsif, tidak bisa diakses, dan kehilangan kapabilitas guna menjalankan fungsinya secara normal [2]. Distributed Denial of Service (DDoS) mempunyai berbagai jenis serangan yang sering terjadi, seperti: "UDP Flooding, SYN Flooding, Ping of Death, dan Remote Controlled Attack". Dampak dari serangan ini biasanya berupa gangguan signifikan pada sistem, termasuk error request, penghentian sistem (halt), hingga kegagalan total fungsi sistem.

"Berdasarkan penelitian yang mengkaji Analisis Perbandingan Akurasi Deteksi Serangan Pada Jaringan Komputer dengan Metode Naïve Bayes dan Support Vector Machine (SVM), serangan Denial

of Service (DoS) didefinisikan sebagai tindakan guna melumpuhkan server komputer pada jaringan internet, sehingga komputer tidak bisa berfungsi dengan baik". Didalam upaya mencegah potensi serangan ini, peneliti mengembangkan Intrusion Detection System (IDS) yang mempergunakan dua pendekatan deteksi, yaitu Rule-Based (Signature-Based) dan Behavior-Based.

Penelitian tersebut memanfaatkan metode Behavior-Based, yang bergantung pada dataset dan algoritma guna menganalisis pola serangan. Algoritma yang dibandingkan didalam penelitian ini meliputi Naïve Bayes, SVM Linear, SVM Polynomial, dan SVM Sigmoid. Dataset yang dipergunakan yaitu ISCX2012 testbed pada 14 Juni 2012. Evaluasi algoritma dilaksanakan mempergunakan metrik akurasi, precision, recall, dan F1-score. Hasil memperlihatkan bahwsanya akurasi tertinggi dicapai oleh SVM Polynomial dengan 99,99%, sedangkan Naïve Bayes mencatat akurasi terendah sebesar 85,55%.

Penelitian yang sedang direncanakan oleh penulis akan mempergunakan dataset CSE-CIC-IDS2018, yang mencakup data normal dan data serangan. Dataset ini dipilih karena baru dikembangkan pada tahun 2019 dan dianggap lebih relevan guna mendeteksi serangan terbaru. Penelitian ini juga akan menerapkan metode Correlation-Based Feature Selection guna menaikkan akurasi deteksi serangan DDoS. Proses seleksi fitur dilaksanakan guna mengidentifikasi fitur-fitur relevan berdasarkan bobot tertinggi. Hasil seleksi akan dibandingkan dengan analisis tanpa seleksi fitur guna mengevaluasi dampak penerapan seleksi fitur terhadap kinerja algoritma klasifikasi, khususnya Support Vector Machine (SVM). Penelitian ini bertujuan guna mengukur sejauh mana seleksi fitur bisa menaikkan performa deteksi serangan DDoS mempergunakan dataset CSE-CIC-IDS2018. .

## 2. Metode Penelitian

Data penelitian CSE-CIC-IDS2018 dipergunakan didalam penelitian ini. Dengan mempergunakan algoritma Support Vector Machine, anomali jaringan bisa dideteksi oleh serangan Distributed Denial of Service (DDoS). Pada tahap preprocessing akan dilaksanakan 2 proses yaitu cleaning dataset yang membersihkan dataset dari data yang hilang dan terduplikasi setelah itu akan dilaksanakan splitting dataset dan menghasilkan data training dan data testing . Didalam sistem ini ditemukan dua proses utama. Pertama, sistem melaksanakan seleksi fitur terhadap dataset. Tujuan memilih fitur ini yaitu guna memperoleh fitur yang paling sesuai dengan data. Guna tahap seleksi fitur ini, metode Correlation Based Feature Selection (CFS) dipergunakan. Setelah memperoleh fitur yang dipergunakan didalam sistem, data diklasifikasikan mempergunakan metode Support Vector Machine.

### 2.1 Data Mining

Data mining didefinisikan sebagai "proses ekstraksi ataupun penemuan informasi tersembunyi" dari kumpulan data yang tersedia. Pengetahuan yang dihasilkan melalui proses ini mempunyai potensi aplikasi luas di berbagai sektor, seperti bisnis, pendidikan, kesehatan, dan bidang lainnya. Didalam konteks ini, data mining memanfaatkan kombinasi teknik statistik, matematika, kecerdasan buatan (artificial intelligence), dan machine learning guna mengidentifikasi informasi bernilai dari data berskala besar. Sebagai sebuah disiplin ilmu, data mining berfungsi guna "menemukan, menggali, ataupun menambang pengetahuan" dari data yang sudah tersedia. Proses ini mengintegrasikan berbagai pendekatan multidisipliner, termasuk teknologi basis data dan gudang data, statistik, pembelajaran mesin, komputasi berkinerja tinggi, pengenalan pola, jaringan saraf, dan visualisasi data. Pendekatan tersebut memungkinkan penggalian informasi yang lebih efektif dan efisien dari data yang kompleks. Secara umum, aktivitas didalam data mining bisa dikelompokkan didalam dua kategori utama, yaitu:

- a. Descriptive mining merupakan metode yang dipergunakan guna mengidentifikasi informasi penting yang terkandung didalam basis data. Teknik-teknik yang termasuk didalam kategori ini meliputi clustering, association, dan sequential mining.
- b. Prediksi Penambangan yaitu pendekatan yang bertujuan guna menemukan pola didalam data dengan mempertimbangkan variabel-variabel yang relevan guna prediksi di masa mendatang. Satu diantara teknik utama yang dipergunakan didalam metode ini yaitu klasifikasi. .

Data mining dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan tugas yang bisa dilaksanakan, yaitu:

#### 1. Description

Peneliti dan analis mempergunakan metode sederhana yang dikenal sebagai deskripsi guna menjelaskan pola dan kecenderungan yang ditemukan didalam data. Metode ini sering memberikan penjelasan yang mungkin mendasari pola ataupun kecenderungan yang dilihat..

## 2. Classification

Didalam data mining, klasifikasi yaitu teknik yang sering dipergunakan guna membuat model ataupun fungsi yang memetakan data didalam kategori tertentu. Proses ini melibatkan mengidentifikasi karakteristik setiap objek dan memasukkannya didalam kelas yang sudah ditentukan sebelumnya. Guna validasi, aturan klasifikasi dipergunakan guna menguji data dan menilai akurasi hasilnya. Aturan bisa diterapkan pada data baru jika dianggap cukup akurat. Algoritma pilihan pohon yaitu contoh yang sering dipergunakan.

## 3. Clustering

Proses identifikasi kelompok objek berdasarkan kemiripan di diantara mereka dikenal sebagai clustering. Kumpulan rekaman yang serupa satu sama lain tetapi berbeda satu sama lain disebut kluster. Metode ini membantu memahami hubungan diantara atribut dan pola distribusi data. Clustering juga bisa dipergunakan guna membedakan kelompok ataupun kelas objek lebih lanjut..

## 4. Prediction

Prediksi mempunyai kesamaan dengan klasifikasi dan estimasi, namun perbedaannya terletak pada tujuannya yang berfokus guna memproyeksikan nilai hasil yang akan terjadi di masa depan. Teknik-teknik yang dipergunakan didalam klasifikasi dan estimasi seringkali bisa diterapkan juga didalam konteks prediksi. Sebagai contoh, satu diantara aplikasi prediksi yaitu memperkirakan harga beras didalam tiga bulan mendatang.

## 5. Association rule

Tujuan aturan asosiasi yaitu guna menemukan atribut yang sering muncul sekaligus. Metode ini dikenal didalam dunia bisnis sebagai analisis keranjang belanja. Organisasi berusaha guna mengukur hubungan diantara dua ataupun lebih fitur.

### 2.2 Correlation-based Feature Selection (CFS)

Correlation-Based Feature Selection (CFS) yaitu metode guna memilih fitur yang berguna didalam pengklasifikasian data dengan melihat hubungan antar fitur dan target. Metode ini menganggap bahwsanya fitur yang dipilih harus atribut yang mempunyai korelasi tinggi dengan kelasnya serta mempunyai tingkat korelasi rendah dengan atribut lainnya dan menaikkan akurasi model prediksi. [4].

Tujuan didalam *Correlation-Based Features Selection* (CFS) agar menghindari redundansi pada fitur, berikut yaitu rumus utama pada CFS :

- korelasi antar fitur dengan target ( $r_{cf}$ )
- Korelasi antar fitur ( $r_{ff}$ )

Rumus evaluasi subset fitur didalam CFS yaitu :

$$merit_s = \frac{(k \cdot \bar{r}_{cf})}{\sqrt{k} + (k - 1) \cdot \bar{r}_{ff}} \quad (1)$$

### 2.3 Support Vector Machine

Algoritma pembelajaran mesin Support Vector Machine (SVM) dipergunakan guna menyelesaikan masalah regresi dan klasifikasi. SVM mempergunakan metode "mencari hyperplane optimal", yang memungkinkannya secara efektif memisahkan dua kelas data. SVM dipergunakan guna membuat model yang bisa "memisahkan data normal dari data yang mencurigakan ataupun berpotensi berbahaya" guna mendeteksi ancaman keamanan jaringan. Metode ini membuat SVM sangat penting guna mengidentifikasi serangan dan mengklasifikasikan data dengan akurasi tinggi [4]

*Support Vector Machine* (SVM) mempunyai beberapa rumus utama yang secara umum dipergunakan. Berikut yaitu penjelasan tentang rumus – rumus utama tersebut :

### 1. Hyperplane

Hyperplane yaitu batas keputusan yang memisahkan ruang fitur didalam dua kelas. Secara matematis, hyperplane didalam ruang berdimensi  $n$  bisa dinyatakan sebagai:

$$w \cdot x + b = 0 \quad (2)$$

Di mana:

- $w$  yaitu vektor bobot
- $x$  yaitu vektor fitur
- $b$  yaitu bias ataupun offset

### 2.4 Skenario Pengujian Sistem

Pada Skenario pengujian dipergunakan guna mengukur tingkat keberhasilan pada sistem yang dibuat. Berikut yaitu langkah – langkah dan penjelasan dari skenario pengujian :

- **Preprocessing dataset**

- **Cleaning Data**

Langkah awal didalam proses preprocessing yaitu melaksanakan pembersihan dataset dengan menghilangkan missing values dan duplikasi data. Tahapan ini sangat penting guna memastikan bahwsanya data yang dipergunakan mempunyai validitas tinggi dan bebas dari kesalahan yang berpotensi memengaruhi akurasi dan performa model yang dihasilkan.

- **Spliting Data**

Pembagian dataset menjadi dua bagian, biasanya 80% guna data latih dan 20% guna data uji, dilaksanakan setelah tahap pembersihan data selesai. Data latih dipergunakan guna melatih model, sementara data uji dipergunakan guna menguji seberapa baik model bekerja.

- **Seleksi fitur**

- **Menghitung Nilai Korelasi Guna Setiap Fitur**

Guna setiap fitur didalam dataset, hitung nilai korelasi diantara fitur tersebut dan label target. Korelasi menunjukkan seberapa kuat hubungan diantara fitur dan tabel

- **Mengurutkan Fitur Berdasarkan Nilai Korelasi**

Setelah Menghitung nilai korelasi guna setiap fitur, urutkan fitur – fitur tersebut dari yang mempunyai nilai korelasi tertinggi hingga terendah, Fitur dengan nilai korelasi tertinggi dianggap paling relevan guna model

- **Melatih Model SVM**

Gunakan data latih yang sudah dibagi guna melatih model SVM. Model SVM akan belajar dari data latih guna membedakan diantara serangan DDoS dan lalu lintas normal.

- **Pengujian Hyperparameter**

Pengujian hyperparameter sangat penting guna menemukan kombinasi yang paling optimal yang akan memberikan performa terbaik pada dataset yang dipergunakan. Setiap kernel didalam SVM mempunyai karakteristik yang berbeda dan memerlukan penyetelan yang tepat guna mencapai hasil yang optimal.

- **C ( Regularization Parameter )**

Mengelola trade-off diantara memperoleh decision margin yang lebar dan mengklasifikasikan data pelatihan dengan benar merupakan bagian penting didalam proses pelatihan model. Pengaturan nilai C yang kecil akan menghasilkan margin yang lebih lebar, namun memungkinkan sejumlah data pelatihan diklasifikasikan secara tidak tepat. Sebaliknya, nilai C yang besar akan berfokus pada upaya mengklasifikasikan semua data pelatihan dengan benar, meskipun decision margin menjadi lebih sempit dan model menjadi lebih rentan terhadap overfitting. Hyperparameter ini mempunyai rentang nilai yang bisa diatur, seperti contoh berikut: `C`: [0.1, 1, 10, 100].

- **Evaluasi Model**

Setelah model dilatih, gunakan data uji guna mengevaluasi performa model. Prediksi dilaksanakan pada data uji, dan hasilnya dibandingkan dengan label sebenarnya guna menghitung metrik kinerja.

- **Menghitung Metrik Kinerja**

- Precision

*Precision* yaitu proporsi dari prediksi positif yang benar – benar positif. Mengukur akurasi dari deteksi positif

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

- Recall

*Recall* yaitu proporsi dari total data positif yang berhasil terdeteksi. Mengukur kapabilitas model didalam mendeteksi serangan

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

- F1-Score

*F1-Score* yaitu rata – rata harmonis dari *Precision* dan *Recall*. Memberikan keseimbangan diantara Precision dan Recall

$$F1 - Score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (5)$$

- Accuracy

*Accuracy* yaitu proporsi dari total prediksi yang benar terhadap total data. Mengukur keakuratan keseluruhan model.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (6)$$

- **Proses Pengujian Terakhir**

- Mempergunakan Data Uji guna melaksanakan Prediksi

Setelah model SVM dilatih dan dievaluasi, lakukan prediksi pada data uji yang sudah disiapkan. Ini yaitu pengujian akhir guna melihat seberapa baik model berperformansi

- Menghitung Metrik Kinerja pada Data Uji

Hitung kembali metrik kinerja (*Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *Accuracy*) berdasarkan hasil prediksi pada data uji. Ini akan memberikan gambaran tentang performa akhir model.

### 3. Implementasi sistem

Guna penelitian ini, penulis mempergunakan dataset CSE-CIC-IDS2018, yang bisa ditemukan di [www.unb.ca](http://www.unb.ca) data normal, yang dikategorikan didalam kelas serangan DDoS HOIC dan DDoS LOIC UDP. Namun, penulis hanya berfokus pada dua kelas serangan DDoS, yaitu serangan DDoS HOIC (Denial of Service) normal. Tabel 1 memperlihatkan jumlah paket data yang ada didalam dataset yang dipergunakan.

**Tabel 1. Jumlah Paket Data**

No	Nama	Jumlah
1	Normal	360.833
2	DDoS HOIC	686.012
3	DDoS LOIC UDP	1.730
Total		1.048.575

High Orbit Ion Cannon (HOIC), yang sering disingkat, yaitu aplikasi Denial of Service (DoS) yang dikembangkan didalam bahasa pemrograman BASIC dan dirancang guna menyerang hingga 256 URL secara bersamaan. Didalam skenario yang dipergunakan oleh UNB guna memperoleh dataset CSE-CIC-IDS2018, para peneliti memanfaatkan alat HOIC yang tersedia secara gratis guna melaksanakan serangan DDoS dengan mempergunakan empat komputer yang berbeda. Beberapa contoh dari dataset CSE-CIC-IDS2018 yang dipergunakan didalam penelitian ini tampak pada Tabel 2.

**Tabel 2. Contoh Data CSE-CIC-IDS2018**

	Dst Port	Protocol	Timestamp	...	Idle Max	Idle Min	Label
0	80	6	21/02/2018 08:33:25	...	0	0	Benign
1	500	17	21/02/2018 08:33:06	...	75600000	42000000	Benign
2	500	17	21/02/2018 08:33:06	...	75600000	42000000	Benign
3	500	17	21/02/2018 08:33:11	...	75600000	7200397	Benign
4	500	17	21/02/2018 08:33:11	...	75600000	7200399	Benign

Implementasi seleksi fitur diawali dengan memasukan dataset CSE-CIC-IDS2018. Setelah itu penulis melaksanakan perhitungan nilai relasi dan menentukan fitur yang dipilih yaitu sebanyak 31 fitur karena mempunyai nilai relasi diatas 0.1. Fitur – fitur tersebut diuraikan pada Tabel 3

**Tabel 3. Relasi 31 Fitur Correlation-Based Feature Selection**

No	Nama Fitur	Nilai Relasi	No	Nama Fitur	Nilai Relasi
1	Init Bwd Win Byts	0.99116	17	Flow Byts/s	0.68469
2	Dst Port	0.98643	18	Bwd Seg Size Avg	0.47521
3	Fwd Pkt Len Max	0.96074	19	Bwd Pkt Len Mean	0.47521
4	Fwd Pkt Len Std	0.93834	20	Bwd Pkts/s	0.39738
5	Fwd Seg Size Avg	0.90416	21	Tot Bwd Pkts	0.3311
6	Fwd Pkt Len Mean	0.90416	22	Subflow Bwd Pkts	0.3311
7	ACK Flag Cnt	0.72197	23	Down/Up Ratio	0.31072
8	Pkt Len Mean	0.71553	24	Flow Pkts/s	0.28222
9	Pkt Len Max	0.71511	25	Bwd Pkt Len Std	0.27725
10	Pkt Size Avg	0.71508	26	Bwd Header Len	0.25472
11	PSH Flag Cnt	0.71463	27	Fwd Pkts/s	0.21332
12	Pkt Len Std	0.71419	28	Bwd IAT Min	0.14286
13	Pkt Len Var	0.71413	29	TotLen Bwd Pkts	0.10837
14	RST Flag Cnt	0.71397	30	Subflow Bwd Byts	0.10837
15	ECE Flag Cnt	0.71397	31	Bwd Pkt Len Max	0.10826

16	Init Fwd Win Byts	0.69601			
----	-------------------	---------	--	--	--

Didalam proses klasifikasi, fitur-fitur yang tidak penting dikurangi melalui proses seleksi fitur. Persamaan Correlation-based Feature Selection (CFS) bisa ditemukan [5]. Setelah perhitungan selesai, langkah selanjutnya yaitu memilih fitur dengan kualitas terbaik. Didalam penelitian ini, teknik seleksi fitur berbasis korelasi dipergunakan. Teknik ini menghitung dan membandingkan tingkat korelasi diantara atribut dengan kelas dan diantara satu atribut dengan atribut lainnya. Atribut yang dipilih yaitu atribut yang mempunyai korelasi tinggi dengan kelasnya tetapi mempunyai korelasi rendah dengan atribut lainnya.

Pada titik ini, evaluasi model dilaksanakan mempergunakan berbagai macam kernel; namun, pengujian ini tidak menerapkan seleksi fitur berbasis korelasi. Ini memperlihatkan bahwsanya fitur-fitur yang dipergunakan didalam model tidak mempunyai nilai relasi yang jelas, mulai dari nilai tertinggi hingga terendah. Akibatnya, fitur-fitur tersebut tetap dianggap acak.

Evaluasi model yang dihasilkan dari berbagai *kernel support vector machine* yaitu sebagai berikut :

a. Hasil evaluasi model pada *kernel linear*

**Tabel 4.** Evaluasi Hasil Model Linear

```
Best hyperparameters found for linear kernel: {'C': 0.1}
Accuracy for linear kernel: 0.9998039215686274
Confusion Matrix:
[[3252  1]
 [  0 1847]]

Classification Report:

```

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	3253
1	1.00	1.00	1.00	1847
accuracy			1.00	5100
macro avg	1.00	1.00	1.00	5100
weighted avg	1.00	1.00	1.00	5100

```
ROC AUC Score for linear kernel: 1.0
```

Pada Tabel 4, terlihat bahwsanya parameter terbaik yang ditemukan guna kernel linear yaitu 'C: 0.1'. Parameter C ini berfungsi guna mengatur trade-off diantara upaya memaksimalkan margin dan meminimalkan kesalahan klasifikasi, yang memperlihatkan bahwsanya model lebih fokus pada margin. Dengan tingkat akurasi 99,98%, model tersebut berhasil mengklasifikasikan hampir seluruh sampel dengan benar.. Selanjutnya ada *confusion matrix* yang menunjukkan bahwsanya :

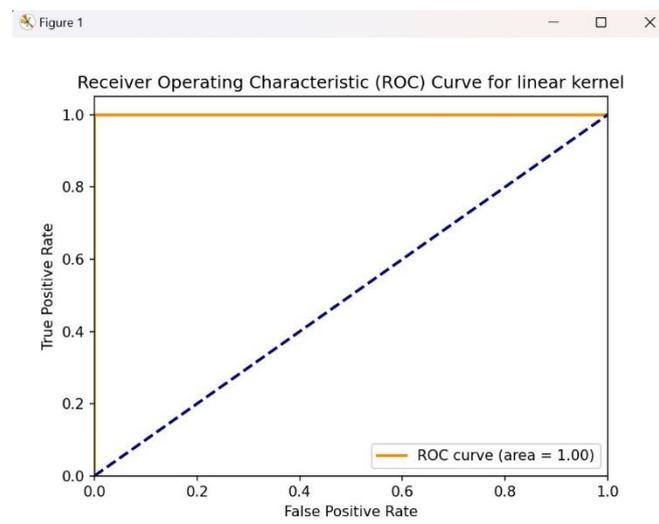
- 3253 sampel dari kelas 0 (Benign) diklasifikasikan dengan benar sebagai kelas 0
- 1847 sampel dari kelas 1 (DDoS) diklasifikasikan dengan benar sebagai kelas 1
- 1 sampel dari kelas 0 diklasifikasikan sebagai kelas 1, menunjukkan bahwsanya satu kesalahan pada klasifikasi

Pada tahap *classification report* memperoleh nilai 1.0 guna semua semua kategori mulai dari *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang berarti semua prediksi positif, sampel aktual terdeteksi dengan benar dan juga keseimbangan diantara *precision* dan *recall* menunjukkan hasil yang sempurna. Nilai *support* menunjukkan jumlah sampel disetiap kelas (3253 guna kelas 0 dan 1847 guna kelas 1).

**Tabel 5.** Hyperparameter Linear

Kernel Linear	C : 0.1	C : 1	C : 10
Accuracy	99,98%	99,98%	99,98%

Pada tabel 5 bisa dilihat bahwsanya hasil dari ketiga *hyperparameter* mempunyai nilai yang sama yaitu 99,98% namun walaupun mempunyai nilai yang sama penggunaan *hyperparameter* C : 0.1 tetap yang terbaik didalam klasifikasi model SVM



**Gambar 1.** ROC Linear

Pada gambar 1 bisa dilihat bahwsanya nilai ROC AUC pada *kernel linear* yaitu 1.0 yang berarti model mempunyai kapabilitas sempurna guna membedakan diantara kelas 0 dan kelas 1.

b. Hasil evaluasi model kernel polynomial

**Tabel 6.** Evaluasi Hasil Model Polynomial

```
Best hyperparameters found for poly kernel: {'C': 0.1, 'degree': 3, 'gamma': 'scale'}
Accuracy for poly kernel: 0.9998039215686274
Confusion Matrix:
[[3252  1]
 [  0 1847]]

Classification Report:

```

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	3253
1	1.00	1.00	1.00	1847
accuracy			1.00	5100
macro avg	1.00	1.00	1.00	5100
weighted avg	1.00	1.00	1.00	5100

```
ROC AUC Score for poly kernel: 1.0
```

Pada tabel 6 diatas menunjukkan bahwsanya hasil pelatihan *kernel polynomial* menunjukan performa yang sangat baik meskipun sedikit kurang apabila dibandingkan dengan *kernel linear*. Parameter terbaik yang dipergunakan yaitu 'C: 0.1', degree : 3', 'gamma' : 'scale', sama seperti *kernel linear* yaitu model lebih memfokuskan pada memaksimalkan margin dan juga *degree* = 3 menunjukan derajat dari kernel polynomial. *Degree* = 3 berarti polynomial pangkat 3 dipergunakan didalam transformasi data guna menaikkan separabilitasnya. Selanjutnya guna *gamma* = 'scale' itu berarti skala *gamma* mengatur berdasarkan jumlah fitur dan varians. Gamma ini mengontrol seberapa jauh satu titik data mempengaruhi sekitar, dimana 'scale' yaitu nilai otomatis yang menghitung gamma secara proporsional terhadap jumlah fitur. Pada tingkat akurasi *kernel polynomial* memperoleh nilai 99,98% yang berarti model telah mengklasifikasikan hampir semua sampel itu benar dengan hanya sedikit kesalahan. Selanjutnya pada nilai *confusion matrix* yang menunjukan bahwsanya :

- 3252 kelas sampel dari kelas 0 (Benign) diklasifikasikan dengan benar sebagai kelas 0

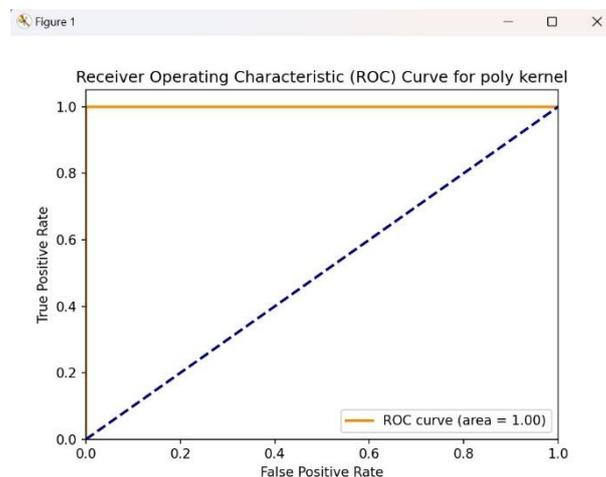
- 1847 sampel dari kelas 1 (DDoS) diklasifikasikan dengan benar sebagai kelas 1
- 1 sampel dari kelas 0 diklasifikasikan sebagai kelas 1, menunjukkan bahwsanya satu kesalahan pada klasifikasi

Pada tahap *classification report*, *kernel polynomial* mempunyai nilai yang sama seperti *kernel linear* yang berarti menunjukkan hasil yang sempurna

**Tabel 7.** Hyperparameter Poly

No	C	Degree	Gamma	Accuracy
1	0.1	2	Scale	99,97%
2	0.1	2	Auto	99,97%
3	0.1	3	Scale	99,98%
4	0.1	3	Auto	99,98%
5	0.1	4	Scale	99,97%
6	0.1	4	Auto	99,97%
7	1	2	Scale	99,97%
8	1	2	Auto	99,97%
9	1	3	Scale	99,97%
10	1	3	Auto	99,97%
11	1	4	Scale	99,97%
12	1	4	Auto	99,97%
13	10	2	Scale	99,97%
14	10	2	Auto	99,97%
15	10	3	Scale	99,98%
16	10	3	Auto	99,98%
17	10	4	Scale	99,97%
18	10	4	Auto	99,97%

Pada tabel 7 bisa dilihat bahwsanya hasil dari *hyperparameter* mempunyai nilai yang berbeda dan nilai terbaik didalam beberapa penggunaan *hyperparameter* diatas yaitu penggunaan C : 0.1, degree = 3, gamma = scale dengan nilai 99.98%



**Gambar 2.** ROC Polynomial

Pada gambar 2 bisa dilihat bahwsanya nilai ROC AUC pada *kernel polynomial* yaitu 99,98% yang berarti model mempunyai kapabilitas yang hampir sempurna guna membedakan diantara kelas 0 dan 1 walaupun tidak sebaik *kernel linear*.

c. Hasil evaluasi model *kernel rbf*

**Tabel 8.** Evaluasi Hasil Model rbf

```
Best hyperparameters found for rbf kernel: {'C': 1, 'gamma': 'scale'}
Accuracy for rbf kernel: 0.9998039215686274
Confusion Matrix:
[[3252  1]
 [  0 1847]]

Classification Report:

```

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	3253
1	1.00	1.00	1.00	1847
accuracy			1.00	5100
macro avg	1.00	1.00	1.00	5100
weighted avg	1.00	1.00	1.00	5100

```
ROC AUC Score for rbf kernel: 1.0
```

Pada tabel 8 diatas menunjukkan bahwsanya hasil pelatihan *kernel* rbf menunjukkan performa yang sangat baik. Parameter terbaik yang dipergunakan yaitu 'C: 1', *gamma* = Scale. Parameter C = 1 berarti regulasi yang mengontrol margin antar kelas dan nilai 1 menunjukkan bahwsanya model berusaha menyeimbangkan diantara margin yang lebih besar dan jumlah kesalahan klasifikasi yang kecil. Sedangkan *gamma* = scale mengontrol seberapa jauh pengaruh sebuah titik data terhadap sekitarnya didalam model dan nilai 'scale' menghitung *gamma* secara proporsional terhadap jumlah fitur, yang merupakan pilihan otomatis. Pada tingkat akurasi *kernel* rbf memperoleh nilai yang sama seperti *kernel polynomial* yaitu 99,98% yang berarti model telah mengklasifikasikan hampir semua sampel itu benar dengan hanya sedikit kesalahan. Selanjutnya pada nilai *confusion matrix kernel* rbf mempunyai nilai yang sama seperti *kernel polynomial* yaitu :

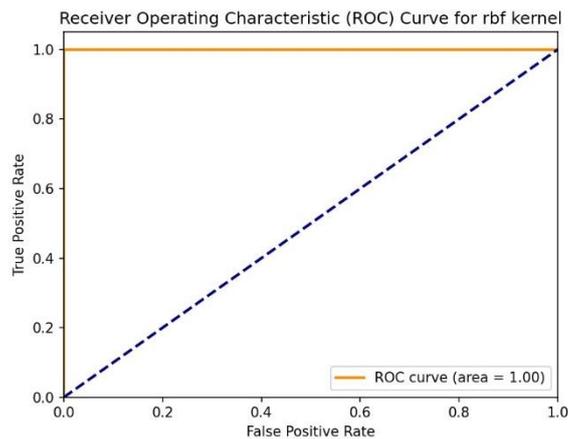
- 3252 kelas sampel dari kelas 0 (Benign) diklasifikasikan dengan benar sebagai kelas 0
- 1847 sampel dari kelas 1 (DDoS) diklasifikasikan dengan benar sebagai kelas 1
- 1 sampel dari kelas 0 diklasifikasikan sebagai kelas 1, menunjukkan bahwsanya satu kesalahan pada klasifikasi

**Tabel 9.** Hyperparameter rbf

No	C	Gamma	Accuracy
1	0.1	Scale	99,97%
2	0.1	Auto	99,97%
3	1	Scale	99,98%
4	1	Auto	99,98%
5	10	Scale	99,98%
6	10	Auto	99,98%

Pada tabel 9 bisa dilihat bahwsanya hasil dari *hyperparameter* mempunyai nilai yang berbeda dan nilai terbaik didalam beberapa penggunaan *hyperparameter* diatas yaitu penggunaan C: 1', *gamma* = Scale dengan nilai 99.98%

Pada tahap *classification report*, *kernel* rbf mempunyai nilai yang sama seperti kedua kernel sebelumnya yang berarti menunjukkan hasil yang sempurna.



**Gambar 3.** ROC rbf

Pada gambar 3 bisa dilihat bahwsanya nilai ROC AUC pada *kernel* rbf yaitu 1.0 yang berarti model mempunyai kapabilitas yang sempurna guna membedakan diantara kelas 0 dan 1 seperti *kernel linear*.

Pengujian selanjutnya yaitu dilaksanakannya proses evaluasi model dengan berbagai macam *kernel* namun pada pengujian ini penulis akan mempergunakan seleksi fitur *Correlation-Based Feature Selection* dan fitur yang dipilih yaitu sebanyak 31 fitur karena mempunyai nilai relasi diatas 0.1. Fitur – fitur.

Evaluasi model yang dihasilkan dari berbagai *kernel support vector machine* dibantu dengan *correlation-based featured selection* yaitu sebagai berikut :

- a. Hasil evaluasi model pada *kernel linear* dengan cfs

**Tabel 10.** Evaluasi Model Linear dengan CFS

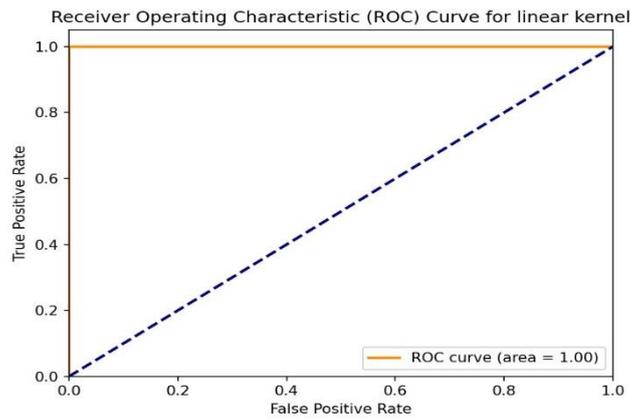
```
Best hyperparameters found for linear kernel: {'C': 0.1}
Accuracy for linear kernel: 0.9998039215686274
Confusion Matrix:
[[3252  1]
 [ 0 1847]]

Classification Report:

```

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	3253
1	1.00	1.00	1.00	1847
accuracy			1.00	5100
macro avg	1.00	1.00	1.00	5100
weighted avg	1.00	1.00	1.00	5100

```
ROC AUC Score for linear kernel: 1.0
```



**Gambar 4.** ROC Linear dengan CFS

b. Hasil evaluasi model pada kernel polynomial dengan cfs

**Tabel 11.** Evaluasi Model Polynomial dengan CFS

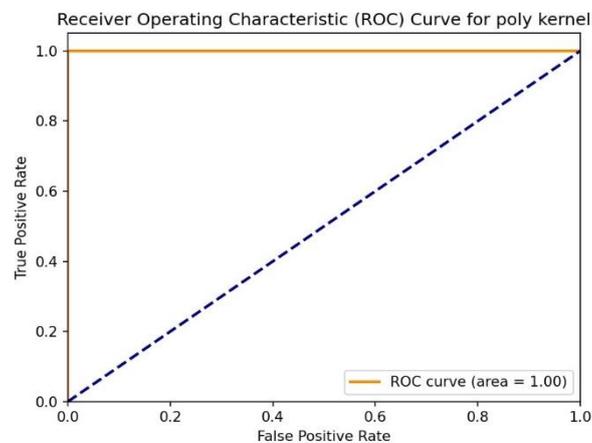
```
Best hyperparameters found for poly kernel: {'C': 0.1, 'degree': 3, 'gamma': 'scale'}
Accuracy for poly kernel: 0.9998039215686274
Confusion Matrix:
[[3252  1]
 [  0 1847]]

Classification Report:

```

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	3253
1	1.00	1.00	1.00	1847
accuracy			1.00	5100
macro avg	1.00	1.00	1.00	5100
weighted avg	1.00	1.00	1.00	5100

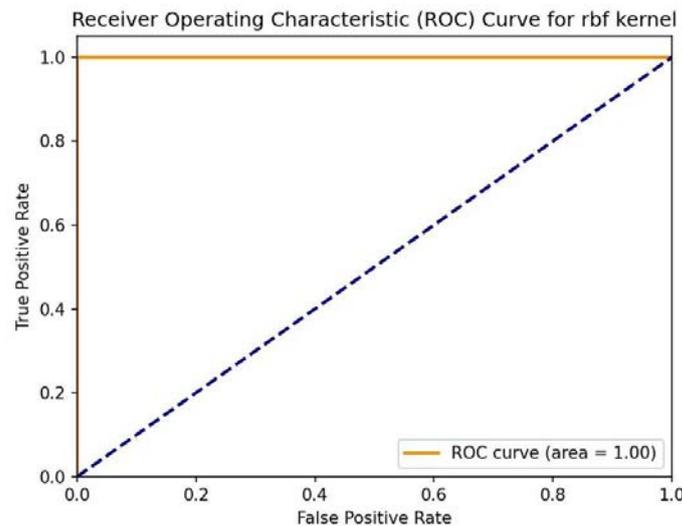
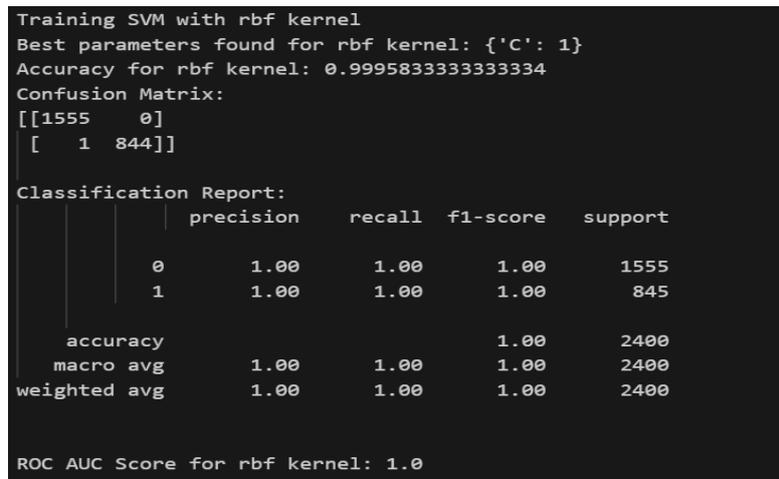
```
ROC AUC Score for poly kernel: 1.0
```



**Gambar 5.** ROC Polynomial dengan CFS

c. Hasil evaluasi model pada kernel rbf dengan cfs

**Tabel 12.** Evaluasi Model RBF dengan CFS

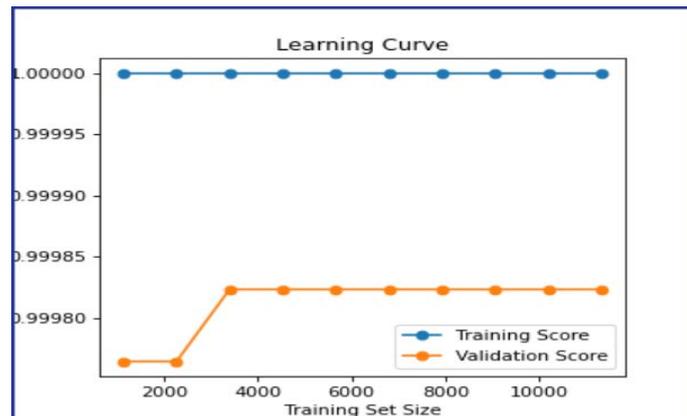


**Gambar 6.** ROC RBF dengan CFS

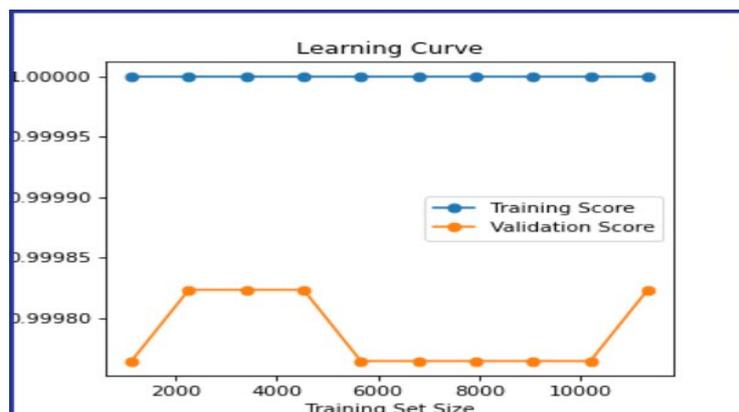
#### 4. Hasil dan Pembahasan

Terlihat grafik yang memperlihatkan nilai *accuracy* dari training score dan validation score. Nilai pada training score menyatakan 1.0 yang berarti pelatihan model menunjukkan bahwasanya model sangat baik didalam mengenali pola dari data yang dilihat dan dipelajari selama proses pelatihan. Selanjutnya nilai pada validation score menunjukkan nilai mulai dari 0.9980 lalu naik ke 0.9985 yang berarti kapabilitas model didalam mengevaluasi data dengan data baru sangat baik. Bisa dilihat pada gambar 7 dibawah ini

**Gambar 7.** Learning Curve Linear



Pada gambar 8 terlihat grafik yang memperlihatkan nilai *accuracy* dari training score dan validation score. Nilai pada training score menyatakan 1.0 yang berarti pelatihan model menunjukkan bahwsanya model sangat baik didalam mengenali pola dari data yang dilihat dan dipelajari selama proses pelatihan. Selanjutnya nilai pada validation score menunjukkan nilai mulai dari 0.9973 lalu naik ke 0.9983 lalu turun dan naik kembali yang berarti kapabilitas model didalam mengevaluasi data dengan data baru cukup baik walaupun terjadi ketidakstabilan didalam nilai *accuracy* namun masih bisa diterima karena nilainya masih tergolong tinggi.

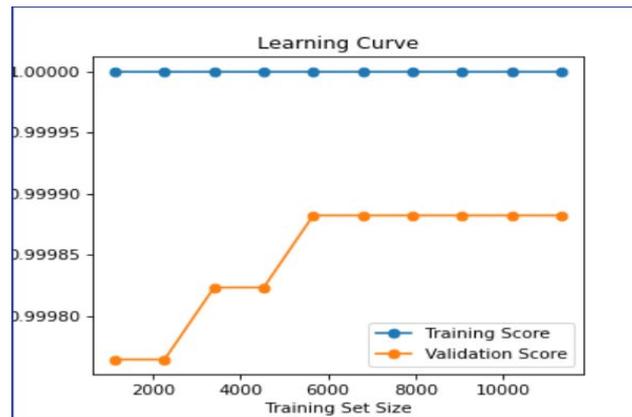


**Gambar 8.** Learning Curve Polynomial

Pada gambar 9 terlihat grafik yang memperlihatkan nilai *accuracy* dari training score dan validation score. Nilai pada training score menyatakan 1.0 yang berarti pelatihan model menunjukkan bahwsanya model sangat baik didalam mengenali pola dari data yang dilihat dan dipelajari selama proses pelatihan. Selanjutnya nilai pada validation score menunjukkan nilai mulai dari 0.9975 lalu naik menjadi 0.9984 dan terus naik sampai 0.9990 yang berarti model sangat baik didalam mempergunakan data baru. Dan model semakin mampu mengenali pola yang relevan didalam data

Dilihat dari ketiga grafik diatas model terbaik yang bisa disimpulkan yaitu model rbf karena ketika model dipergunakan pada data baru model rbf mempunyai nilai yang perlahan naik yang berarti model rbf bisa beradaptasi didalam mengenali pola yang berbeda.

**Gambar 9.** Learning Curve rbf



### 3 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dari implementasi metode klasifikasi Support Vector Machine (SVM) dan seleksi fitur Correlation-Based Feature Selection (CFS) didalam klasifikasi serangan Distributed Denial of Service (DDoS) mempergunakan dataset CSE-CIC-IDS2018 yaitu sebagai berikut: Semua kernel bekerja sangat baik pada dataset ini dengan model training mencapai akurasi 1.0 namun guna model testing memperoleh nilai akurasi 99.98%

1. Penerapan CFS didalam kasus ini tidak memperlihatkan peningkatan yang berarti didalam performa model SVM. Namun, CFS bermanfaat guna menyederhanakan model dan mengurangi jumlah fitur yang dipergunakan tanpa mengorbankan kinerja.
2. Dari semua kernel baik mempergunakan CFS ataupun tidak kernel RBF menjadi pilihan terbaik karena saat menguji guna data yang baru kernel RBF mempunyai kapabilitas yang bisa memahami model dengan baik yang membuat dia memperoleh nilai akurasi yang terus bertambah disetiap pengujian dan memperoleh nilai akurasi sebanyak 99.98%

### Referensi

- [1] M. A. Ridho and M. Arman, "Analisis Serangan DDoS Mempergunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan," *J. Sisfokom (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 9, no. 3, pp. 373–379, Oct. 2020, doi: 10.32736/sisfokom.v9i3.945.
- [2] B. Hijriyanto and F. Ulum, "Comparison of Mod\_Evasive and DDoS Deflate for Slow Post Attack Mitigation," 2021.
- [3] A. S. B. Asmoro, W. S. G. Irianto, and U. Pujiyanto, "Perbandingan Kinerja Hasil Seleksi Fitur pada Prediksi Kinerja Akademik Siswa Berbasis Pohon Keputusan," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 4, no. 2, pp. 84–89, 2018.
- [4] A. T. Zy, A. T. Sasongko, and A. Z. Kamalia, "Penerapan Naïve Bayes Classifier, Support Vector Machine, dan Decision Tree guna Menaikkan Deteksi Ancaman Keamanan Jaringan," *Media Online)*, vol. 4Zy, A. T., no. 1, pp. 610–617, 2023, doi: 10.30865/klik.v4i1.1134.
- [5] A. Basuki and F. Abdurrachman Bachtiar, "METODE DETEKSI INTRUSI MEMPERGUNAKAN ALGORITME EXTREME LEARNING MACHINE DENGAN CORRELATION-BASED FEATURE SELECTION," vol. 8, no. 1, pp. 103–110, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202183358.

*This page is intentionally left blank.*

# Penerapan Waterfall Pada Sistem Kasir UMKM Desa Pakisputih Berbasis Android

Fajar Mahardika<sup>1</sup>, M. Ikhwan Nurhadi<sup>2</sup>, Kuntari Wuri Asri<sup>3</sup>, Desilia Nurvianti<sup>4</sup>, Fariz Faza<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Jurusan Komputer dan Bisnis, Politeknik Negeri Cilacap  
<sup>2,3,4,5</sup> Teknologi Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, ITS NU Pekalongan  
Karangdowo, Kec. Kedungwuni, Kabupaten Pekalongan  
<sup>1</sup>fajarmahardika@pnc.ac.id

## Abstract

*Technological developments go straight with the development of Micro, Small and Medium Enterprises, one of which is the sales or cashier system. This sales or cashier system is the answer to the problems that exist in one of the MSMEs in Pakisputih village. The results of observations and interviews with micro, small and medium business owners, the problem is that the transaction process is still manual using written notes, so it is very risky for notes to be lost or damaged, the profit calculation process is sometimes out of balance due to human error during the recapitulation process and there is no debt record so that when the reseller debt payment process is sometimes out of sync. The purpose of making this system is to assist the process of sales activities in micro, small and medium enterprises, help manage savings, and assist the process of recapitulating income statements. The stages of research here use the Waterfall method. This method helps in making and analyzing the cashier system that will be made. The results of this research are in the form of an Android-based Sales Cashier System for Micro, Small and Medium Enterprises that chooses multi-user access rights and is equipped with transaction features, savings management and income statements. The results obtained from looking at functional suitability were 88.8%, which means the system can function well.*

**Keywords:** Cashier system, MSME, Human Error, PakisPutih, Android

## 1. Pendahuluan

Dengan kemajuan teknologi, kebutuhan akan informasi yang cepat, akurat, dan tepat semakin mendesak. Banyak perusahaan yang terus berinovasi dan memanfaatkan teknologi canggih untuk mengoptimalkan operasional mereka, salah satunya adalah penerapan sistem kasir berbasis mobile di UMKM Desa Pakisputih. Beberapa masalah yang sering dihadapi antara lain transaksi yang tidak tercatat dengan baik, nota yang hilang atau rusak, kesalahan dalam perhitungan laporan laba rugi, serta kesulitan dalam mengelola hutang piutang dan tabungan konsumen, yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam laporan keuangan. Berdasarkan hasil observasi, ditemukan bahwa nota yang tidak dapat dicetak ulang, nota tulisan tangan yang sering hilang atau rusak, serta kesalahan perhitungan manual dalam rekap transaksi sering terjadi, dan hutang piutang yang terus menumpuk, khususnya dari reseller [1].

Untuk itu, dibutuhkan sebuah sistem yang dapat mempermudah pengguna dalam menghitung hasil transaksi dengan lebih cepat dan efisien. Aplikasi kasir yang akan dikembangkan dirancang untuk menghitung transaksi secara otomatis, menyimpan data penjualan, serta memungkinkan pengguna untuk mengatasi masalah kehilangan data.

Masalah-masalah tersebut mengganggu kelancaran operasional dan menyebabkan ketidakseimbangan dalam laporan keuangan. Untuk itu, dibutuhkan sistem kasir berbasis Android [2] yang dapat mengatasi masalah tersebut dengan mempermudah pencatatan transaksi secara otomatis dan penyimpanan data yang terstruktur. Sistem kasir terintegrasi ini diharapkan mampu mempercepat proses transaksi, mengurangi kesalahan manusia, serta menghasilkan laporan keuangan yang lebih akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem informasi yang dapat mengelola data penjualan agar tercatat secara otomatis dan terorganisir dalam database. Sistem kasir yang dikembangkan untuk UMKM di Desa Pakisputih berbasis Android dan mencakup beberapa menu, antara lain Barang Masuk, Stok Barang, Transaksi Jual, Laporan Keuangan, dan Tabungan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas mengenai kasir penjualan pada UMKM, di antaranya yang pertama [3]. Perancangan dan pembangunan aplikasi kasir penjualan untuk Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) 3Manstore berbasis web. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah aplikasi kasir penjualan berbasis web untuk UMKM yang dilengkapi dengan fitur hak akses multi-user, serta memiliki fitur untuk transaksi, manajemen hutang, dan laporan laba rugi. Penelitian Kedua [4] Penelitian tersebut bertujuan untuk mengembangkan aplikasi kasir penjualan susu berbasis web dengan memanfaatkan jaringan intranet untuk menghubungkan beberapa toko yang berada di lokasi berbeda, guna mempercepat tampilan laporan penjualan susu. Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi kasir penjualan susu berbasis web yang dapat diakses melalui web browser dengan menggunakan jaringan intranet. Penelitian ketiga [5]. Penerapan metode Rapid Application Development (RAD) dan Model Kano dalam pengembangan sistem informasi geografis. Analisis kebutuhan pengguna dilakukan dengan melibatkan pengguna secara langsung, termasuk dalam tahap perancangan sistem. Hasil uji menunjukkan bahwa proses pelaporan kejahatan satwa dapat dilakukan melalui jalur satu pintu, rekapitulasi data hanya memerlukan waktu singkat, dan pembuatan peta persebaran dapat dilakukan secara otomatis.

Penelitian selanjutnya dilakukan Muhammad [6]. Penerapan metode Waterfall pada sistem pengaman sepeda motor menggunakan Arduino Nano. Penelitian ini terkait dengan penerapan metode Waterfall dalam pengembangan desain alat pengaman untuk kendaraan bermotor. Pendekatan ini diterapkan dalam proses pengembangan sistem pengaman berdasarkan tahapan-tahapan yang jelas sesuai dengan metode Waterfall. Penelitian selanjutnya dilakukan [7]. Implementasi metode Waterfall dalam proses digitalisasi citra analog. Penelitian ini berfokus pada penerapan metode Waterfall dalam proses digitalisasi citra, dimana pendekatan tersebut digunakan untuk mengelola tahapan-tahapan yang terstruktur dalam konversi citra analog menjadi format digital.

Penelitian yang dilakukan [8]. Penerapan metode Extreme Programming (XP) pada aplikasi biro jodoh syari'ah berbasis mobile Android. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi aplikasi biro jodoh syari'ah menggunakan metode XP, yang dipilih karena kesederhanaannya dengan tiga tahapan utama: perencanaan, desain, dan pengkodean. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan dapat berjalan di platform Android, dilengkapi dengan fitur akun pengguna. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mencari pasangan hidup sesuai dengan kriteria yang diinginkan dan berbasis syari'ah.

Selanjutnya, dilakukan oleh [9]. Sistem Informasi Transaksi Simpan Pinjam BUMDes Desa Pendem berbasis web. Aplikasi yang dikembangkan adalah sebuah platform website yang disebut "Sistem Data Bisnis Simpan Pinjam BUMDes di Kantor Dusun Pendem." Dengan menggunakan sistem ini, proses pendataan badan BUMDes menjadi lebih cepat, pengelolaan simpan pinjam menjadi lebih mudah dan akurat, serta pembayaran dapat dilakukan dengan lebih efisien. Selain itu, pencarian informasi terkait BUMDes juga dapat dilakukan dengan cepat.

**Tabel 1.** *State Of The Art* pada penelitian sekarang dengan penelitian sebelumnya

Judul Jurnal	Pembahasan
Sistem Informasi Transaksi Simpan Pinjam BUMDes Desa Pendem Berbasis Web Peneliti Zulkarnaen et al., Tahun 2021.	Pembangunan dan penerapan sistem data berbasis desktop dalam manajemen informasi pemasaran dan persediaan. Sistem yang dikembangkan menyediakan informasi terkait persediaan barang, pemasaran, pembelian, keuntungan dari pemasaran, serta stok rawat inap. Alasan mengangkat topik ini sebagai fokus penelitian adalah karena tema yang digunakan serupa, yakni berkaitan dengan BUMDes dan sistem penjualan.
Menerapkan sistem informasi akuntansi dalam meningkatkan transparansi pengelolaan keuangan Pamsimas pada Bumdes Giri Artha. Peneliti Yanti,	Aplikasi Pambumdesaku dirancang untuk meningkatkan transparansi. Namun, beberapa kendala yang dihadapi dalam penggunaan aplikasi sistem ini adalah usia lanjut dari pelanggan BUMDes yang mengalami kesulitan dalam mengoperasikan aplikasi yang diterapkan. Alasan Menjadi Tinjauan Penelitian Tema yang digunakan sama yaitu Bumdes

Tahun  
2020.

Sistem Informasi Transaksi Simpan Pinjam BUMDes Desa Pendem Berbasis Web

Aplikasi yang dikembangkan adalah platform website "Sistem Data Bisnis Simpan Pinjam BUMDes di Kantor Dusun Pendem." Dengan menggunakan sistem ini, pengelolaan data bisnis simpan pinjam BUMDes menjadi lebih efisien.

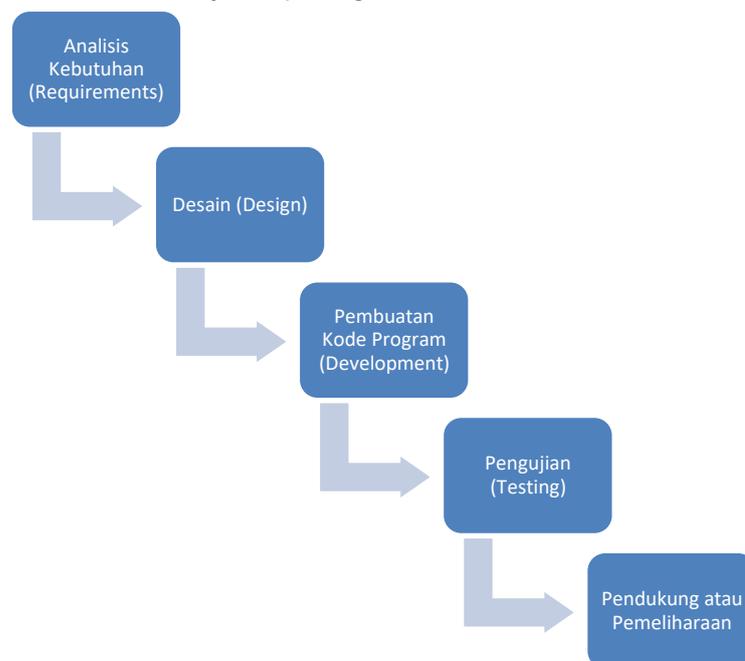
Peneliti  
Zulkarnaen et al.,

Tahun  
2021.

Alasan memilih tema ini sebagai fokus penelitian adalah karena relevansi topik yang sama, yaitu terkait dengan BUMDes

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama satu semester di Balai Desa Pakisputih, Kecamatan Kedungwuni, Kabupaten Pekalongan. Permasalahan yang dihadapi terkait dengan sistem penjualan di UMKM Desa Pakisputih, di mana proses penjualannya masih dilakukan secara manual, mulai dari pencatatan barang masuk hingga laporan penjualan yang masih menggunakan kertas, sehingga mengakibatkan ketidakefisienan[7]. Metode Waterfall dipilih sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem ini karena sifatnya yang terstruktur dan sistematis, dengan tahapan yang jelas mulai dari analisis kebutuhan, desain, implementasi, pengujian, hingga pemeliharaan [10] [11]. Pendekatan ini sangat sesuai untuk proyek pengembangan sistem yang memiliki kebutuhan yang jelas dan stabil, sehingga memungkinkan pengelolaan dan pengembangan sistem kasir yang lebih efektif dan efisien bagi UMKM di Desa Pakisputih [12] [13]. Dengan menerapkan metode Waterfall, diharapkan pengembangan sistem kasir ini dapat berjalan dengan efektif dan menghasilkan solusi yang memudahkan pengelolaan data transaksi serta keuangan UMKM dengan cara yang lebih efisien dan terstruktur [3]. Metode tersebut ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan-tahapan Penelitian Waterfall [14]

Metode penelitian yang diterapkan dalam pengembangan aplikasi kasir berbasis mobile ini adalah metode Waterfall. Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam metode Waterfall.

1. Analisis Kebutuhan (Requirements)

Pada tahap ini merupakan proses pengumpulan kebutuhan yang dilakukan secara intensif untuk mespesifikasikan kebutuhan perangkat lunak agar dapat dipahami seperti apa yang dibutuhkan oleh user[15].

2. Desain (Design)

Pada tahap ini merupakan proses multi langkah yang focus pada desain pembuatan program perangkat lunak termasuk struktur data, arsitektur perangkat lunak, representasi antar muka dan prosedur pengodean.

3. Pembuatan Kode Program (Development)  
Pada tahap ini merupakan desain yang harus ditranslasikan ke dalam program perangkat lunak
4. Pengujian (Testing)  
Pada tahap ini merupakan tahap yang focus apda perangkat lunak secara dari segi logik dan fungsional dan memastikan bahwa semua bagian sudah diuji. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kesalahan dan memastikan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.
5. Pendukung atau Pemeliharaan (Maintenance)  
Pada tahap ini merupakan tahapan yang dapat mengulangi proses pengembangan mulai dari analisis spesifikasi untuk perubahan perangkat lunak yang sudah ada, tapi tidak untuk membuat perangkat lunak baru

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penyusunan sistem kasir umkm desa pakisputih berbasis android dengan penerapan metode waterfall terdiri dari beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

#### 3.1. Ruang Lingkup

Langkah awal yaitu ruang lingkup sistem kasir umkm desa pakisputih berbasis android dengan penerapan metode waterfall [16]. Perinci fiturnya transaksi penjualan, stok barang, laporan dan tabungan pelanggan.

#### 3.2. Analisa Masalah

Terdapat masalah yaitu berkaitan dengan system penjualan dan stok barang yang masih berantakan atau hilang. Hal ini disebabkan masih menggunakan system manual yang ada di Bumdes Desa Pakis putih [17] [18]. Permasalahan selanjutnya masih terkendala sumber daya manusia yang setiap penjaga kurang memahami stok barang maupun data transaksi penjualan.

##### 3.2.1. Analisa Kebutuhan Fungsional

Keinginan fungsional buat system yang dibesarkan merupakan:

- a. sistem Kasir Bina Pakis bisa melakukan transaksi penjualan dengan data yang ada di stok barang.
- b. Pembeli dapat melakukan aktivitas tabungan jika terdapat kelebihan pembayaran.
- c. Pembeli dapat melihat maupun menggunakan tabungan mereka jika mendesak.
- d. System tabungan ini membantu warga yang dimana warga tidak perlu membayar secara terus pada transaksi pembelian jika memiliki tabungan. Hal contoh jika membutuhkan token listrik malam hari bisa membayar dengan tabungan.

##### 3.2.2. Analisa Kebutuhan Fungsional

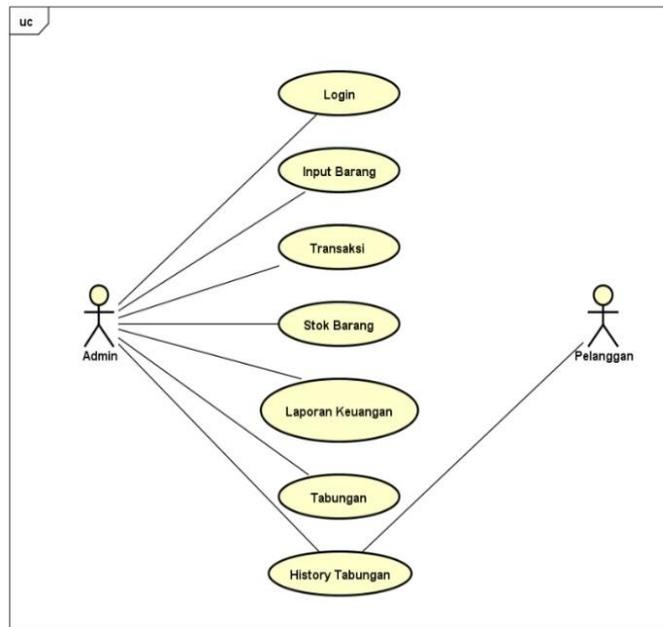
Keinginan non fungsional buat system yang dibesarkan merupakan:

- a. Keamanan dengan guna selaku selanjutnya: 1. Sistem data manajemen Aplikasi Kasir Bumdes Pakisputih telah memakai akta Secure Socket Layer (SSL) [19] pada api yang digunakan; 2. Password pada konsumen dilengkapi dengan enkrip md5.
- b. Layanan dengan guna selaku selanjutnya: a. Sistem bisa dijalani pada media mobile atau android

#### 3.3. Desain Logis

##### 3.3.1. Usecase

Gambar usecase ini dirancang untuk menggambarkan aktivitas yang ada di sistem kasir Bumdes Desa Pakis Putih. Kabupaten Pekalongan gambar tersebut ditunjukkan pada gambar 2.

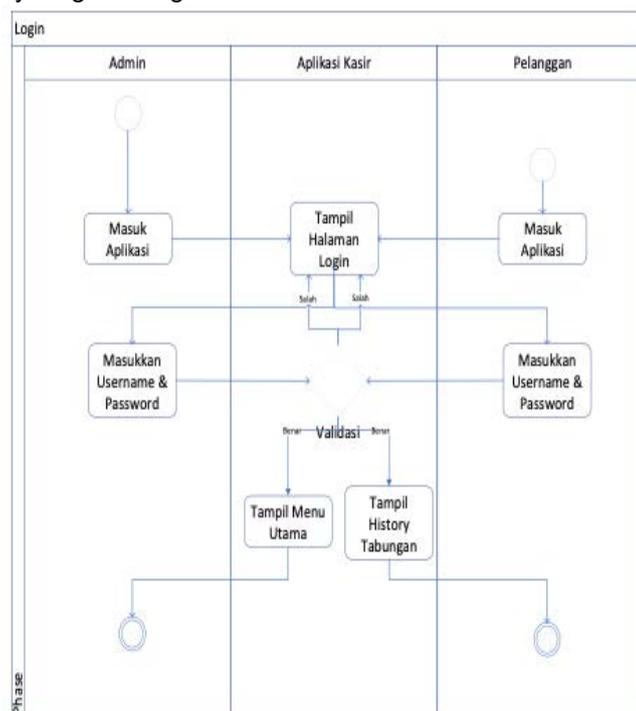


Gambar 2. Use Case Aplikasi Kasir Bina Pakis

Pada Gambar 2. menjelaskan bahwa ada 2 user yang Dimana user tersebut ada admin dan pelanggan. Dari user admin dapat melihat atau melakukan aktivitas dimenu login, input barang, transaksi, stok barang, laporan keuangan, Tabungan dan histori Tabungan. Sedangkan, pelanggan hanya dapat login dan melihat histori Tabungan.

3.3.2. Activity diagram

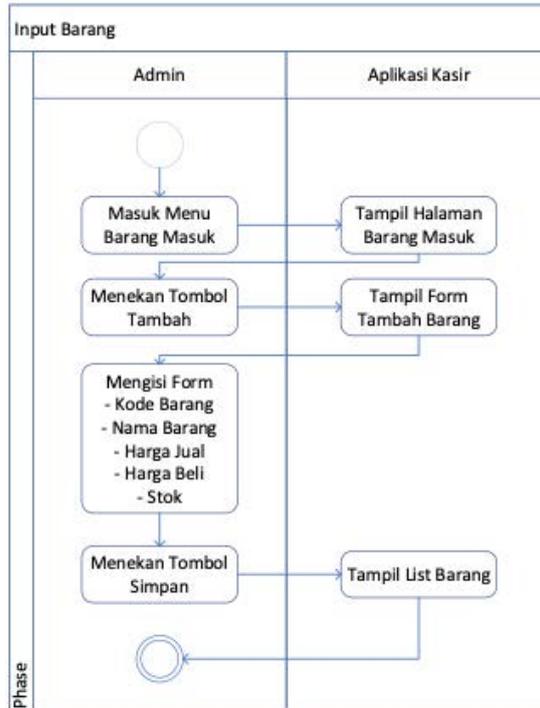
1. Activity diagram Login



Gambar 3. Activity Diagram Login

Pada Gambar 3. menjelaskan bahwa ketika admin dan pelanggan membuka aplikasi maka halaman pertama yang muncul yaitu halaman login, dimana admin dan pelanggan harus memasukkan username dan password. Jika berhasil login, admin akan masuk ke menu utama sedangkan pelanggan akan masuk ke halaman history tabungan.

2. Activity Diagram Input Barang



Gambar 4. Activity Diagram Input Barang

Pada Gambar 4. menjelaskan bahwa admin bisa melakukan input barang di menu Barang Masuk, dimana ketika input barang ada beberapa data yang harus diisi seperti Kode Barang, Nama Barang, Harga Jual, Harga Beli dan Stok kemudian admin menekan tombol Simpan maka otomatis sistem melakukan update list barang. Admin juga bisa melakukan edit dan hapus barang.

3.3.3. Struktur Tabel

a. Tabel data pelanggan

Tabel 2. Data pelanggan

Field	Type	Panjang	Keterangan
<b>Id</b>	<i>Int</i>	11	Id Pelanggan
<b>Nama</b>	<i>Varchar</i>	255	Nama Pelanggan
<b>username</b>	<i>Varchar</i>	255	<i>Username</i>
<b>password</b>	<i>Varchar</i>	255	<i>Password</i>
<b>Alamat</b>	<i>Text</i>		
<b>Tabungan</b>	<i>Int</i>	11	Jumlah Tabungan

b. Tabel admin

Tabel 3. Data admin

Field	Type	Panjang	Keterangan
<b>Id</b>	<i>Int</i>	11	Id Admin
<b>Nama</b>	<i>Varchar</i>	255	Nama Admin
<b>username</b>	<i>Varchar</i>	255	<i>Username</i>
<b>password</b>	<i>Varchar</i>	255	<i>Password</i>

c. Tabel Barang

Tabel 4. Barang

Field	Type	Panjang	Keterangan
<b>Id</b>	<i>Int</i>	11	Id Barang
kode	<i>Varchar</i>	255	Kode Barang

nama	Varchar	255	Nama Barang
stok	Varchar	255	Stok Barang

d. **Tabel Barang\_masuk**

Tabel 5 **Barang\_masuk**

Field	Type	Panjang	Keterangan
<b>Id</b>	Int	11	Id
<b>id_barang</b>	Int	11	Id Barang
<b>harga_beli</b>	Int	11	Harga Beli
<b>harga_jual</b>	Int	11	Harga Jual
<b>jumlah</b>	Int	11	Jumlah
<b>tanggal</b>	datetime		Tanggal

e. **Tabel Barang\_Transaksi**

Tabel 6 **Barang\_Transaksi**

Field	Type	Panjang	Keterangan
<b>Id</b>	Int	11	Id
<b>id_transaksi</b>	Int	11	Id Transaksi
<b>id_barang</b>	Int	11	Id Barang
<b>harga_jual</b>	Int	11	Harga Jual
<b>jumlah</b>	Int	11	Jumlah

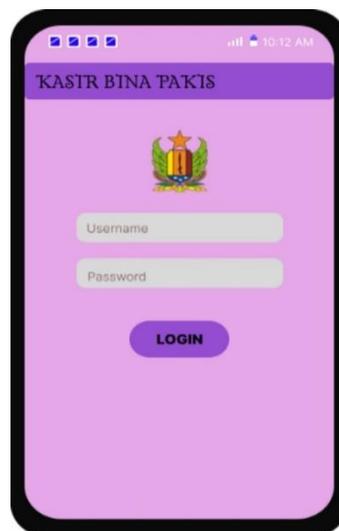
3.4 **Desin fisik dan integrasi**

Tahapan desain fisik dan integrasi dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

3.4.1. **Desain fisik**

Setelah pengumpulan kebutuhan dan perancangan sistem aplikasi kasir selesai, langkah selanjutnya adalah tahap kedua, yaitu merancang antarmuka aplikasi kasir. Desain fisik aplikasi ini digambarkan pada Gambar 5 hingga Gambar 9.

a. **Halaman Login Amin**



Gambar 5. Halaman Login

Pada Gambar 5. merupakan tampilan halaman login yang digunakan untuk akses masuk admin dan pelanggan

b. **Halaman Dashboard**



Gambar 6. Halaman Utama atau Tampilan Utama

Pada Gambar 6 merupakan tampilan halaman Menu Utama terdapat 5 menu utama yaitu menu Barang Masuk, Stok Barang, Transaksi Jual, Laporan Keuan dan Tabungan.

c. Tampilan Barang Masuk



Gambar 7. Halaman Barang Masuk

Pada Gambar 7 merupakan tampilan halaman barang masuk, setelah item barang ditambahkan maka akan muncul detail list barang masuk.

d. Tampilan Transaksi



Gambar 8. Halaman Transaksi

Pada Gambar 8 merupakan tampilan halaman menu transaksi jual, pada halaman ini akan digunakan oleh admin ketika proses transaksi berlangsung. Barang yang dibeli

menggunakan sistem keranjang dan sistem pembayaran yang digunakan dapat menggunakan cash ataupun menggunakan tabungan.

e. Tampilan Laporan Keuangan



Gambar 9. Halaman Laporan Keuangan

Pada Gambar 9 merupakan tampilan halaman menu laporan keuangan, admin bisa melihat laporan keuangan berdasarkan tanggal, bulan dan tahun.

3.4. Konstruksi dan pengujian (construction and testing)

a) Hasil Pengetesan Pandangan Functionality Suitability

Pada pengetesan functional suitability kuisioner diisi oleh orang yang memiliki keahlian dalam pandangan aplikasi [20] engineering untuk mengidentifikasi apakah fungsi- guna yang ada pada sistem dapat berjalan dengan baik dan benar [21].

Tabel 7. Hasil Pengujian Functionality suitability

No	Kriteria	Deskripsi	Sukses	Gagal
1	Halaman Login	Ketika Aplikasi Kasir Bina Pakis dan customer melakukan login	2	1
3	Halaman Dashboard	Ketika Aplikasi Kasir Bina Pakis setelah melakukan Login muncul Dashboard	2	0
4	Halaman Barang Masuk	Ketika melakukan Menu Barang masuk	2	0
5	Halaman Transaksi	Ketika menekan menu transaksi Aplikasi Kasir Bina Pakis	2	0
6	Halaman Laporan Keuangan	Ketika Melihat Laporan Keuangan	2	0
7	Halaman Login Pelanggan	Ketika pelanggan melakukan login tabungan	2	0

Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase untuk pengujian aspek Functionality Suitability :

$$\text{Presentase} = \frac{\text{Skor Hasil Pengujian}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100\%$$

$$= \frac{16}{18} \times 100\%$$

$$= 88,8\%$$

(For numbered list, use a. b. c. and so on)

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan diari hasil dan pembahasan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan, pada penelitian ini menghasilkan sistem kasir UMKM Desa Pakisputih berbasis Android ini diantaranya:

1. Didapatkan fitur atau menu transaksi, stok barang, tabungan dan laporan yang ada di aplikasi Kasir Bina Pakis Berbasis Mobile (Studi Kasus: Bumdes Pakisputih)
2. Didapatkan 2 role yaitu admin dimana admin bisa melakukan transaksi, stok barang dan laporan penjualan. Sedangkan pelanggan hanya melihat tabungan yang sudah dikumpulkan.
3. Diperoleh hasil pada pandangan functional suitability mendapatkan hasil angka 88,8% yang maksudnya sistem bisa bertugas dengan Bagus.

Mengingat masih terdapat banyak kekurangan pada penelitian ini, maka perlu dilakukan beberapa perbaikan untuk memperbaiki kinerja sistem, adapun beberapa saran yang diperlukan sebagai berikut:

1. Fitur ditambahkan dengan menambahkan pembayaran via pihak ketiga seperti Bank maupun QRIS.
2. Dikembangkan pada system MacOS agar dapat digunakan oleh pelanggan yang menggunakan system MacOS

#### Referensi

- [1] D. B. Magfira *et al.*, "Pendampingan Pemanfaatan Sistem Informasi Inventory Toko kepada UMKM," *Indones. Berdaya*, vol. 5, no. 1, pp. 75–80, 2023, doi: 10.47679/ib.2024631.
- [2] N. Wulandari and H. Sholihin, "Aplikasi Pembayaran Sekolah Menggunakan Payment Gateway Tripay Berbasis Android," *WARUNAYAMA J.*, vol. 27, no. 2, pp. 58–66, 2023.
- [3] A. Mulyani, R. Setiawan, and R. A. Rusmana, "Rancang Bangun Aplikasi Kasir Penjualan pada Usaha Mikro Kecil Mengengah 3Manstore Berbasis Web," *J. Algoritm.*, vol. 19, no. 2, pp. 481–492, 2022, doi: 10.33364/algoritma/v.19-2.1117.
- [4] S.- Bakhri, F. Hanif, and A. Haidir, "Rancang Bangun Aplikasi Kasir Penjualan Susu Berbasis Web Pada Alomgada Kids Jakarta," *IJCIT (Indonesian J. Comput. Inf. Technol.)*, vol. 5, no. 1, May 2020, doi: 10.31294/IJCIT.V5I1.6397.
- [5] S. Yahya and F. Mahardika, "Penerapan Rapid Application Development Dan Model Kano Dalam Pengembangan Sistem Informasi Geografis," *Progresif J. Ilm. Komput.*, vol. 19, no. 1, pp. 125–136, Feb. 2023, doi: 10.35889/PROGRESIF.V19I1.1050.
- [6] F. Mahardika *et al.*, "Penerapan Metode Waterfall pada Skema Sistem Pengaman Sepeda Motor dengan Arduino Nano," *Respati*, vol. 16, no. 2, pp. 63–70, Jul. 2021, doi: 10.35842/jtir.v16i2.402.
- [7] F. Mahardika, □ Kabul, A. Purwanto, D. Intan, and S. Saputra, "Implementasi Metode Waterfall pada Proses Digitalisasi Citra Analog," *VOLT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 63–72, Apr. 2017, doi: 10.30870/VOLT.V2I1.948.
- [8] S. Yahya *et al.*, "Implementasi Metode Extreme Programming pada Aplikasi Biro Jodoh Syari'ah Berbasis Mobile Android," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 4, no. 1, pp. 37–40, May 2019, doi: 10.31544/JTERA.V4.I1.2019.37-40.
- [9] F. Zulkarnaen, ) Muhammad, R. Artawan, M. Taufan, and A. Zaen, "Sistem Informasi Transaksi Simpan Pinjam BUMDes Desa Pendem Berbasis Web," *J. Ilm. IKIP Mataram*, vol. 8, no. 1, pp. 57–75, 2021, Accessed: Jan. 27, 2023. [Online]. Available: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jiim/article/view/4014>

- [10] - JIMMI CARTER, "SISTEM AKUNTANSI PENERIMAAN DAN PENGELUARAN KAS PADA BADAN USAHA MILIK DESA (BUMDES) RUMBIO KEC.KAMPAR," Feb. 2021.
- [11] F. Mahardika, M. Khoiri, and M. Al Amin, "Implementasi Extreme Programing pada Sistem Informasi Penggajian untuk Peningkatan Pelayanan kepada Karyawan," 2023.
- [12] F. Mahardika and R. B. B. Sumantri, "Implementation of Payment Gateway in the Mobile-Based Pawon Mbok ` E Eating House Ordering System," pp. 60–70, 2024.
- [13] A. Martoyo and F. Mahardika, "Pengaruh Promosi dan Distribusi Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada PT Tiga Serangkai Internasional Cabang Bandung.," *J. Pemasar. Kompetitif*, vol. 3, no. 2, p. 2020, Accessed: Jan. 03, 2023. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/337610416.pdf>
- [14] R. Ridwansyah, D. M. Rifqie, and N. Nuridayanti, "Sistem Informasi Inventaris Toko berbasis Web untuk UMKM Penyewaan Kostum," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 3, pp. 289–295, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i3.874.
- [15] F. Mahardika, A. R. Naufal, and M. AL AMIN, "Desain UI dan UX dalam Sistem Informasi Akademik Menggunakan Metode Extreme Programming," *Progresif J. Ilm. Komput.*, vol. 19, no. 1, pp. 105–116, Feb. 2023, doi: 10.35889/PROGRESIF.V19I1.1023.
- [16] I. G. Friansyah, D. Pembimbing, D. Agustina, and D. Fara, "Perancangan Sistem Informasi Kepegawaian di Kantor Bagian Administrasi dan Pembangunan Sekretariat Daerah Kabupaten Karimun Berbasis Website," *ejurnal.universitaskarimun.ac.id*, vol. 2, no. 1, 2021, Accessed: Jun. 24, 2023. [Online]. Available: [http://ejurnal.universitaskarimun.ac.id/index.php/teknik\\_informatika/article/view/318](http://ejurnal.universitaskarimun.ac.id/index.php/teknik_informatika/article/view/318)
- [17] G. A. Pradipta, R. R. Huizen, I. M. D. Susila, D. Hermawan, P. D. W. Ayu, and D. P. Hostiadi, "Rancang Bangun Sistem Informasi Administrasi Kantor Pada Badan Usaha Milik Desa Studi Kasus Desa Pemecutan Kaja Mandiri," *J. Tekno Kompak*, vol. 17, no. 2, pp. 100–113, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknokompak/article/view/2332>
- [18] I. M. D. P. Asana and I. N. W. Adnyana, "Penerapan Sistem Informasi Dalam Peningkatan Kualitas Pengelolaan Data Penjualan BUMDes Kukuh Winangun," *J. Anadara Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 1, Mar. 2021, Accessed: Jan. 27, 2023. [Online]. Available: <http://jurnal.una.ac.id/index.php/anadara/article/view/1982>
- [19] A. Q. Munandar, Zulhajji, and S. G. Zain, "Pengembangan Sistem Informasi Kelurahan Bulu Tempe Kabupaten Bone Berbasis Android," *Inf. Technol. Educ. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 41–46, Sep. 2023, doi: 10.59562/INTEC.V2I3.437.
- [20] J. Rahmadoni, R. Akbar, and R. Ulya, "Analysis of Nagari Management Information System Evaluation (Simnag) Using Pieces and Uat Methods," *J. Appl. Eng. Technol. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 512–521, 2022, doi: 10.37385/jaets.v4i1.1326.
- [21] F. Apri Wenando, R. Pratama Santi, S. Ramadhani Putri, and L. Nur Irsyad, "Sistem Informasi Pendataan Prestasi Mahasiswa untuk Pendataan Prestasi Mahasiswa Departemen Sistem Informasi Menggunakan Metode UAT Dengan Framework Pieces," *J. Fasilkom*, vol. 13, no. 01, pp. 54–60, 2023, doi: 10.37859/jf.v13i01.4959.

*This page is intentionally left blank.*

# Prediksi Pengunduran Diri Karyawan Dengan Pendekatan Deep Neural Network Dalam Machine Learning

Satya Wirapati<sup>a1</sup>, Luh Gede Astuti<sup>a2</sup>, I Made Widiartha<sup>a3</sup>, I Wayan Santiyasa<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Informatika, FMIPA,  
Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud No.9, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361, Country

<sup>1</sup>satyathewise@email.com

<sup>2</sup>lg.astuti@unud.ac.id

<sup>3</sup>madewidiartha@unud.ac.id

<sup>4</sup>santiyasa@unud.ac.id

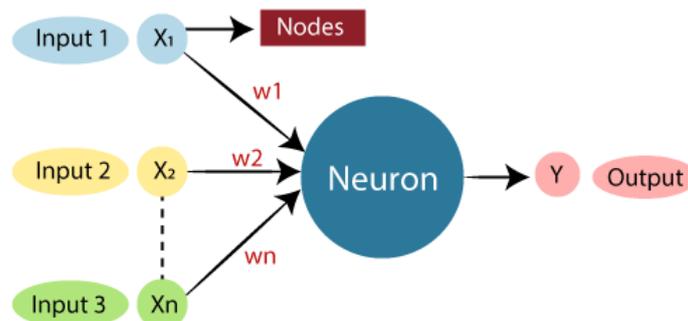
## Abstract

*In the current digital era, technological advancements are rapidly progressing and impacting various sectors, including the workforce. Employees are crucial assets for companies to achieve their business goals. Therefore, companies need to take steps to retain quality and potential employees, as well as avoid unwanted employee turnover. Employee turnover can incur significant costs for companies, such as recruitment expenses, training costs, and loss of productivity. Hence, companies need to have the ability to predict which employees are likely to resign, so they can take appropriate actions to retain them. In this regard, machine learning techniques can be an effective solution for predicting employee turnover. By using the right machine learning algorithms, companies can identify the factors influencing employees' decisions to resign and take appropriate actions to retain them. Therefore, this research aims to apply machine learning techniques in predicting employee turnover. It is hoped that the results of this research can help companies identify the factors influencing employee turnover and take appropriate actions to retain them, thereby improving overall company performance. In this research, a machine learning approach using a Deep Neural Network (DNN) was implemented to predict employee turnover. The research utilized the IBM HR Analytics Employee Attrition & Performance dataset, a secondary dataset sourced from Kaggle. Preprocessing steps included cleaning data, handling missing values, encoding categorical variables, normalizing data, and addressing class imbalances through resampling with ADASYN. The DNN model achieved an accuracy of 86% in predicting employee resignations. This result demonstrates the effectiveness of machine learning techniques in identifying patterns and providing actionable insights for companies to reduce employee turnover.*

**Keywords:** machine learning, ANN, attrition, regularization, resampling

## 1. Pendahuluan

Penelitian ini membahas dua topik utama: **Pengunduran Diri Karyawan** dan **Machine Learning**, khususnya penerapannya dalam memprediksi pengunduran diri karyawan.



Gambar 1 Ilustrasi JST

Gambar 1 Ilustrasi JST menjelaskan secara singkat apa itu jaringan syaraf tiruan, yang dimana  $x_1, x_2$  dan sampai seterusnya merupakan nodes input dari input layer, banyak input layer merupakan banyaknya kolom dataset yang kita pakai, lalu setelah itu nodes akan disambungkan ke nodes di layer yang selanjutnya menggunakan *weight* atau bobot, yang dimana nilai akan dikeluarkan melalui nodes output pada output layer

**Pengunduran Diri Karyawan** didefinisikan sebagai perubahan status pekerjaan ketika seorang karyawan meninggalkan organisasi. Menurut artikel "Understanding employee turnover: A meta-analysis of its antecedents and consequences," pengunduran diri ini dipengaruhi oleh faktor organisasi, personal, dan situasional. Artikel dan jurnal terkait memberikan wawasan untuk memahami dan mengatasi masalah pengunduran diri karyawan.

**Machine Learning** didefinisikan sebagai teknik komputasi yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data tanpa harus secara eksplisit diprogram. Artikel [1] membahas bagaimana machine learning dapat diterapkan pada pemeliharaan prediktif. Selain itu, machine learning telah diterapkan dalam berbagai bidang lain seperti pengobatan kanker. Algoritma machine learning dikategorikan ke dalam empat jenis: Supervised Learning, Unsupervised Learning, Semi-supervised Learning, dan Reinforcement Learning, dengan masing-masing memiliki metode dan penerapannya sendiri.

**Artificial Neural Networks (ANN)**, sebuah teknologi yang didasarkan pada studi tentang otak dan sistem saraf, meniru jaringan saraf biologis dan digunakan untuk memproses input guna menghasilkan output yang diprediksi. Menurut [2], ANN terdiri dari elemen-elemen pemrosesan yang dihubungkan dan diatur dalam lapisan-lapisan tertentu, yang memungkinkan simulasi aktivitas listrik otak dan sistem saraf.

**Deep Neural Networks (DNN)**, jenis ANN yang digunakan dalam penelitian ini, memiliki beberapa keunggulan dalam menangani data yang kompleks dan non-linear serta dalam memproses berbagai jenis data. DNN juga fleksibel dalam menyesuaikan parameter-parameter untuk mendapatkan hasil prediksi yang akurat.

**Feature Selection** adalah teknik penting dalam machine learning yang bertujuan untuk meningkatkan performa model, mengurangi dimensi data, meningkatkan interpretabilitas, mengurangi overfitting, dan menghemat waktu serta sumber daya [3] mencatat bahwa feature selection membantu memilih fitur-fitur yang paling relevan dan mengeliminasi yang tidak penting. Recursive Feature Elimination (RFE) adalah salah satu metode yang digunakan untuk memilih fitur-fitur penting dalam dataset, seperti yang dibahas oleh [4].

Penelitian-penelitian empiris yang dirangkum menunjukkan bahwa model machine learning, seperti logistic regression, decision tree, random forest, dan neural networks, mampu memprediksi pengunduran diri karyawan dengan akurasi yang baik. Faktor-faktor seperti umur, jenis kelamin, gaji, pekerjaan, masa kerja, kinerja, dan kepuasan kerja memainkan peran penting dalam prediksi tersebut. Penelitian ini memberikan wawasan yang dapat membantu organisasi dalam mengambil tindakan preventif terhadap pengunduran diri karyawan.

Retensi karyawan merupakan salah satu tantangan utama dalam manajemen sumber daya manusia, terutama di era digital saat ini di mana persaingan tenaga kerja semakin ketat. Tingginya tingkat turnover karyawan dapat menyebabkan dampak negatif yang signifikan bagi perusahaan, termasuk biaya rekrutmen dan pelatihan, hilangnya produktivitas, serta penurunan moral karyawan yang tersisa. Oleh karena itu, diperlukan langkah strategis untuk memprediksi pengunduran diri karyawan sehingga perusahaan dapat mengambil tindakan preventif guna mempertahankan karyawan berkualitas.

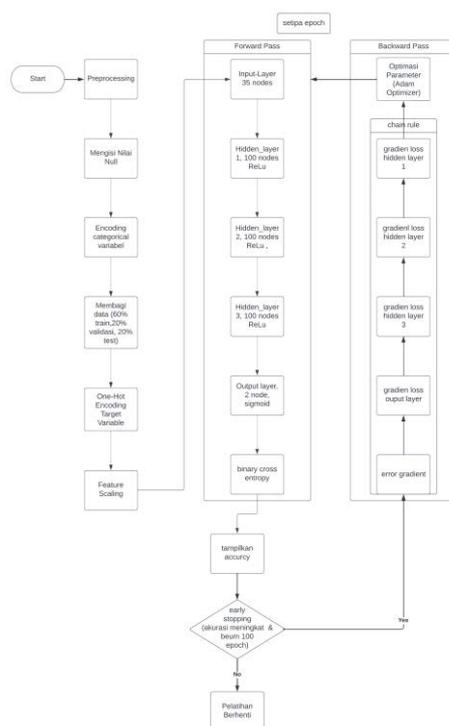
Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memprediksi pengunduran diri karyawan menggunakan pendekatan machine learning. Misalnya, penelitian oleh Ali Raza et al. (2022) menggunakan model logistic regression, decision tree, random forest, dan support vector machine, yang menunjukkan bahwa metode ini dapat memprediksi pengunduran diri dengan tingkat akurasi yang baik. Studi lain oleh Parv N. Gandhi et al. (2020) [5] membandingkan logistic regression dengan random forest, di mana random forest mencapai akurasi 97.5% dalam memprediksi turnover karyawan. Selain itu, pendekatan berbasis jaringan saraf tiruan (Artificial Neural Network/ANN) juga telah menunjukkan keunggulan dalam memodelkan hubungan kompleks dalam data karyawan, seperti yang diungkapkan oleh Shawni Dutta dan Samir Kumar Bandyopadhyay (2020) [6]. Namun, metode ANN tradisional sering kali memerlukan pengoptimalan lebih lanjut untuk meningkatkan kinerjanya.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk mengatasi keterbatasan metode sebelumnya dengan memanfaatkan Deep Neural Network (DNN). DNN dipilih karena kemampuannya dalam menangkap pola yang kompleks dan hubungan non-linear antar variabel, seperti yang dibuktikan dalam berbagai penelitian sebelumnya. Dengan kemampuan representasi yang lebih kuat dibandingkan ANN tradisional, DNN mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat, terutama dalam dataset dengan struktur dan distribusi data yang kompleks. Dalam penelitian ini, pendekatan DNN diterapkan pada dataset *IBM HR Analytics Employee Attrition & Performance* untuk memprediksi pengunduran diri karyawan. Hasilnya diharapkan tidak hanya memberikan akurasi prediksi yang tinggi, tetapi juga memberikan wawasan yang dapat diimplementasikan dalam strategi manajemen sumber daya manusia perusahaan.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab tantangan tersebut dengan mengembangkan model prediksi yang efektif dan andal, yang dapat membantu perusahaan memitigasi risiko turnover karyawan secara proaktif. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya pengelolaan tenaga kerja yang berbasis data.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Deskripsi Umum



Gambar 2 Diagram Flowchart Sistem

Penelitian ini berfokus pada pembangunan model prediksi pengunduran diri karyawan menggunakan pendekatan *Deep Neural Network (DNN)* dalam *machine learning*. seperti pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 2 Diagram *Flowchart* sistem, Model ini dirancang dengan beberapa lapisan jaringan saraf buatan untuk menangkap pola kompleks dalam data karyawan. Proses dimulai dengan inisialisasi model menggunakan *Sequential* dari Keras, dengan lapisan input dan tiga lapisan tersembunyi yang masing-masing terdiri dari 100 neuron, serta lapisan output dengan satu neuron menggunakan fungsi aktivasi sigmoid. Model dikompilasi menggunakan optimizer Adam dan fungsi *loss binary crossentropy*. Untuk mencegah *overfitting*, digunakan *Early Stopping* dan metode regularisasi L1 jika diperlukan. Preprocessing data mencakup penghapusan kolom tidak relevan, penanganan nilai hilang, *encoding* variabel kategorikal, normalisasi data, penghapusan *outliers*, dan *resampling* data untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas.

## 2.2 Data dan Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset "IBM HR Analytics Employee Attrition & Performance" dari repositori online Kaggle. Data ini mencakup berbagai informasi tentang karyawan, pekerjaan, lingkungan kerja, kinerja, dan faktor lainnya yang relevan dengan prediksi pengunduran diri.

## 2.3 Prapemrosesan

Tahapan *preprocessing* mencakup penghapusan kolom yang tidak diperlukan, mengisi nilai yang hilang, *encoding* variabel kategorikal, penghapusan *outliers* menggunakan Z-score, normalisasi data menggunakan metode Z-Score, serta *resampling* menggunakan metode ADASYN untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas. Data kemudian dibagi menjadi subset untuk pelatihan, pengujian, dan validasi model dengan rasio 70:30 pada setiap tahap.

## 2.4 Kerangka Model

Penelitian ini melibatkan empat kerangka model DNN yang berbeda untuk mengevaluasi kinerja prediksi:

- a Model tanpa resampling dan tanpa regularisasi L1.
- b Model dengan resampling tanpa regularisasi L1.
- c Model tanpa resampling dengan regularisasi L1.
- d Model dengan resampling dan regularisasi L1.

## 2.5 Implementasi Early Stopping

*Early Stopping* digunakan untuk mencegah *overfitting* dan menghemat waktu komputasi dengan menghentikan pelatihan jika tidak ada peningkatan performa pada data validasi setelah 5 epoch berturut-turut.

## 2.6 Evaluasi Metode Komputasi

Evaluasi model dilakukan menggunakan *Confusion Matrix* untuk memahami kinerja prediksi dengan metrik-metrik seperti akurasi, *precision*, *recall*, dan F1 score. *Confusion Matrix* memberikan gambaran detail tentang kinerja model dalam menangani prediksi pengunduran diri karyawan.

## 2.7 Perancangan GUI

Dibuat sebuah Graphical User Interface (GUI) menggunakan Python dengan library Tkinter untuk memudahkan pengguna, terutama pihak HR, dalam mengoperasikan model yang telah dibuat. GUI ini dirancang agar sederhana dan efisien untuk penggunaan praktis.

Dengan desain dan metode ini, model DNN diharapkan dapat memberikan prediksi yang akurat dan andal mengenai pengunduran diri karyawan, membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan terkait manajemen sumber daya manusia.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pembuatan Model Machine Learning

Proses pembuatan model *Deep Neural Network* (DNN) untuk memprediksi pengunduran diri karyawan dimulai dengan mengimpor pustaka-pustaka Python yang diperlukan seperti Pandas, Numpy, Scikit-learn, TensorFlow, dan Keras. Setelah itu, dataset di-*load* menggunakan Pandas dan dilakukan *preprocessing*, yang meliputi pembersihan data, pengisian nilai yang hilang, *encoding* variabel kategorikal, penghapusan *outliers*, normalisasi data, *resampling* menggunakan metode ADASYN, dan pembagian data menjadi *training*, *validation*, dan *test set*.

### 3.2 Kerangka dan Pelatihan Model

Model DNN dibangun dengan menggunakan beberapa lapisan *dense* dengan 100 neuron dan fungsi aktivasi ReLU untuk lapisan tersembunyi, serta fungsi sigmoid untuk lapisan output. Model dikompilasi dengan optimizer Adam dan loss function *binary crossentropy*. Model dilatih dengan menggunakan *early stopping* untuk mencegah *overfitting*.

### 3.3 Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik akurasi, loss, dan confusion matrix. Beberapa skenario evaluasi dilakukan:

Default: Model yang dilatih tanpa resampling dan regularisasi menunjukkan *overfitting* dengan akurasi pelatihan tinggi (0.9497) tetapi akurasi validasi lebih rendah (0.8608). Confusion matrix menunjukkan bahwa model lebih baik dalam memprediksi karyawan yang tidak akan resign daripada yang akan resign.

Resampling: Model dengan data yang di-resample menggunakan ADASYN menunjukkan peningkatan akurasi validasi (0.8959) dan performa yang lebih baik dalam memprediksi kelas minoritas (karyawan yang resign). Confusion matrix menunjukkan peningkatan signifikan pada jumlah true positive.

Regularisasi: Dengan penerapan batch normalization, dropout, dan regularisasi L1, masalah *overfitting* berhasil diatasi dengan selisih akurasi pelatihan dan validasi sekitar 5%. Confusion matrix menunjukkan bahwa regularisasi tidak mengatasi masalah imbalance dataset.

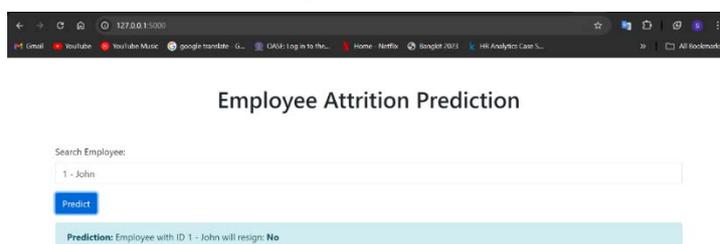
Resampling & Regularisasi: Kombinasi resampling dan regularisasi menghasilkan model dengan akurasi pelatihan (0.9075) dan akurasi validasi (0.9022) yang sangat dekat, tanpa indikasi *overfitting*. Confusion matrix menunjukkan prediksi yang lebih baik untuk kedua kelas.

### 3.4 Evaluasi Akhir dengan Data Testing

Setelah menyelesaikan masalah *overfitting* dan imbalance dataset, model diuji pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya, menghasilkan akurasi sebesar 86%. Confusion matrix menunjukkan performa yang baik dalam mengklasifikasikan data dengan precision 82.4%, recall 87.9%, dan specificity 83.4%.

### 3.5 Antarmuka Pengguna

Sebuah aplikasi berbasis web dikembangkan menggunakan Python dan Flask untuk memungkinkan pengguna (HR) melakukan prediksi pengunduran diri karyawan. Aplikasi ini menyediakan antarmuka yang mudah digunakan untuk mengunggah file CSV, mencari karyawan berdasarkan ID atau nama, dan memprediksi apakah karyawan akan resign atau tidak.



Gambar 3 UI Prediksi Karyawan

Pada Gambar 3 UI Prediksi Karyawan ditampilkan *UI* web hasil dari penelitian ini, pertama diatas terdapat nama aplikasi web tersebut, yaitu “Employee Attrition Prediction”, selanjutnya pada form pencarian kita bisa memasukkan id dari karyawan atau nama karyawan tersebut, setelah itu kita tekan tombol “Prediksi” dan akan muncul hasil prediksinya, apakah karyawan akan *resign* atau tidak.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan *Deep Neural Network* (DNN) untuk memprediksi pengunduran diri karyawan menggunakan dataset *IBM HR Analytics Employee Attrition & Performance*. Proses preprocessing data meliputi penghapusan data tidak relevan, normalisasi, encoding variabel kategorikal, serta resampling dengan metode ADASYN untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas. Model DNN yang dirancang memiliki tiga *hidden layer* dengan fungsi aktivasi ReLU dan output layer dengan fungsi sigmoid. Optimasi model dilakukan menggunakan algoritma Adam dengan fungsi loss *binary crossentropy*, disertai regularisasi L1 dan teknik *early stopping* untuk mencegah *overfitting*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mencapai akurasi **86%** dalam memprediksi pengunduran diri karyawan. Evaluasi menggunakan matriks konfusi (Confusion Matrix) menunjukkan performa yang baik dalam mengidentifikasi karyawan yang berisiko mengundurkan diri. Akurasi ini membuktikan bahwa DNN efektif dalam menangkap pola kompleks dalam data karyawan, termasuk faktor demografi, kepuasan kerja, dan kinerja. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan bagi perusahaan untuk mengambil langkah proaktif dalam mempertahankan karyawan mereka.

#### Daftar Pustaka

- [1] G. A. Susto, A. Schirru, S. Pampuri, S. McLoone and A. Beghi, "Machine learning for predictive maintenance: A multiple classifier approach," *IEEE transactions on industrial informatics*, vol. 11, no. 3, pp. 812-820, 2014.
- [2] S. Walczak and N. Cerpa, "Artificial Neural Networks," *Encyclopedia of Physical Science and Technology*, Vols. -, no. -, pp. 631-645, 2003.
- [3] A. Elisseeff and I. Guyon, "An Introduction to Variable and Feature Selection," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 3, no. 3, pp. 1157-1182, 2003.
- [4] J. Brownlee, "How to choose a feature selection method for machine learning," *Machine Learning Mastery*, vol. 10, no. -, pp. 1-7, 2019.
- [5] P. N. Gandhi, A. Jangale and G. S. Mhaske, "Employee Attrition Prediction using Machine," *JETIR*, vol. 7, no. 9, p. 9, 2020.
- [6] S. Dutta and S. Bandyopadhyay, "Employee attrition prediction using neural network cross validation method," *International Journal of Commerce and Management Research*, vol. 6, no. 3, pp. 80-85, 2020.

# Analisis *Usability* pada Website OPAC UNSIKA dengan Menggunakan Metode *User Centered Design*

Syela Herdina Naibaho<sup>a1</sup>, Nina Sulistiyowati<sup>a2</sup>, Siska<sup>b3</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Teluk Jambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat, Indonesia

<sup>1</sup>2010631250077@student.unsika.ac.id

<sup>2</sup>nina.sulistio@unsika.ac.id, <sup>3</sup>siska@staff.unsika.ac.id

## Abstract

*The Online Public Access Catalog (OPAC) is a key service for students and faculty to search, access, and manage library collections. However, usability issues have led to complaints, highlighting the need for evaluation. The User-Centered Design (UCD) method was chosen for its focus on user needs in system development. This study aims to improve the website's usability in effectiveness, efficiency, and user satisfaction. Key issues identified include unattractive design, confusing navigation, excessive menu options, and an ineffective search feature. The research followed UCD stages: specifying the context of use, identifying user requirements, creating design solutions, and evaluating them. Added features include a member list, book collections, and a help desk. Results showed a 34.1% increase in effectiveness, a 15-second improvement in efficiency, and a rise in the SUS score to 79, making the website more user-friendly.*

**Keywords:** *usability, UI/UX, Online Public Access Catalog, User-Centered Design, System Usability Scale*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi saat ini banyak mempengaruhi perkembangan dunia, salah satunya dalam bidang pendidikan. Pemanfaatan teknologi pada pendidikan di perkuliahan jarak jauh dan sumber belajar digital. Universitas juga menerapkan pada sistem manajemennya membantu mengelola data siswa, kehadiran, penilaian, dan administrasi secara lebih efisien. Perkembangan teknologi digital ini juga diterapkan pada perpustakaan di universitas. Hal ini dibutuhkan dengan beradaptasi agar tetap relevan dan dapat memenuhi tuntutan zaman. Digitalisasi koleksi buku perpustakaan menjadi buku elektronik dilakukan karena hal ini memudahkan pembaca untuk mengakses literatur tanpa perlu pergi ke perpustakaan. Penggunaan katalog *online* pada sistem manajemen perpustakaan untuk memudahkan pengguna untuk melakukan pencarian koleksi buku, peminjaman, dan pengembalian buku.

Website OPAC (*Online Public Access Catalog*) UNSIKA merupakan sistem katalog *online* yang dirancang untuk mempermudah akses informasi dan pencarian koleksi perpustakaan di UNSIKA. Sistem ini dirancang untuk memberikan kemudahan bagi mahasiswa, dosen, dan staf universitas dalam mencari, menelusuri, dan mengelola koleksi perpustakaan melalui platform digital yang terintegrasi. Dilakukan penyebaran kuesioner SUS kepada 30 responden dengan membagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok berpengalaman sebanyak 20 responden (yang pernah menggunakan website) dan kelompok pengguna baru sebesar 10 responden, dimana pengguna baru ini digunakan untuk menilai nilai dari *learnability*. Pada kelompok pengguna berpengalaman didapat bahwa 12 responden di antaranya menilai website OPAC UNSIKA sebagai *not acceptable*, yang berarti mayoritas pengguna mengalami kesulitan saat menggunakan sistem dan merasa bahwa website tidak ramah pengguna. 10 responden memberikan penilaian *marginal*, dimana meskipun sistem bisa digunakan, ada beberapa aspek yang perlu diperbaiki. Terdapat juga 8 responden yang menilai bahwa website ini sudah *acceptable*, yang berarti sudah merasa puas dengan pengalaman memakai website tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa dibutuhkan perbaikan pada *usability*, seperti pada navigasi, efisiensi, dan kepuasan pengguna secara keseluruhan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan *usability* dari website OPAC UNSIKA dengan menggunakan metode *User Centered Design*. Melalui observasi, wawancara, dan pengujian *usability*, penelitian ini akan mengidentifikasi *pain points* yang dihadapi oleh pengguna, serta mengusulkan solusi perbaikan yang dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam

menggunakan sistem. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menyempurnakan antarmuka pengguna, mempermudah navigasi, dan meningkatkan kepuasan pengguna secara keseluruhan.

*Usability* merupakan parameter yang mengukur sejauh mana suatu produk dapat digunakan oleh pengguna untuk mencapai tujuan tertentu dengan efektivitas, efisiensi, dan kepuasan dalam situasi penggunaan produk [1], [2]. Pada penelitian untuk menganalisis *usability* pada *website* OPAC UNSIKA digunakan metode *User-Centered Design* (UCD), metode ini dipilih karena berfokus kepada pengguna untuk pengembangan *website* tersebut. Metode *User-Centered Design* (UCD) merupakan pendekatan desain yang memposisikan pengguna sebagai fokus utama dalam setiap tahap pengembangan sistem [2]. Pendekatan UCD berpusat pada calon pengguna yang memiliki karakteristik tertentu. Penggunaan metode UCD membantu dalam menilai kecocokan antara antarmuka pengguna aplikasi dengan preferensi daya tarik pengguna aplikasi. Dalam UCD, terdapat 4 tahapan sistematis yaitu *specify context of use, specify user and organizational requirements, produce design solutions, and evaluate designs against user requirements* [3].

Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk menganalisis *usability* pada *website* OPAC UNSIKA dengan menggunakan metode *User-Centered Design* dengan tujuan untuk mengevaluasi *usability* tampilan *website* tersebut pada beberapa aspek yaitu aspek efektivitas, efisiensi, dan kepuasan pengguna. Mengidentifikasi permasalahan yang ada dan memberikan rekomendasi perbaikan berupa *prototype* yang nantinya dapat meningkatkan kualitas dari tampilan *website* OPAC UNSIKA. Melalui penelitian ini, diharapkan perpustakaan UNSIKA dapat meningkatkan layanan perpustakaan kepada pengguna, sehingga dapat memberikan kontribusi positif dalam mendukung kegiatan akademik dan penelitian di UNSIKA.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini merujuk pada eksplorasi mengenai pendekatan penelitian yang dapat menghasilkan pengetahuan inovatif. Proses pengembangan dilakukan melalui penerapan metode *User Centered Design* (UCD). Metode ini sendiri memiliki empat tahapan yaitu *specify the content of use, specify user requirements, product design solution, and evaluate designs against user requirements*.

### 2.1. Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah dilakukan pengumpulan informasi mengenai *website* OPAC UNSIKA, termasuk penerapan metode dan permasalahan yang ada pada *website* tersebut. Proses ini juga mencakup pembelajaran literatur yang melibatkan kajian pustaka seperti buku, jurnal, dan eksplorasi situs web.

### 2.2. Specify the Context of Use

Tahapan ini untuk memahami pengguna yang akan menggunakan *website* berikut. Dimana proses ini melibatkan identifikasi kelompok pengguna utama serta analisis terhadap situasi dan kondisi di mana pengguna akan berinteraksi dengan *website*. Tujuannya sendiri yaitu untuk mengumpulkan data dan menganalisis informasi tentang situasi pengguna saat ini dan kebutuhan mereka. Tahapan yang dilakukan yaitu dengan melakukan observasi secara langsung terhadap situs web OPAC UNSIKA yang sudah ada, pengamatan pada web ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang menggunakan *website* OPAC UNSIKA. Setelah itu dilakukan penyebaran kuesioner SUS untuk 30 pengguna *website* OPAC UNSIKA, dengan kriteria yaitu seorang mahasiswa yang berkuliah di UNSIKA. SUS atau *System Usability Scale* adalah metode umum dalam pengukuran kebermaknaan (*Usability*) yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat kemudahan penggunaan suatu sistem atau produk [4]. Kuesioner SUS ini berfokus pada identifikasi permasalahan yang sedang dialami pada *website* OPAC UNSIKA. Diharapkan memberikan solusi terhadap permasalahan yang teridentifikasi sebelumnya.

Dilakukan juga wawancara terhadap 5 orang responden sesuai kriteria yang pernah menggunakan *website* OPAC UNSIKA. Wawancara ini menanyakan mengenai permasalahan yang terjadi pada *website*. Kemudian, setelah dilakukan wawancara akan dilakukan *user testing* atau pengujian dengan memberikan skenario tugas kepada partisipan dan dilakukan perekaman layar. Data dari rekaman layar ini yang akan diolah. Data tersebut diolah dengan *performance measurement*. *Performance measurement* merupakan metode evaluasi yang digunakan untuk mengukur seberapa efektif dan efisien aplikasi dalam memenuhi tujuan dan kebutuhan pengguna. Menurut Nielsen pada *Usability Engineering* merekomendasikan bahwa desain dianggap efektif jika tingkat keberhasilan tugas mencapai minimal 80%. Kemudian, untuk efisiensi harus memungkinkan pengguna menyelesaikan

tugas dengan waktu yang singkat dan jumlah langkah yang minimal [5]. Rumus yang digunakan untuk menghitung tingkat keberhasilan responden ditunjukkan pada rumus di bawah ini.

$$\text{Berhasil} = \frac{\text{Jumlah tugas yang berhasil dilakukan}}{\text{Total tugas}} \times 100\% \quad (1)$$

Untuk mengukur tingkat efisiensi, dapat dihitung berdasarkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas dengan sukses. Rumus efisiensi rata-rata waktu per tugas skenario seperti pada rumus di bawah ini.

$$\text{Efisiensi} = \frac{\sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^N \frac{n_{ij}}{t_{ij}}}{NR} \quad (2)$$

Keterangan:

N = total tugas

R = total partisipan

$N_{ij}$  = hasil tugas  $i$  oleh pengguna  $j$ ; jika pengguna berhasil menyelesaikan tugas, maka  $N_{ij} = 1$ . Jika tidak berhasil, maka  $N_{ij} = 0$

$T_{ij}$  = waktu yang diperlukan pengguna  $j$  untuk menyelesaikan tugas  $i$ ; jika tugas tidak berhasil diselesaikan pengguna maka waktu yang diukur sampai saat pengguna berhenti dari tugas.

### 2.3. Specify User Requirements

Pada tahap ini dilakukan pemetaan kebutuhan pengguna berdasarkan wawancara dengan lima partisipan. Dari hasil wawancara, diidentifikasi *user persona* yang mencakup tujuan, kebutuhan, dan *pain points* saat menggunakan *website*. *User persona* untuk pendekatan interaksi antara manusia dan komputer dimana membuat pengembang lebih memahami cara kerja dari *user* terhadap permasalahan yang terjadi [6]. Kemudian *pain points* dianalisis mendalam untuk menyusun solusi desain UI. *Pain point* merujuk pada masalah atau kesulitan yang dialami oleh pengguna ketika menggunakan suatu produk atau layanan. Hal ini akan memberikan wawasan terkait masalah umum yang perlu diatasi.

### 2.4. Product Design Solution

Tahap ini merancang *wireframe website* OPAC UNSIKA berdasarkan analisis sebelumnya. *Wireframe* merepresentasikan struktur dan tata letak antarmuka sesuai kebutuhan pengguna. *Wireframe* adalah teknik yang digunakan dalam desain antarmuka pengguna yang melibatkan gambaran kasar dari tampilan dan fungsi sebagian hal yang diinginkan dalam desain. Setelah itu, dibuat *design system* sebagai panduan visual dan fungsional untuk menjaga konsistensi desain, mencakup palet warna, tipografi, komponen UI, dan pola interaksi. *Design system* adalah kumpulan komponen yang membentuk sistem antarmuka yang menjadikan identitas suatu produk digital atau merek [7]. Berdasarkan *wireframe* dan *design system*, disusun prototipe akhir sebagai tahap dalam dalam siklus pengembangan sistem yang terjadi setelah analisis, dengan kebutuhan fungsional spesifik terdefinisi dan cara sistem yang hendak dibentuk diilustrasikan. *Prototype* sebagai rekomendasi desain untuk meningkatkan pengalaman pengguna OPAC UNSIKA.

### 2.5. Evaluate Designs Against User Requirements

Tahapan ini dilakukan untuk menilai desain yang telah dikembangkan pada tahapan sebelumnya, untuk memastikan apakah desain tersebut memenuhi kebutuhan pengguna. Evaluasi dilakukan dengan dua metode. Pertama, kuesioner disebarakan kepada 30 mahasiswa UNSIKA untuk mengumpulkan umpan balik dan menghitung nilai SUS dari desain rekomendasi prototipe. Kedua, dilakukan *performance measurement* kembali terhadap lima partisipan sebelumnya untuk menguji prototipe baru dan membandingkannya dengan *website* lama melalui serangkaian tugas. Digunakan *tools* Maze pada pengujian ini. Maze merupakan alat untuk mengukur dan menganalisis kegunaan (*usability*) dari prototipe antarmuka pengguna (UI/UX) [8]. Data yang terkumpul digunakan untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi *website* lama dengan desain baru, dan mengidentifikasi peningkatan serta area yang perlu diperbaiki.

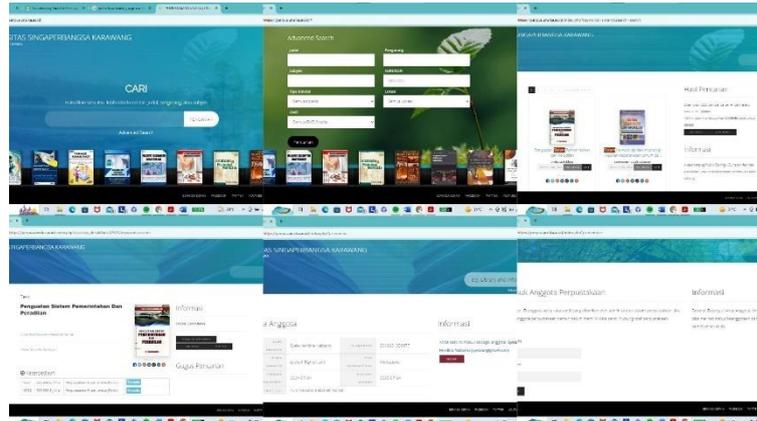
## 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan usulan desain baru untuk antarmuka pengguna pada situs OPAC UNSIKA, bertujuan untuk memperbaiki pengalaman pengguna dan meningkatkan kualitas interaksi di situs tersebut.

### 3.1. Specify the Context of Use

Disajikan hasil observasi, wawancara, dan pengujian usability dengan kuesioner SUS dan Performance Measurement pada *website* OPAC UNSIKA untuk mengidentifikasi konteks pengguna sebagai dasar tahap berikutnya.

### 3.1.1. Hasil Observasi



**Gambar 1.** Tampilan UI *Website* OPAC UNSIKA Saat Ini

Observasi *website* OPAC UNSIKA dilakukan pada 5 Juni 2024 untuk memahami tampilan dan fitur yang tersedia, termasuk kerangka desain, fitur pencarian, dan alur navigasi. Homepage menampilkan logo perpustakaan UNSIKA, navbar menu, dan footer dengan tautan ke media sosial, serta fitur pencarian buku dan opsi advanced search. Halaman Advanced Search memungkinkan pencarian buku berdasarkan judul, penulis, atau ISBN, meskipun tombol pencarian tidak berfungsi dengan baik. Navbar menyajikan menu seperti beranda, warta perpustakaan, info perpustakaan, lokasi, pustakawan, dan tentang SIIMS, disertai opsi bahasa dan tombol untuk menutup navbar. Halaman Search Results menunjukkan hasil pencarian buku dengan elemen cover, judul, penulis, dan tombol detail, serta ikon sosial media dan opsi hasil dalam format XML dan JSON. Detail Cantuman menampilkan informasi tentang buku terpilih, termasuk judul, penulis, cover, dan ketersediaan.

Warta Perpustakaan menyajikan berita dengan tombol "Lanjutan Membaca" yang memiliki efek hover. Halaman Tentang Perpustakaan memberikan informasi mengenai alamat, nomor telepon, jam buka, koleksi, dan keanggotaan. Lokasi Perpustakaan menampilkan pop-up Google Maps untuk menunjukkan lokasi perpustakaan, lengkap dengan tombol untuk menutup halaman. Halaman Login Pustakawan menyediakan kolom untuk username dan kata sandi, serta tombol untuk masuk ke akun. Pada halaman Profil Pustakawan, terdapat informasi pustakawan, termasuk gambar, nama, lokasi, email, dan media sosial. Help On Usage menjelaskan metode pencarian di website, sedangkan Area Anggota menyajikan tabel informasi anggota, pinjaman terkini, dan riwayat peminjaman, serta opsi untuk mengubah kata sandi. Hasil observasi ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai desain antarmuka dan fungsionalitas *website* OPAC UNSIKA.

### 3.1.2. Wawancara

Observasi pengguna terhadap *website* OPAC UNSIKA mengungkapkan beberapa temuan penting. Pengguna mengandalkan *website* ini untuk mencari referensi dan informasi tentang buku yang tersedia di perpustakaan. Namun, banyak dari mereka merasa bingung saat pertama kali menggunakan *website*, terutama dalam berinteraksi dengan fitur-fitur yang ada.

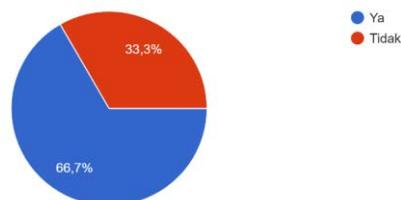
Masalah umum yang dihadapi pengguna termasuk kesulitan dalam menggunakan fitur pencarian buku, tombol yang membingungkan dan tidak berfungsi, serta sulitnya menemukan fitur login. Kurangnya kejelasan kategori buku juga menjadi kendala. Dari segi desain, pengguna menilai *website* terlalu simpel atau kuno, serta menyarankan perbaikan pada layout dan penggunaan elemen desain agar lebih menarik dan mencerminkan identitas UNSIKA.

### 3.1.3. Pengujian *Usability*

Hasil *usability* testing tahap 1 mencakup skor SUS dan performa. Pengujian dilakukan dengan lima peserta dan kuesioner didistribusikan kepada 30 mahasiswa UNSIKA yang menggunakan situs web

OPAC UNSIKA. Metode ini menunjukkan nilai efektivitas, efisiensi, dan kepuasan pengguna terhadap situs web tersebut.

Apakah Anda pernah menggunakan website OPAC UNSIKA sebelumnya?  
30 jawaban



**Gambar 2.** Diagram Pengguna *Website* OPAC UNSIKA

Berdasarkan Gambar 2, dari 30 responden survei, 66,7% telah menggunakan website OPAC UNSIKA sebelumnya, sementara 33,3% belum pernah menggunakannya. Ini menunjukkan bahwa website tersebut cukup penting bagi mahasiswa UNSIKA dalam mengakses katalog perpustakaan. Terdapat dua kelompok pengguna: berpengalaman dan baru. Pengguna berpengalaman memberikan umpan balik mendalam tentang aspek usability seperti efektivitas dan kepuasan, sedangkan pengguna baru memberikan perspektif mengenai kemudahan belajar menggunakan sistem yang belum mereka kenal. Data dari responden baru ini digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana website ini intuitif dan ramah pengguna.

$$x = \frac{\sum x}{n} \quad (3)$$

Keterangan:

x = nilai rata-rata

$\sum x$  = jumlah skor SUS

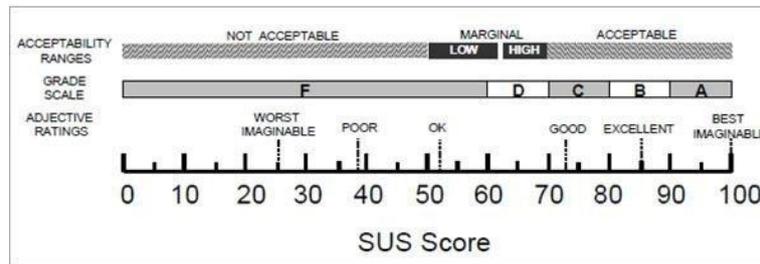
n = jumlah responden

**Tabel 1.** Hasil SUS Sebelum (Responden Berpengalaman)

Responden	PERTANYAAN										SKOR SUS
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
R1	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	82,5
R2	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	10
R3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	2	57,5
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
R18	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	55
R19	1	0	0	1	2	4	2	1	1	2	35
R20	0	0	1	1	0	0	1	2	1	1	17,5
<b>Hasil Skor SUS</b>											<b>48</b>

Dari 30 responden survei, 20 adalah pengguna berpengalaman OPAC UNSIKA. Hasil kuesioner System Usability Scale (SUS) menunjukkan skor rata-rata 48, dengan penilaian 'OK', grade 'F', dan kategori 'not acceptable', yang berada di bawah ambang batas rata-rata usability yang dianggap dapat diterima (68). Skor rendah ini mencerminkan tantangan yang dihadapi pengguna, seperti navigasi sulit, desain antarmuka yang kurang menarik, dan fungsionalitas terbatas. Sesuai dengan skala pada SUS bahwa dinilai *acceptable* jika angka berada minimal 65 ke atas. Oleh karena itu, diperlukan perancangan ulang website agar lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.

**Gambar 3.** User Persona



**Tabel 2.** Hasil SUS Sebelum (Responden Baru)

Responden	PERTANYAAN										SKOR SUS
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
R1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	23
R2	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	50
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
R9	1	0	0	0	1	1	2	0	1	1	18
R10	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	93
<b>Hasil Skor SUS</b>											52

Dari 30 responden survei, 10 adalah pengguna baru yang belum pernah mengakses website OPAC UNSIKA. Hasil kuesioner System Usability Scale (SUS) menunjukkan skor rata-rata 52, dengan penilaian 'Good', grade 'F', dan kategori 'Low', masih di bawah ambang batas rata-rata usability (68). Ini menunjukkan tantangan bagi pengguna baru, seperti kesulitan memahami antarmuka dan navigasi yang tidak intuitif. Menurut Nielsen, kesulitan mempelajari fungsionalitas baru dapat menurunkan kepuasan dan meningkatkan frustrasi. Skor 52 ini menunjukkan perlunya perbaikan desain agar website lebih ramah pengguna, terutama bagi pemula, untuk meningkatkan pengalaman secara keseluruhan.

Hasil tahap ini berupa rekaman layar partisipan saat menjalankan skenario tugas. Data diperoleh dengan memutar kembali rekaman untuk menghitung waktu pengerjaan dan mengevaluasi keberhasilan dalam menyelesaikan tugas.

**Tabel 3.** Hasil Keberhasilan Skenario Desain Saat Ini

Partisipan	Skenario Tugas						Jumlah
	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	
R1	1	0	1	1	0	1	4
R2	1	0	0	1	1	1	4
R3	1	0	1	1	1	1	5
R4	0	0	1	0	0	0	1
R5	0	1	1	0	1	0	3
<b>Total</b>							17

Nilai efektivitas website OPAC UNSIKA saat ini adalah 57%, di bawah rata-rata yang disarankan sebesar 80% menurut teori Nielsen. Efisiensi diukur berdasarkan rata-rata waktu yang dibutuhkan partisipan untuk menyelesaikan skenario tugas dalam detik.

**Tabel 4.** Hasil Waktu Skenario Tugas Desain Saat Ini

Partisipan	Skenario Tugas					
	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
R1	52	59	65	32	16	18
R2	48	69	55	47	22	18
R3	45	71	43	35	11	18

R4	69	132	80	95	30	30
R5	70	31	44	52	17	22
Rata-Rata	56,8	72,4	57,4	52,2	19,2	21,2
Total	47					

Waktu rata-rata penyelesaian tugas di website OPAC UNSIKA adalah 47 detik, menunjukkan bahwa website tersebut kurang efisien. Ini mengindikasikan peluang signifikan untuk meningkatkan kinerja dan kecepatan interaksi agar mencapai standar efisiensi yang lebih baik.

### 3.2. Specify User Requirements

Bagian ini memberikan gambaran singkat mengenai kesulitan pengguna berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Termasuk di dalamnya adalah user persona yang mewakili karakteristik dan kebutuhan pengguna, pain points yang mengidentifikasi masalah utama, serta user flow yang menggambarkan alur interaksi pengguna dengan aplikasi. Elemen-elemen ini akan digunakan dalam perancangan tahap selanjutnya.

#### 3.2.1. User Persona

Hasil user persona mencakup profil pengguna, termasuk tujuan, kebutuhan, dan masalah yang dihadapi, yang disusun berdasarkan wawancara dengan lima partisipan.

Gambar 4. User Persona



#### 3.2.2. Pain Point

Gambar 5. User Persona

Kesulitan pada search	Bingung dengan fitur login	Layout tidak rapi	Tidak tahu buku yang tersedia	Desain yang membingungkan
Kesulitan dengan advanced search	Desain yang terlalu simpel	Kurangnya koleksi buku	Icon dan button yang diganti	Layout yang membingungkan
Tampilan kurang menarik	Font dan warna yang tidak sesuai	Button yang tidak berguna	Ikno yang kuno	Menu redundan
Kesulitan memahami antarmuka	Tidak ada petunjuk yang jelas	Pencarian yang kurang spesifik	Desain yang terlalu sederhana	Menu yang terlalu banyak
Kesulitan memahami fitur	Button yang tidak berfungsi	Menu yang terlalu banyak	Kesulitan menemukan login	Desain yang kurang menarik

Pain point yang ditampilkan pada Gambar 4 berisi hasil wawancara dengan lima partisipan dan diidentifikasi melalui observasi serta diskusi langsung, memberikan wawasan tentang pengalaman pengguna yang kurang memuaskan. Warna pada setiap pain point membedakan jawaban responden.

Setelah itu, affinity diagram di Gambar 4 mengelompokkan masalah ke dalam empat kategori utama: Desain & Tata Letak (masalah layout, desain membingungkan, tampilan kurang menarik), Navigasi dan Antarmuka (kesulitan penggunaan fitur pencarian dan login), Fungsionalitas (tombol dan ikon yang tidak berfungsi), serta Konten dan Informasi (keterbatasan informasi buku dan kurangnya panduan penggunaan). Diagram ini membantu mengidentifikasi pola dan tren utama untuk perencanaan tindakan perbaikan yang lebih terarah.

Masalah utama yang teridentifikasi pada website OPAC UNSIKA meliputi beberapa aspek. Pertama, pada desain dan tata letak, terdapat masalah dengan layout yang tidak rapi dan membingungkan. Solusinya mencakup pengubahan beranda menjadi koleksi buku, penggunaan navbar alih-alih tombol hamburger menu, dan penempatan elemen pencarian di tengah halaman. Selain itu, desain visual perlu ditingkatkan dengan menggunakan background UNSIKA, memperjelas elemen desain seperti search box, dan memperbarui tampilan agar lebih menarik. Kedua, di bagian navigasi dan antarmuka, terdapat masalah menu yang terlalu banyak dan sulitnya menemukan fitur login. Untuk memperbaikinya, menu terkait informasi perpustakaan akan digabungkan, dan menu login akan dipisahkan agar lebih mudah diakses. Juga, fitur pencarian perlu diperbaiki dengan memperjelas dan memperbesar search bar, serta menjadikan advanced search lebih terlihat.

Ketiga, dalam fungsionalitas, terdapat tombol dan ikon yang tidak berguna atau tidak berfungsi. Solusi meliputi penghapusan tombol yang tidak perlu dan penggunaan desain ikon yang seragam. Terakhir, dalam hal konten dan informasi, kurangnya akses dan informasi mengenai koleksi buku menjadi masalah. Oleh karena itu, perlu dibuat menu "Koleksi Buku" dan fitur help desk untuk memberikan panduan penggunaan yang jelas kepada pengguna.

### 3.3. Produce Design Solutions

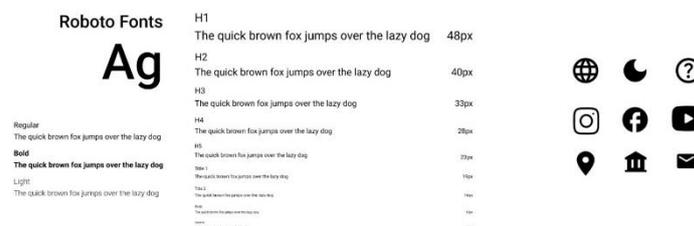
Produce design solutions terdiri dari tiga bagian utama. Pertama, ada wireframe low-fidelity, yang merupakan sketsa kasar antarmuka web. Kedua, terdapat design system yang berfungsi sebagai acuan untuk desain prototipe. Ketiga, prototipe user interface high-fidelity, yang merupakan representasi visual yang lebih detail dan realistis dari wireframe.

#### 3.3.1. Perancangan Wireframe

Wireframe low-fidelity disajikan sebagai dasar untuk rekomendasi perbaikan website OPAC UNSIKA. Ini berfungsi sebagai representasi visual awal dari tata letak dan struktur komponen utama, mengorganisir elemen penting seperti menu navigasi, fitur pencarian, kategori buku, dan area konten secara intuitif. Wireframe ini membantu mengeksplorasi desain, mengidentifikasi masalah potensial, dan memastikan implementasi fitur sebelum tahap berikutnya.

Halaman beranda menampilkan search bar di tengah dan beberapa tombol kategori buku. Halaman pencarian menunjukkan buku-buku sesuai kata kunci dengan gambar cover, judul, penulis, dan keterangan, serta tombol untuk halaman berikutnya. Halaman detail buku mencakup cover, judul, penulis, deskripsi, dan tabel ketersediaan. Halaman tentang menyajikan informasi mengenai sejarah dan fungsi perpustakaan, sementara halaman sign up dan login memfasilitasi pendaftaran dan akses anggota. Halaman profil menyajikan informasi anggota dan riwayat peminjaman, serta halaman help desk untuk pertanyaan. Header dan footer menyertakan logo, navigasi, dan informasi kontak perpustakaan.

#### 3.3.2. Design System



Gambar 6. Design System

Design system untuk UI OPAC UNSIKA disajikan untuk menciptakan tampilan yang konsisten, profesional, dan mudah digunakan, mencerminkan identitas UNSIKA. Sistem ini menjadi acuan dalam pengembangan dan pemeliharaan UI, memastikan keseragaman visual dan pengalaman pengguna yang optimal. Font Roboto dipilih untuk memberikan tampilan modern, bersih, dan mudah dibaca. Warna biru (#0b3174) digunakan sebagai warna primer untuk menciptakan kesan profesional, sedangkan warna kuning (#f2b209) sebagai warna sekunder menambah aksen cerah dan menarik. Warna abu-abu (#cbcbcb) berfungsi sebagai warna netral, sedangkan hitam (#000000) dan putih

(#FFFFFF) meningkatkan kontras dan keterbacaan. Komponen button, text field, drop-down, dan ikon diambil dari berbagai plugin di Figma untuk memperkaya desain prototipe OPAC UNSIKA.

### 3.3.3. Prototipe



Gambar 7. Prototipe Halaman Beranda

Wireframe yang telah dirancang dikembangkan menjadi prototipe user interface menggunakan Figma dengan ukuran layer 1440x1024 piksel, optimal untuk tampilan desktop. Prototipe ini menambahkan detail visual dan interaksi, dengan warna primer biru dan sekunder kuning yang sesuai dengan identitas UNSIKA. Halaman beranda menampilkan tulisan selamat datang dan ikon media sosial, bersama navigation bar yang mencakup menu Beranda, Koleksi, dan Tentang. Terdapat button untuk login dan daftar, dilengkapi efek hover untuk interaktivitas. Search bar dengan button cari memungkinkan pengguna mencari buku, sementara koleksi buku yang tersedia ditampilkan dengan deskripsi saat kursor mendekati. Footer berisi informasi kontak dan akses cepat ke link penting.



Gambar 8. Prototipe Koleksi Buku

Halaman Tentang memberikan informasi mengenai sejarah, visi, dan misi perpustakaan. Prototipe pencarian lanjutan menyediakan text field untuk pencarian detail, sementara hasil pencarian menampilkan gambar cover, judul, pengarang, dan keterangan buku.



Gambar 9. Prototipe Tentang

Halaman help desk memudahkan pengguna mengajukan pertanyaan, dan halaman daftar/sign up memfasilitasi pendaftaran.



Gambar 10. Prototipe Pencarian Buku

Setelah login, pengguna diarahkan ke halaman profil yang menampilkan informasi pinjaman. Desain ini bertujuan meningkatkan kenyamanan, aksesibilitas, dan kepuasan pengguna dalam menggunakan OPAC UNSIKA.



Gambar 11. Prototipe Login

### 3.4. Evaluate Designs Against User Requirements

Data hasil pengujian dan evaluasi desain rekomendasi perbaikan dalam bentuk prototipe high-fidelity disajikan dengan skor SUS dan data performance measurement. Usability testing menggunakan SUS melibatkan 30 responden, sedangkan pengujian tahap kedua untuk performance measurement dilakukan pada 5 partisipan yang telah diwawancarai sebelumnya. Pengujian kedua menggunakan platform Maze untuk menilai apakah desain rekomendasi dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan website.

#### 3.4.1. System Usability Scale (SUS)

Hasil kuisisioner untuk mengevaluasi kepuasan pengguna terhadap rekomendasi perbaikan desain disajikan, diikuti oleh 30 partisipan mahasiswa Unsika dari berbagai fakultas dan program studi. Terdiri dari 20 responden yang pernah menggunakan website OPAC UNSIKA dan 10 yang belum, data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode SUS.

Tabel 5. Hasil SUS Desain Rekomendasi (Pengguna Berpengalaman)

Responden	PERTANYAAN										SKOR SUS
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
R1	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	80
R2	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	95
R3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	1	63
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
R19	4	2	3	1	2	3	3	4	2	2	65
R20	3	2	4	2	3	3	3	4	4	2	75
<b>Hasil Skor SUS</b>											<b>82</b>

Setelah perancangan ulang website OPAC UNSIKA, hasil kuisisioner SUS dari 20 responden pengguna berpengalaman menunjukkan skor rata-rata 82, dengan penilaian "Excellent," grade scale "B," dan acceptability "Acceptable." Skor ini memberikan indikasi positif untuk pengembangan lebih lanjut, mendukung adopsi dan penggunaan website oleh mahasiswa UNSIKA.

**Tabel 6.** Hasil SUS Desain Rekomendasi (Pengguna Baru)

Responden	PERTANYAAN										SKOR SUS
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
<b>R1</b>	4	4	3	2	1	1	2	4	3	3	68
<b>R2</b>	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	50
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>R9</b>	3	3	2	0	1	3	2	4	3	2	58
<b>R10</b>	3	3	3	3	4	4	3	3	3	1	75
<b>Hasil Skor SUS</b>											73

Setelah perancangan ulang website OPAC UNSIKA, kuesioner SUS dari 10 responden pengguna baru menunjukkan skor rata-rata 73 dengan penilaian "Good," grade scale "C," dan acceptability "High Marginal," mencerminkan peningkatan dari skor awal 52. Perubahan desain, seperti penyederhanaan navigasi dan penambahan petunjuk, membantu pengguna baru beradaptasi. Skor keseluruhan SUS mencapai 79, yang menempatkan website pada penilaian "Excellent," grade scale "C," dan acceptability "Acceptable." Hasil ini menunjukkan perbaikan desain yang signifikan, meningkatkan kualitas website dan menarik minat pengguna baru di kalangan mahasiswa. Platform Maze digunakan untuk menguji prototipe dan mengevaluasi keberhasilan partisipan dalam menyelesaikan skenario tugas. Efektivitas diukur dengan memberikan nilai "1" jika tugas berhasil diselesaikan dan "0" jika gagal. Pengujian ini bertujuan menilai sejauh mana desain yang direkomendasikan meningkatkan kemudahan penggunaan website.

**Tabel 7.** Hasil Keberhasilan Skenario Desain Saat Ini

Partisipan	Skenario Tugas									Jumlah
	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	
R1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
R2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
R3	1	0	1	0	1	1	1	1	1	7
R4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
R5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
<b>Total</b>										41

Nilai efektivitas website OPAC UNSIKA versi rekomendasi mencapai 91,1%, menunjukkan peningkatan signifikan dalam memudahkan pengguna menyelesaikan tugas, dibandingkan dengan nilai sebelumnya yang hanya 57%. Kenaikan 34,1% ini menandakan bahwa perbaikan yang diterapkan berhasil mengoptimalkan pengalaman pengguna dan kinerja website secara keseluruhan. Efisiensi diukur berdasarkan rata-rata waktu yang dibutuhkan partisipan untuk menyelesaikan skenario tugas dalam detik.

**Tabel 8.** Hasil Waktu Skenario Tugas Desain Rekomendasi

Partisipan	Skenario Tugas								
	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9
R1	2,6	13,4	4,7	3,7	15,8	15,0	46,0	9,8	9,6
R2	15,4	25,1	9,0	8,5	25,0	11,4	39,8	22,5	15,3
R3	11,8	33,2	7,8	22,2	45,4	12,6	38,7	17,9	21,0
R4	21,1	11,9	3,7	5,1	11,4	8,6	34,3	13,5	5,7
R5	2,1	4,5	2,4	2,3	12,6	3,7	13,3	13,6	2,6
Rata-Rata	10,6	17,6	5,5	8,4	22,0	10,3	34,4	15,5	10,8
Total	15								

Dalam analisis efisiensi usability website OPAC UNSIKA, waktu rata-rata penyelesaian tugas dengan desain rekomendasi menunjukkan perbaikan signifikan, yaitu 15 detik, dibandingkan 47 detik pada desain saat ini. Ini menunjukkan bahwa desain rekomendasi meningkatkan efisiensi pengguna, mengurangi waktu penyelesaian tugas, dan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Berikut adalah perbandingan pengujian usability untuk tiga aspek: effectiveness, efficiency, dan satisfaction.

**Tabel 9.** Hasil Perbandingan Usability

Aspek	Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Perubahan
<i>Effectiveness</i> (%)	57%	91,1%	Mengalami kenaikan efektivitas sebesar 34,1%
<i>Efficiency</i> (detik)	47 detik	15 detik	Mengalami perubahan kecepatan dengan lebih cepat sebesar 32 detik
<i>Satisfaction</i> (SUS)	<i>SUS Score: 48</i> <i>Grade Scale: F</i> <i>Adjective Ratings: OK</i> <i>Acceptability Ranges: Not Acceptable</i>	<i>SUS Score: 82</i> <i>Grade Scale: B</i> <i>Adjective Ratings: Excellent</i> <i>Acceptability Ranges: Acceptable</i>	Mengalami kenaikan skor SUS sebesar 34 dan menjadi <i>acceptable</i>
<i>Learnability</i> (SUS)	<i>SUS Score: 52</i> <i>Grade Scale: F</i> <i>Adjective Ratings: OK</i> <i>Acceptability Ranges: Not Acceptable</i>	<i>SUS Score: 73</i> <i>Grade Scale: C</i> <i>Adjective Ratings: Good</i> <i>Acceptability Ranges: High Marginal</i>	Mengalami kenaikan skor untuk pengguna baru sebesar 21 dan menjadi <i>High Marginal</i>

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai usability website OPAC UNSIKA dengan metode User Centered Design (UCD), dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada website sebelum dilakukan re-desain, hasil uji kegunaan (usability testing) pertama menunjukkan nilai SUS sebesar 52, yang masih berada di bawah standar minimal 65 pada skala SUS untuk dapat dianggap sebagai website dengan tingkat kegunaan yang cukup. Dalam hal efektivitas, tercatat bahwa nilai yang diperlukan untuk mencapai tingkat efektivitas yang memadai adalah minimal 80%. Di sisi lain, efisiensi website perlu ditingkatkan dengan memperpendek waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas pada fitur-fitur yang ada. Selain itu, hasil uji learnability menunjukkan nilai 52, yang mengindikasikan bahwa pengguna baru masih mengalami kesulitan dalam memahami cara penggunaan website. Berdasarkan temuan-temuan ini, perancangan ulang website diperlukan untuk meningkatkan aspek-aspek tersebut
2. Perbandingan antara desain awal dan rekomendasi menunjukkan peningkatan signifikan: efektivitas naik dari 57% menjadi 91,1%, waktu penyelesaian tugas berkurang dari 47 detik menjadi 15 detik, kepuasan pengguna meningkat dengan skor SUS dari 48 (Grade F) menjadi 82 (Grade B), dan learnability dari 52 ke 73, mencerminkan perbaikan besar dalam kualitas pengalaman pengguna.

#### Referensi

- [1] A. Muqoddas, A. Farantika Yogananti, and H. Bastian, "Usability User Interface Desain pada Aplikasi Ecommerce." [Online]. Available: <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/andharupa>
- [2] R. S. Ainul Wildan, R. Adam Rajagede, and R. Rahmadi, "Analisis Sentimen Politik Berdasarkan Big Data dari Media Sosial Youtube: Sebuah Tinjauan Literatur."
- [3] I. Ulya Ahyati and R. Novyanti, "Positif: Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi DESAIN MEDIA PEMBELAJARAN KEAMANAN DIGITAL UNTUK PELAKU UMKM DENGAN METODE USER CENTERED DESIGN (UCD)".
- [4] Riza, "MENGUKUR KEPUASAN PENGGUNA SISTEM INFORMASI BIMBINGAN KONSELING (E-BK) MENGGUNAKAN SYSTEM USABILITY SCALE (SUS) DI SMK NEGERI 1 BANDA ACEH."

- [5] M. Zakiyamani and L. Parlingotan Manik, "USABILITY APLIKASI KEBENCANAAN DI INDONESIA DENGAN USABILITY TESTING DAN SISTEM USABILITY SCALE USABILITY DISASTER APPLICATIONS IN INDONESIA WITH USABILITY TESTING AND USABILITY SCALE SYSTEM," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 5, no. 2, 2022.
- [6] S. Rizka Anggraeni and W. A. Kusuma, "ANALISIS KEBUTUHAN PENGGUNA LEARNING MANAGEMENT SYSTEM TERHADAP PEMBELAJARAN JARAK JAUH MENGGUNAKAN METODE USER PERSONA," 2021.
- [7] S. Huldani and A. Finandhita, "PENGEMBANGAN DESIGN SYSTEM PADA PERANGKAT LUNAK IBID DENGAN PENDEKATAN ATOMIC DESIGN," 2021.
- [8] R. Rotama Marbun *et al.*, "PERANCANGAN USER INTERFACE/USER EXPERIENCE (UI/UX) WEBSITE HELPMEONG UNTUK SHELTER MENGGUNAKAN METODE GOAL-DIRECTED DESIGN."

*This page is intentionally left blank.*

# Prototype Penuangan Air Minum Otomatis pada Dispenser

Firdaus Latan Hoseir<sup>a1</sup>, Rama Apriando<sup>a2</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer,  
Universitas Muhammadiyah Kotabumi  
Jl. Raya Prokimal No.267, Sindang Sari, Kec. Kotabumi, Kabupaten Lampung Utara, Lampung,  
Indonesia

[12259201012@umko.ac.id](mailto:12259201012@umko.ac.id)

[22259201023@umko.ac.id](mailto:22259201023@umko.ac.id)

## Abstract

*Automation technology has become a characteristic of every modern item, because with this automation technology it will facilitate human activities and become a benchmark or standard for modern tools including the process of pouring drinking water. So far, when we want to use a dispenser, we have to wait for the water to fill up first and then turn off the tap lever manually. The thermostat on the dispenser can also cause a fire if the water cannot be monitored. This is evident from the fire incident on Sunday, January 19, 2025 at around 17.18 WIB at the Kalam Kudus Christian School located at the Kasin intersection, Klojen District, Malang City. Because of this incident, the school suffered a loss of up to IDR 50 million. The method used is the prototype method, this method is linear with the IoT project and supports the smoothness of the sensor integration process because it has stages of forming a repetitive cycle that allows for gradual improvement. Thus, the results of this study are in the form of a tool that can solve the above problems through features created by several sensors and increase modern technological innovation from water dispensers.*

**Keywords:** Drinking water pouring, Automation, IoT, prototype method.

## Abstrak

Teknologi otomatisasi telah menjadi ciri khas pada setiap barang modern, karena dengan adanya teknologi otomatisasi ini akan mempermudah kegiatan manusia dan menjadi tolak ukur atau standar untuk alat modern termasuk proses penuangan air minum. Selama ini ketika kita ingin menggunakan dispenser, kita harus menunggu airnya untuk penuh terlebih dahulu kemudian mematikan tuas kerannya secara manual. *Thermostat* pada dispenser juga bisa saja menyebabkan kebakaran jika airnya tidak dapat dipantau. Hal ini terbukti dari kejadian kebakaran pada hari Minggu, 19 Januari 2025 sekitar pukul 17.18 WIB di Sekolah Kristen Kalam Kudus yang berada di pertigaan Kasin, Kecamatan Klojen, Kota Malang. Karena kejadian itu, sekolah menerima kerugian mencapai Rp 50 juta. Metode yang digunakan adalah metode *prototype*, metode ini linear dengan proyek IoT serta mendukung kelancaran dalam proses penggabungan sensor karena memiliki tahapan membentuk suatu siklus berulang yang memungkinkan penyempurnaan bertahap. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini berupa alat yang dapat menyelesaikan masalah di atas melalui fitur yang tercipta oleh beberapa sensor serta meningkatkan inovasi teknologi modern dari dispenser air.

**Kata kunci:** Penuangan air minum, Otomatisasi, IoT, metode prototipe.

## 1. Pendahuluan

Dispenser merupakan alat yang berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air secara praktis dan higienis. Mengikuti perkembangan zaman, dispenser tersedia dalam berbagai jenis dimulai dari yang manual sampai dengan yang otomatis. Menurut Albet (2014), otomatis adalah suatu kegiatan yang berjalan sesuai dengan harapan tanpa campur tangan manusia secara langsung [1]. Walaupun otomatis, kebanyakan dispenser air otomatis masih memerlukan

interaksi manual, seperti memantau air di gelas yang akan membuat pengguna hanya dapat berfokus ke dispenser air saja. Belum banyak dispenser air otomatis yang terhubung ke perangkat IoT. *Internet of Things* (IoT) adalah konsep komputasi tentang objek sehari-hari yang terhubung ke internet dan mampu mengidentifikasi diri ke perangkat lain [2], [3], [4]. Dengan adanya kolaborasi antara penuangan air otomatis dengan sistem IoT akan membuat proses pengisian air menjadi lebih terpantau serta meningkatkan nilai inovatifnya.

Dalam membentuk penelitian ini, terdapat beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi, acuan, serta pembanding. Perbedaan yang peneliti temukan menimbulkan inovasi baru untuk mengembangkan sistem penuangan air otomatis, seperti perbedaan pada platform penelitian di mana peneliti Aditya Karyadi Kusuma [5] yang tidak menyebutkan secara spesifik tetapi sudah terintegrasi dengan basis data dan web server, pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Abdul Aziz [6] menggunakan NodeMCU ESP32 di mana serupa dengan ESP32 tetapi lebih sederhana, kemudian pada penelitian Muhammad Isra [7] lebih memilih menggunakan NodeMCU ESP8266 tetapi memiliki keterbatasan dalam hal daya komputasi dibandingkan dengan ESP32, pada penelitian Rizki Kurnia [8] memilih Arduino di mana kurang mendukung perangkat IoT tanpa adanya modul tambahan, dan Ryan Laksmana Singgeta [9] menggabungkan antara RFID MFRC522 dengan ESP32 sehingga lebih spesifik ke arah penggunaan RFID.

Perbedaan selanjutnya terletak pada fungsi utama penelitian, Aditya Karyadi Kusuma [5] lebih menekankan pada dispenser pintar berbasis data dan web server untuk melakukan manajemen data atau memantau penggunaan air minum, Muhammad Abdul Aziz [6] memiliki tujuan pada pengembangan perangkat dispenser dengan fitur IoT yang umum seperti otomatis tetapi masih membutuhkan campur tangan manusia saat mengisi air yang dapat menyebabkan air tumpah atau pengguna tidak bisa fokus untuk pekerjaan lainnya, penelitian Muhammad Isra [7] membuat *prototype automatic water depot* yang hanya berorientasi pada fisik prototipe saja, Sedangkan Rizki Kurnia [8] mengembangkan penuangan air otomatis berbasis Arduino tetapi tidak mempertimbangkan sensor jenis atau ukuran gelasnya, dan Ryan Laksmana Singgeta [9] melakukan *monitoring* penggunaan air pada *multiple* dispenser.

Kemudian dalam hal penggunaan IoT itu sendiri, Aditya Karyadi Kusuma [5] IoT digunakan untuk pengisian otomatis berbasis data dan juga web server, Muhammad Abdul Aziz [6] menggunakan IoT untuk dispenser otomatis saja atau melakukan penuangan secara otomatis saja, Muhammad Isra [7] menerapkan IoT untuk memantau ketersediaan air pada sistem depot, Rizki Kurnia [8] hampir sama dengan sebelumnya hanya melakukan pengisian air otomatis tetapi masih harus membutuhkan perhatian pengguna, serta penelitian sebelumnya [9] lebih digunakan untuk banyak dispenser air, jadi bukan hanya 1 jenis saja.

Perbedaan selanjutnya dapat ditemukan pada fitur utama dan teknologi pendukungnya, yakni pada Aditya Karyadi Kusuma [5] hanya mengandalkan *database* dan web server saja sebagai teknologi pendukungnya, sedangkan Muhammad Abdul Aziz [6] menggunakan perangkat seperti Sensor Ultrasonik HC-SR04, Pompa Air 12V, LCD 16x2 i2c, Adaptor 12V, untuk Muhammad Isra [7] mengaplikasikan sensor *non-contact liquid* untuk memantau cairan, sedangkan Rizki Kurnia [8] mencakup perangkat keras seperti Arduino Uno R3 s, NodeMCU V3, Buzzer, Sensor ultrasonik, LCD i2c 16x2, *Water Pump*, Relay, DFMini Player, *Breadboard*, Jumper untuk fungsi dasarnya, dan Ryan Laksmana Singgeta [9] mengintegrasikan RFID MFRC522 untuk identifikasi pengguna. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Perbandingan penelitian

Kategori	Penelitian Penulis	Aditya Karyadi Kusuma [5]	Muhammad Abdul Aziz [6]	Muhammad Isra [7]	Rizki Kurnia [8]	Ryan Laksmana Singgeta [9]
Platform Pengembangan	ESP32	-	NodeMCU ESP32	NodeMCU ESP8266	Arduino	RFID MFRC522 & ESP32130
Fokus Utama Penelitian	penuangan air otomatis berdasarkan jenis gelas	Dispenser pintar dengan basis data dan <i>website</i> server	Pengembangan perangkat dispenser dengan fitur IoT	<i>Prototype automatic water depot</i>	Penuangan air otomatis berbasis Arduino	<i>Monitoring</i> penggunaan air minum pada <i>multiple</i> dispenser
Penggunaan IoT	IoT digunakan untuk mendeteksi jenis gelas serta terintegrasi dengan web server	IoT untuk pengisian otomatis dengan basis data dan web server	IoT untuk dispenser otomatis secara umum	IoT untuk memantau ketersediaan air	IoT untuk dispenser otomatis secara umum	IoT untuk <i>monitoring</i> air minum pada banyak dispenser
Metode Pengembangan	Metode <i>Prototype</i>	-	Metode <i>Prototype</i>	Metode <i>Prototype</i>	Metode <i>Prototype</i>	-
Fitur Utama dan Teknologi Pendukung	6 Sensor Ultrasonik, 2 Servo Motor, LCD IC2, Relay, Buzzer Aktif, Dan Website	<i>Database</i> and web server	Nodemcu ESP32, Modul RFID RC522, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Pompa Air 12V, LCD 16x2 I2c, Adaptor 12V	Board Nodemcu ESP8266, Sensor Non-Contact Liquid	Arduino Uno R3 S, Nodemcu V3, Buzzer, Sensor Ultrasonik, LCD I2c 16x2, Water Pump, Relay, Dfmini Player, Breadboard, Jumper.	RFID MFRC522

Perbandingan ini dilakukan untuk menemukan kebaruan serta dasar yang kuat bagi penelitian. Karena dengan membandingkan platform, fokus utama, penggunaan IoT, metode pengembangan, serta fitur dan teknologi pendukung dari penelitian sebelumnya, peneliti dapat menemukan celah atau kekurangan yang bisa dijadikan sebagai bentuk optimalisasi dan pengembangan alat untuk dapat menjadi lebih baik dari sebelumnya.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *prototype* sebagai metode perancangannya dan hasil akhirnya berupa alat dan *website*. Metode *prototype* dipilih karena pendekatannya yang fleksibel dan juga interaktif, setiap tahapannya memungkinkan pengembang untuk merancang, menguji, serta memperbaiki masalah secara bertahap yang sangat cocok untuk pembuatan alat IoT karena memerlukan pengujian berulang terhadap komponennya, dimulai dari mikrokontroler sampai sensor. Selain itu tujuan peneliti menggunakan metode *prototype* adalah supaya setiap kali pengembangan *web site*-nya selesai, memungkinkan pengembang dan calon pemakai untuk saling berdiskusi terkait keberlanjutannya [10]. Di bawah ini gambar dari tahapan-tahapan yang ada pada metode *prototype*.



**Gambar 1.** Tahapan-tahapan metode *prototype*

Secara umum tahapannya dimulai dari *communication* atau tahapan di mana pengembang berkomunikasi dengan pengguna akhir secara instens untuk membahas mengenai kebutuhan yang diinterprestasikan ke alat atau sistem dan mengidentifikasi masalah serta informasi lainnya yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem [11], tetapi pada tahapan ini peneliti melakukan beberapa tahapan yakni pengamatan teknologi, studi literatur, identifikasi kebutuhan potensial, dan diskusi internal. Kemudian dilanjutkan ke tahap selanjutnya yakni perencanaan *quick plan*, tahap ini digunakan untuk menentukan sumber daya, dilanjutkan dengan menentukan rincian untuk pengembangan berdasarkan kebutuhan sistem dan menentukan tujuan berdasarkan hasil kesepakatan agar pengembangan sistem dapat sesuai dengan yang diinginkan *client*. Kemudian dilanjutkan ke tahap *modelling* dan *quick design*, di mana peneliti merancang model aplikasi yang dibutuhkan dengan waktu yang efektif untuk mendeskripsikan kebutuhan klien berdasarkan analisis yang telah dilakukan sebelumnya [12]. Dalam tahap ini, peneliti menggunakan aplikasi *figma* dan *fritzing* untuk membuat desain kerangka aplikasi. Kemudian dilanjutkan ke tahap *contruction of prototype* Tahap ini dilakukan dengan pembuatan alat dan *website* berdasarkan data dan *design* yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Setelah itu, masuk ke tahap *deployment delivery and feedback*, tahap ini dilakukan untuk mendapatkan umpan balik dari pengguna sebagai hasil evaluasi dari tahap sebelumnya. Umpan balik akan diproses kemudian diimplementasikan dan menyempurnakan rancangan sistem informasi penjualan yang dikembangkan [13]. Berikut implementasinya:

### 2.1. **Communication (Komunikasi)**

Tahapan pertama pada metode *prototype* adalah komunikasi. Komunikasi adalah proses di mana seorang komunikator menyampaikan ide, gagasan, atau pemikiran kepada komunikan melalui media yang efisien, sehingga komunikan memahami makna yang disampaikan dan mengalami perubahan perilaku sesuai dengan tujuan komunikator [14]. Pada tahapan ini, kami melakukan beberapa tahapan, yakni:

- a. Pengamatan teknologi  
Pada tahapan ini peneliti melakukan pengamatan terhadap teknologi lama yang bisa digabungkan dengan teknologi baru, salah satunya adalah IoT. Peneliti mengamati lingkungan sekitar atau observasi acak dimulai dari peralatan rumah tangga sampai perlengkapan perkantoran. Setelah melakukan pengamatan di banyak tempat, peneliti memilih untuk melakukan *upgrade* alat yakni penuangan air minum otomatis atau dispenser otomatis.
- b. Studi literatur  
Peneliti melakukan studi literatur di berbagai tempat, dimulai dari perpustakaan Universitas Muhammadiyah Kotabumi sampai dengan Google Scholar terkait alat yang akan dibuat.
- c. Identifikasi kebutuhan potensial

Berdasarkan hasil dari studi literatur, penulis melakukan beberapa kesimpulan, dimulai dari fitur yang akan ditambahkan, penggunaan *website*, dan penggunaan sensor tambahan.

d. Diskusi internal

Diskusi internal perlu dilakukan untuk kelancaran proyek, akhir dari tahapan diskusi ini akan menjadi rencana sementara sebelum masuk ke tahapan perencanaan.

## 2.2. Quick Plan (Perencanaan)

Perencanaan adalah proses sistematis yang melibatkan penetapan tujuan, identifikasi sumber daya yang dibutuhkan, pengembangan strategi, dan penentuan langkah-langkah konkret yang harus diambil untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan [15]. Hasil dari diskusi *internal* akan didiskusikan kembali untuk memastikan semuanya sudah sesuai dan alat akan sesuai dengan tujuan. Berikut hasil dari tahapan perencanaan:

a. Identifikasi tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat penuangan air otomatis yang dilengkapi dengan fitur yang telah ditetapkan dan dapat menyelesaikan masalah yang dialami oleh pengguna serta terintegrasi dengan web server untuk melakukan pemantauan dan menampilkan peringatan.

b. Penetapan ruang lingkup

1. Fitur-fitur utama

Berikut daftar fitur yang akan diimplementasikan ke alat:

- 1) Otomatisasi tuas keran dispenser air,
- 2) Mampu mengidentifikasi jenis gelas,
- 3) Pemantauan penggunaan air di web server dan pemantauan isi galon secara langsung di dispenser air,
- 4) Mematikan alat otomatis ketika kondisi tertentu terpenuhi.

2. Batasan penelitian

- 1) Dispenser air yang digunakan adalah dispenser air tuas dua.
- 2) Bahasa yang digunakan untuk program ESP32 adalah C++ dan menggunakan Arduino IDE sebagai *text editor*.
- 3) Halaman web menggunakan *framework flask* dari bahasa pemrograman *python*.

c. Penentuan peralatan (*hardware* dan *software*)

Berikut merupakan daftar peralatan yang dibutuhkan:

1. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler dengan *board mikrokontroler* 32 bit yang tertanam jaringan wifi yang di *support* protokol jaringan wifi 802.11 b/g/n dengan frekuensi 2.4 GHz dan teknologi *bluetooth* v4.2 serta *chip Bluetooth low energy* (BLE). ESP32 dipopulerkan oleh *Espressif System* di mana merupakan generasi lanjutan dari 16 mikrokontroler. ESP8266 ini sangat mendukung dalam pembuatan sistem aplikasi *Internet of Things* (IoT) [16].

2. HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor pendeteksi jarak suatu benda dengan pembacaan minimal 2 cm hingga 400 cm. Gelombang suara ultrasonik yang dipancarkan oleh sensor (*transmitter*) akan dipantulkan oleh objek yang berada di depan sensor, dan kemudian diterima kembali oleh sensor (*receiver*). Waktu yang dibutuhkan untuk gelombang suara kembali ke sensor digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dan objek. Disebut sebagai Sensor Ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang suara [17].

3. Motor servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo [18].

4. Lcd I2C

Dalam rangkain ini menggunakan alat tambahan IC2, IC2 adalah sebuah alat tambahan untuk mengefisienkan rangkaian LCD 16x2 yang mempunyai 4 Pin yaitu

VCC, GND, SCL, SDA. Pin tersebut disambungkan ke Arduino UNO dengan memakai kabel jumper [19].

5. Kabel jumper  
Kabel jumper adalah kabel elektrik yang digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen di *breadboard* atau papan Arduino tanpa perlu menyolder. Biasanya, kabel jumper dilengkapi dengan pin di setiap ujungnya [20].
6. *Breadboard*  
*Breadboard* adalah papan yang dapat digunakan untuk membuat rangkaian elektronik sederhana. *Breadboard* biasanya terbuat dari plastik dan memiliki banyak slot untuk dihubungkan dengan pin dari komponen IoT lainnya. Slot tersebut membentuk pola yang didasarkan pada pola jaringan di dalamnya. *Breadboard* dapat digunakan sebagai media penghubung antara komponen IoT [21].
7. Kawat  
Kawat adalah suatu bahan yang terbuat dari logam seperti tembaga, baja, atau aluminium. Kawat dapat digunakan di berbagai keperluan, seperti membuat kerajinan, komponen elektronik, atau digunakan sebagai penghantar listrik.
8. Solder  
Solder adalah salah satu alat pemanas yang digunakan untuk melelehkan *teno* sehingga bisa digunakan untuk menghubungkan kaki komponen dengan PCB (*printed circuit board*) [22].
9. Kabel tipis  
Kabel adalah alat yang digunakan untuk mengalirkan listrik dari sumber tegangan ke konsumen, karena kabel memiliki tegangan yang berbeda-beda menyebabkan terjadinya perpindahan energi dari potensial tinggi ke potensial yang lebih rendah [23].
10. Arduino IDE  
Arduino IDE adalah perangkat lunak *open source* untuk menulis kode pada mikrokontroler Arduino, berfungsi di Windows, Mac, dan Linux. Memiliki fitur *toolbar* untuk menghubungkan program dengan mikrokontroler, program disebut *sketches* [24], [25], [26].
11. Visual Code  
Visual Studio Code adalah *software* yang sangat ringan, namun kuat editor kode sumbernya yang berjalan dari desktop. Muncul dengan *built-in* dukungan untuk JavaScript, naskah dan Node.js dan memiliki *array* beragam ekstensi yang tersedia untuk bahasa lain, termasuk C ++, C # , Python, dan PHP. Hal ini didasarkan sekitar Github ini Elektron, yang merupakan versi *cross-platform* dari Atom komponen kode-*editing*, berdasarkan JavaScript dan HTML5 [27], [28], [29].
12. Figma  
Figma adalah sebuah *platform* desain berbasis web yang memungkinkan desainer untuk membuat, mengedit, dan berkolaborasi pada desain antarmuka pengguna (UI) dan pengalaman pengguna (UX). Sederhananya, Figma adalah seperti kanvas digital di mana desainer dapat merancang segala sesuatu mulai dari *website*, aplikasi *mobile*, hingga *dashboard*, semua dalam satu tempat [30].
13. Fritzing  
Fritzing adalah perangkat lunak *open source* yang digunakan untuk merancang rangkaian elektronik. Perangkat lunak ini membantu para penggemar elektronik membuat prototipe produk dengan merancang rangkaian berbasis mikrokontroler Arduino [31].

**Tabel 2.** Kebutuhan Alat

Gambar	Nama Alat	Jumlah
	ESP32	1 buah

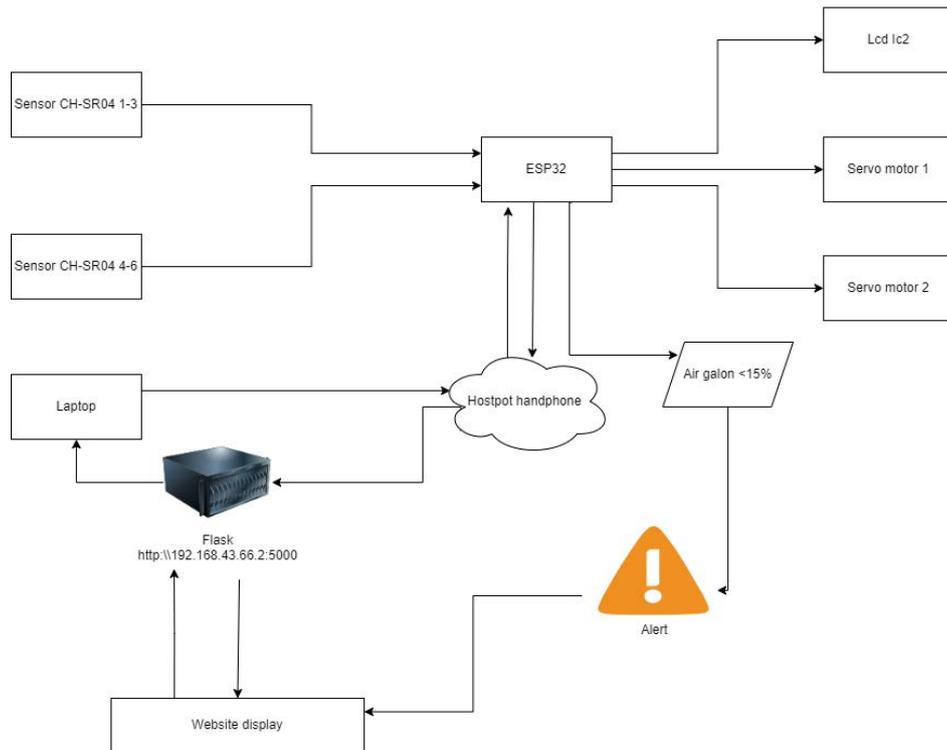
	HC-SR04	6 buah
	Motor servo	2 buah
	Lcd 16x2	1 buah
	Kabel jumper ( <i>female to female, male to male, female to male</i> )	1 pack
	Bread Board	1 buah
	Kawat	1 gulung
	Solder	1 buah
	Kabel	1 gulung

### 2.3. Modelling Quick Design (Pemodelan)

Pada tahapan ini peneliti merancang model aplikasi yang dibutuhkan dengan waktu yang efektif untuk mendeskripsikan kebutuhan klien berdasarkan analisis yang telah dilakukan sebelumnya [12]. Dalam tahap ini, peneliti menggunakan aplikasi *figma* dan *fritzing* untuk membuat desain kerangka aplikasi. Berikut adalah hasil tadi tahap pemodelan:

#### 2.3.1. Blok diagram

Diagram blok adalah representasi grafis dari rangkaian atau sistem elektronik dengan blok fungsi yang mewakili berbagai komponen atau modul, serta hubungan mereka satu sama lain untuk menunjukkan aliran sinyal atau arus. Tujuan utama dari diagram blok adalah untuk menyederhanakan kompleksitas sistem elektronik sehingga lebih mudah untuk memahami bagaimana setiap komponen berfungsi untuk memenuhi fungsinya [33]. Untuk dapat memahami kinerja aplikasi lebih mendalam, perhatikan gambar di bawah ini:



**Gambar 2.** Blok diagram

Dari blok diagram di atas, didapati penjelasan alur sistem sebagai berikut:

a. Input

Input pada program ini diperoleh dari hasil deteksi sensor HC-SR04 1-6 yang telah di-*setting* hanya dapat mendeteksi benda sejauh 5 cm, deteksi ini diperlukan untuk mengetahui jenis gelas sebagai indikator lama penuangan atau jeda servo setelah berputar. Adapun aturannya, yaitu:

1. Sensor ultrasonik 1-3

Bertugas untuk memutar motor servo pertama, dengan kondisi ketika sensor ultrasonik 1 saja yang mendeteksi benda maka jeda setelah motor servo berputar untuk pertama kalinya adalah selama 12 detik atau 200 ml. Ketika sensor ultrasonik 1 dan 2 yang mendeteksi benda maka jeda setelah motor servo berputar untuk pertama kalinya adalah selama 24 detik atau 400 ml. Dan ketika sensor ultrasonik 1, 2, dan 3 mendeteksi benda maka jeda setelah motor servo berputar untuk pertama kalinya adalah selama 36 detik atau 600 ml.

2. Sensor ultrasonic 4-6

Bertugas untuk memutar motor servo kedua, dengan kondisi ketika sensor ultrasonik 4 saja yang mendeteksi benda maka jeda setelah motor servo berputar untuk pertama kalinya adalah selama 12 detik atau 200 ml. Ketika sensor ultrasonik 4 dan 5 yang mendeteksi benda maka jeda setelah motor servo berputar untuk pertama kalinya adalah selama 24 detik atau 400 ml. Dan ketika sensor ultrasonik 4, 5, dan 6 mendeteksi benda maka jeda setelah motor servo berputar untuk pertama kalinya adalah selama 36 detik atau 600 ml.

b. Kontrol

ESP32 sebagai mikrokontroller untuk mengendalikan dan meneruskan logika yang telah dibuat di Arduino IDE ke alat *output*.

c. Output

*Output* pada alat ini berupa beberapa alat sebagai keluaran dari proses kontrol, beberapa alat tersebut berupa:

1. Lcd I2C

Lcd I2C digunakan untuk menampilkan output dari ESP32 berupa keterangan *real-time* kondisi motor servo dan sisa air galon.

2. Motor servo

Befungsi sebagai penarik kawat agar tuas penuangan air minum otomatis dapat terbuka atau tertutup. Dengan kondisi yang telah dibuat Algoritma, motor servo akan mengikuti intruksi dari kondisi tersebut, berupa perintah berputar, jeda, dan berputar kembali.

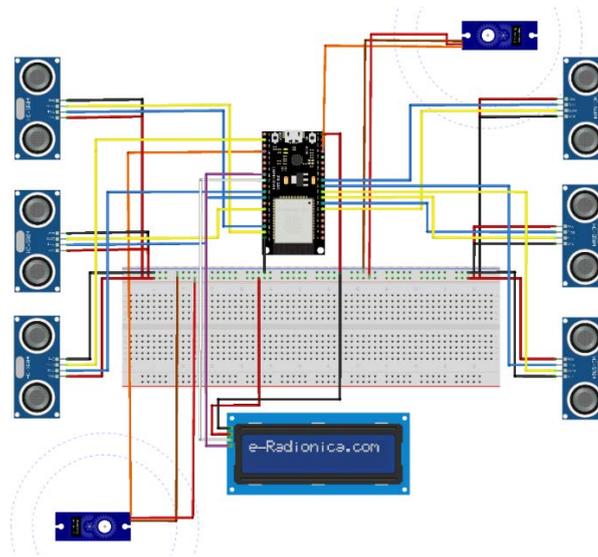
3. Website

Website berfungsi sebagai tampilan *output* selain I2C, website berisi keterangan kapasitas galon dalam bentuk persen (%), stempel waktu, sensor yang sedang mendeteksi benda beserta jaraknya dalam satuan cm, galon *capacity* perdeteksi sensor dalam satuan ml, serta fitur download data berupa excel.

d. Alur sistem

Sistem dimulai dari sensor mendeteksi gelas, kemudian sensor mengirimkan hasil deteksi ke ESP32 yang menghasilkan jenis gelas, hasil Kesimpulan dari algoritma ESP32 dikirimkan ke *web server* melalui *hostpot handphone* dan ditampilkan di *web server* dengan Alamat <http://192.168.43.66:500> menggunakan framework Flask, selain itu diarahkan ke I2C untuk ditampilkan secara langsung di alatnya dan juga mengirimkan perintah ke servo sesuai dengan algoritma yang telah dibuat. Ketika ESP32 mendeteksi sisa air di galon bernilai dibawah 15%, maka ESP32 akan mengirimkan perintah *alert* ke *website*.

2.3.2. Rangkaian skematik



Gambar 3. Rangkaian skematik

Rangkaian skematik dibuat dengan aplikasi *fritzing*, aplikasi ini berguna untuk kegiatan design alat terutama IoT. Rangkaian skematik menggambarkan *design* alat yang akan dibuat. Berikut keterangannya:

1. Terdapat satu mikrokontroler yakni ESP32 yang akan mengendalikan alat menggunakan logika yang akan diunggah dan untuk pin 5v dihubungkan ke *bread board* pada bagian positif dan gnd dihubungkan pada bagian *negative* serta disusun secara paralel.
2. Terdapat 6 sensor ultrasonik atau HC-SR04 di mana kabel berwarna merah menunjukkan vcc, kabel berwarna hitam menunjukkan gnd, kabel berwarna kuning menunjukkan echo, dan kabel berwarna biru menunjukkan trig. Berikut daftar sensor dan posisi pin:

- a. Sensor ultrasonik 1, echo berada di pin 23 dan trig berada di pin 22,
  - b. Sensor ultrasonik 2, echo berada di pin 21 dan trig berada di pin 19,
  - c. Sensor ultrasonik 3, echo berada di pin 5 dan trig berada di pin 18,
  - d. Sensor ultrasonik 4, echo berada di pin 35 dan trig berada di pin 27,
  - e. Sensor ultrasonik 5, echo berada di pin 33 dan trig berada di pin 32,
  - f. Sensor ultrasonik 6, echo berada di pin 25 dan trig berada di pin 26.
3. Ada 2 motor servo yang saling terhubung ke ESP32, motor servo 1 terletak di pin 15 dan di logika akan terhubung ke sensor 1,2, dan 3, kemudian motor servo 2 terletak di pin 13 dan di logika akan terhubung ke sensor 4,5, dan 6. Untuk kabel merah vcc dan kabel cokelat di gnd.
  4. Lcd Ic2 memiliki 4 kabel, yakni kabel berwarna merah untuk vcc, kabel berwarna hitam untuk gnd, kabel berwarna ungu atau scl di pin 16, dan kabel berwarna putih atau sda di pin 17.

### 2.3.3. Ukuran gelas

Penelitian ini menggunakan 3 jenis gelas yang umum dipakai oleh masyarakat Indonesia, ketiga jenis gelas ini ukurannya dikonversi dari mili liter (ml) ke detik (s), berikut daftar jenis gelasnya:

**Tabel 3.** Jenis gelas

Gambar	Kapasitas (ml)	Waktu (s)
	200	12
	400	24
	600	36

## 2.4. Construction of Prototype (Kontruksi)

*Design* yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya akan diterapkan secara langsung, yakni dengan menggabungkan alat-alat sesuai dengan *design* yang telah dibuat. Proses kontruksi dibagi menjadi beberapa tahapan, diantaranya:

1. Perakitan alat  
Rakit alat-alat yang dibutuhkan sesuai dengan *design* atau rangkaian sistematis.
2. Pemrograman di ESP32  
Kode program diketik dalam Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++ yang digunakan sebagai logika, algoritma, serta aturan pada alat.
3. Pemrograman *website*  
Hubungkan terlebih dahulu ESP32 ke hostpot yang sama dengan laptop untuk mempermudah pengiriman data dari ESP32 ke *web server*, dalam hal ini menggunakan *framework flask* dan menggunakan bahasa pemrograman python. Buat juga fitur-fitur yang telah dijabarkan pada tahapan sebelumnya.
4. Pemasangan pada dispenser air  
Setelah alatnya jadi dan sudah dilakukan tes sederhana, pasang alat ke dispenser air.

## 2.5. Deployment Delivery and Feedback (Penyerahan)

Tahapan ini dilakukan ketika alatnya sudah selesai dibuat dan diserahkan ke pengguna, di mana pengguna diminta untuk memberikan *feedback* kepada peneliti untuk mendapatkan alat yang disetujui bersama.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil yang diperoleh dari tahapan-tahapan sebelumnya beserta pembahasannya. Hal yang akan ditampilkan berupa dokumentasi dan pengujian alat yang akan menjawab permasalahan yang telah diangkat. Berikut pemaparannya:

#### a. Dokumentasi

##### 1. Dokumentasi alat

Alat yang dibangun haruslah sesuai dengan *design* yang telah dibuat pada tahap sebelumnya untuk memastikan setiap komponen berjalan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Berikut gambar alat yang sudah dirangkai sesuai dengan *design* yang telah dibuat.



**Gambar 4.** Tampak depan dari alat penuangan air minum otomatis

Dapat dilihat bahwa, terdapat LCD Lc2 yang berada di atas lampu indikasi jenis air yang digunakan untuk menampilkan informasi secara *real-time* kepada pengguna kondisi alat dan kapasitas galon. Terdapat 2 jenis air yakni panas dan netrral, di bawahnya terdapat sensor-sensor Ultrasonik yang telah disusun berdasarkan tuas dan *motor servo*-nya masing-masing.

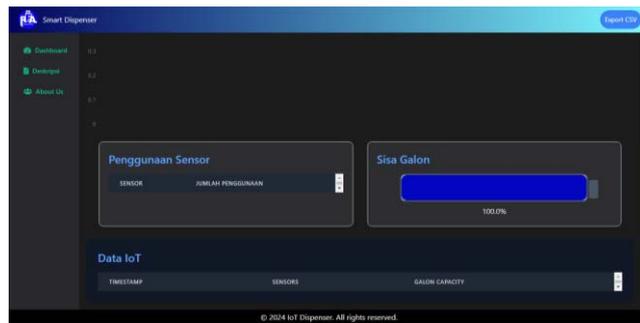


**Gambar 5.** Tampak belakang dari alat penuangan air minum otomatis

Berdasarkan gambar 5, dapat kita ketahui komponen apa saja yang ada pada alat penuangan air minum otomatis ini. Terdapat wadah untuk menampung air yang memiliki 2 selang menuju keran dan tempat pemanas air. Keenam sensor ultrasonik terkait dengan 1 mikrocontroller yakni ESP32 dan 1 papan garis lurus *breadboard* (untuk menghubungkan VCC dan GND). Dan motor servo berada di kiri bawah yang telah diikat tali untuk mempermudah dalam menarik tuas.

2. Dokumentasi *website*

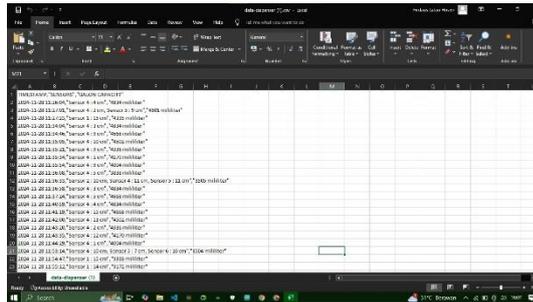
Halaman *website* digunakan untuk mengemas data mentah yang dikirim oleh ESP32 menjadi data yang lebih informatif sehingga pengguna dapat memantau kegiatan atau *respons* dari alat tersebut serta dapat mengunduh file dokumentasi penggunaan air dalam format *csv*.



Gambar 6. Halaman *website*

3. Dokumentasi hasil kegiatan komponen dalam bentuk *excel*

Seperti yang telah dipaparkan secara singkat pada submateri sebelumnya, berikut adalah tampilan dari dokumentasi kumulatif penggunaan air dalam format *csv* yang dibuka menggunakan aplikasi *excel*.



Gambar 8. Tampilan hasil kegiatan komponen dalam bentuk *excel*

b. Pengujian

1. Tabel pengujian masing-masing komponen

Pengujian dilakukan dengan mencoba untuk memancing fungsi dari setiap komponen menjalankan tugas utamanya, hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat di bawah ini:

**Tabel 4. Pengujian komponen**

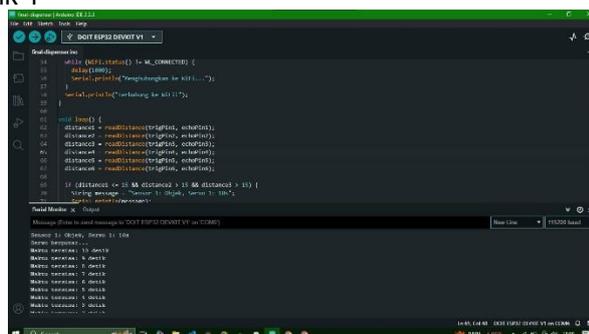
Nama	Hasil deteksi pada pengujian	Fungsi Utama	Kesimpulan
ESP32	Hasil di lcd menunjukkan sistem	Mengendalikan semua sensor yang	Sesuai

Nama	Hasil deteksi pada pengujian	Fungsi Utama	Kesimpulan
	bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya masing-masing.	terhubung, mengirimkan data ke <i>website</i>	
Sensor ultrasonik 1	3 cm	Mendeteksi benda serta mengirim hasil ke ESP32	Sesuai
Sensor ultrasonik 2	3 cm	Mendeteksi benda serta mengirim hasil ke ESP32	Sesuai
Sensor ultrasonik 3	3 cm	Mendeteksi benda serta mengirim hasil ke ESP32	Sesuai
Sensor ultrasonik 4	2 cm	Mendeteksi benda serta mengirim hasil ke ESP32	Sesuai
Sensor ultrasonik 5	4 cm	Mendeteksi benda serta mengirim hasil ke ESP32	Sesuai
Sensor ultrasonik 6	3 cm	Mendeteksi benda serta mengirim hasil ke ESP32	Sesuai
Motor servo 1	Berputar saat sensor 1,2 dan/atau 3 mendeteksi benda	Bergerak saat sensor 1,2, dan/atau 3	Sesuai
Motor servo 2	Berputar saat sensor 4,5 dan/atau 6 mendeteksi benda	Bergerak saat sensor 4,5, dan/atau 6	Sesuai
<i>Website</i>	Berhasil menampilkan data yang dikirimkan oleh ESP32 serta mendokumentasikannya dalam bentuk csv	Menampilkan data yangf dikirimkan oleh ESP32	Sesuai

2. Dokumentasi tampilan pengujian

Hasil dari pengujian didokumentasikan dalam bentuk gambar untuk memberikan pembaca gambaran mengenai kegiatan pengujian berlangsung.

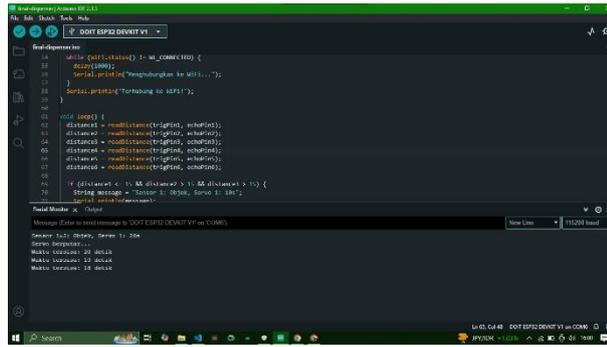
a. Sensor ultrasonik 1



**Gambar 7.** Tampilan hasil sensor ultrasonik 1

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa sensor 1 dapat mendeteksi benda dalam jangkauan atau *range default* yakni 5 cm dan mengirimkan hasil deteksi sensor ke ESP32 yang kemudian ESP32 memerintahkan servo 1 berputar.

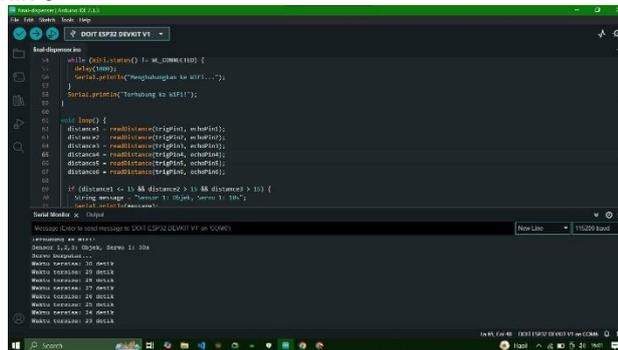
b. Sensor ultrasonik 2



Gambar 8. Tampilan hasil sensor ultrasonik 2

Berdasarkan gambar di atas, dapat diperoleh informasi bahwa sensor 1 dan 2 dapat mendeteksi benda dalam jangkauan atau *range default* yakni 5 cm dan mengirimkan hasil deteksi sensor ke ESP32 yang kemudian ESP32 memerintahkan servo 1 berputar.

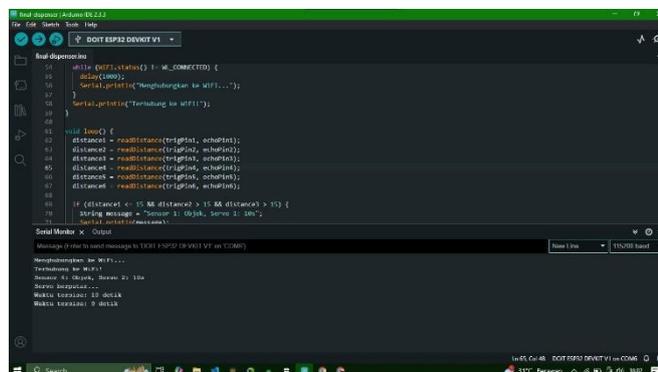
c. Sensor ultrasonik 3



Gambar 9. Tampilan hasil sensor ultrasonik 3

Dari gambar tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa sensor 1,2, dan 3 dapat mendeteksi benda dalam jangkauan atau *range default* yakni 5 cm dan mengirimkan hasil deteksi sensor ke ESP32 yang kemudian ESP32 memerintahkan servo 1 berputar.

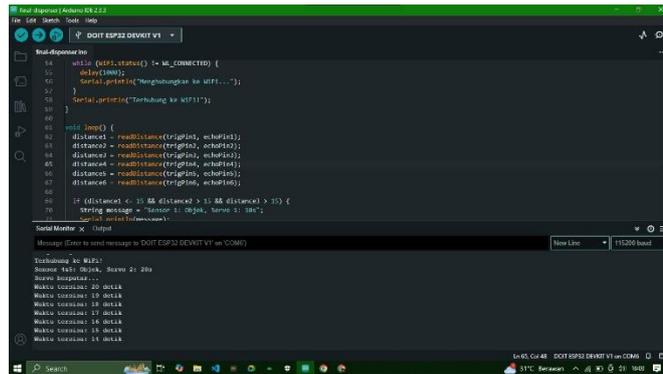
d. Sensor ultrasonik 4



Gambar 10. Tampilan hasil sensor ultrasonik 4

Dapat dilihat bahwa sensor 4 dapat mendeteksi benda dalam jangkauan atau *range default* yakni 5 cm dan mengirimkan hasil deteksi sensor ke ESP32 yang kemudian ESP32 memerintahkan servo 2 berputar.

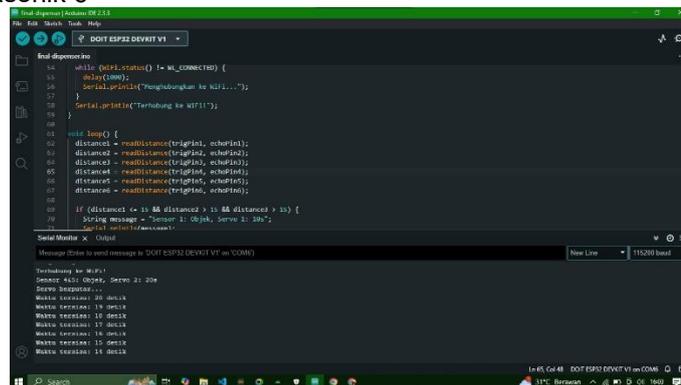
e. Sensor ultrasonik 5



Gambar 11. Tampilan hasil sensor ultrasonik 5

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa sensor 4 dan 5 dapat mendeteksi benda dalam jangkauan atau *range default* yakni 5 cm dan mengirimkan hasil deteksi sensor ke ESP32 yang kemudian ESP32 memerintahkan servo 2 berputar

f. Sensor ultrasonik 6



Gambar 12. Tampilan hasil sensor ultrasonik 6

*Serial monitor* menunjukkan bahwa sensor ultrasonic 4,5, dan 6 dapat mendeteksi benda dalam jangkauan atau *range default* yakni 5 cm dan mengirimkan hasil deteksi sensor ke ESP32 yang kemudian ESP32 memerintahkan servo 2 berputar

g. Motor servo 1



Gambar 13. Tampilan hasil komponen motor servo 1

Dapat dilihat bahwa selain dari *website*, LCD juga menampilkan informasi terkait kegiatan apa saja yang sedang berlangsung seperti "servo berputar..." dan informasi lainnya.

h. Motor servo 2



**Gambar 14.** Tampilan hasil komponen motor servo 2

Informasi lain yang dapat ditampilkan oleh lcd adalah “Servo kembali ke posisi awal”. Informasi ini dilakukan secara *real time* atau sesuai dengan kondisi komponen saat ini.

#### 4. Kesimpulan

Penugasan air otomatis yang dibuat berhasil menyelesaikan masalah yang dialami oleh pengguna penugasan air otomatis biasa, keberhasilan ini didukung oleh fitur-fitur baru yang ditawarkan oleh alat yang telah dibuat seperti mengetahui ukuran gelas sehingga tidak perlu memegangnya terus menerus dan bisa mengerjakan pekerjaan lainnya, sisa air galon atau rekapitulasi penggunaan air lengkap dengan waktu dan jumlahnya (ml) serta terintegrasi dengan *website*. Diharapkan kepada peneliti lain dapat menambah fitur lain untuk memaksimalkan efisiensi dan produktivitas alatnya.

#### Referensi

- [1] B. M. Latif, N. Nurchim, dan V. Atina, “IMPLEMENTASI KONTROL KIPAS ANGIN OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR SUHU PADA KANDANG AYAM PEDAGING,” *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, vol. 6, no. 3, hlm. 605–611, 2024.
- [2] A. P. Baharsyah dan M. I. Suriansyah, “Sistem Penunjang Keputusan Normalisasi Ph Dan Tds Pada Vertical Garden Tanaman Kangkung Dengan Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Internet Of Things,” *DIKE: Jurnal Ilmu Multidisiplin*, vol. 2, no. 1, hlm. 9–16, 2024.
- [3] J. Fitra, D. Rofianto, dan K. Amaliah, “Implementasi Sistem Telemetri Monitoring Gas serta Suhu dan Kelembaban Pada Kandang Ayam Closed House Berbasis IoT,” *JoMMiT: Jurnal Multi Media dan IT*, vol. 8, no. 1, hlm. 1–6, 2024.
- [4] Y. D. Siddik, A. M. H. Pardede, dan H. Kahir, “Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Perpustakaan dengan Indikator Peringatan Berbasis Internet Of Things (IOT),” *Repeater: Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan*, vol. 2, no. 4, hlm. 254–265, 2024.
- [5] A. K. Kusuma, F. Dewanta, dan I. Istikmal, “Implementasi Dispenser Pintar Pengisian Otomatis Menggunakan Basis Data Dan Web Server Berbasis Iot,” *eProceedings of Engineering*, vol. 8, no. 6, 2021.
- [6] S. Water, “Pengembangan Smart Water Dispenser Berbasis IoT Menggunakan Metode Prototype”.
- [7] Isra Muhammad, “RANCANG PROTOTYPE AUTOMATIC WATER DEPOT BERBASIS INTERNET OF THINGS,” 2021.
- [8] R. Akbar dan A. Chusyairi, “Rancang Bangun Dispenser Penuangan Air Minum Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Metode Prototype,” *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (AJIEE)*, vol. 3, no. 2, hlm. 153–162, 2021.
- [9] R. L. Singgeta dan P. D. K. Manembu, “Implementasi Sistem Monitoring Penggunaan Air Minum Pada Multiple Dispenser Berbasis IoT,” *Rang Teknik Journal*, vol. 4, no. 1, hlm. 127–133, 2021.
- [10] E. P. Silmina, “Promosi desa berbasis web menggunakan metode prototype,” *Digital Transformation Technology*, vol. 4, no. 1, hlm. 628–635, 2024.
- [11] A. Samsudin dan A. Fauzi, “Sistem Pemesanan Lapangan Mini Soccer Menggunakan Metode Prototype Berbasis Website,” *INFOTEX: Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Teknik*, vol. 2, no. 2, hlm. 261–275, 2024.
- [12] I. Kurniawan, S. Ulfah, A. Mubais, N. A. Ramadhani, dan M. Muhaimin, “IMPLEMENTASI METODE PROTOTYPE PADA PEMBUATAN WEBSITE

- DESTINATION BRANDING PARIWISATA 'PANTAITELUKAWUR. ID' DI DESA TELUK AWUR," *Journal of Information System and Computer*, vol. 4, no. 1, hlm. 20–26, 2024.
- [13] M. Syarif dan D. Risdiansyah, "Pemanfaatan Metode Prototype Dalam Perancangan Sistem Informasi Penjualan Berbasis *Website*," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, hlm. 7945–7952, 2024.
- [14] M. F. Zulkarnain, H. Hilalludin, dan A. Haironi, "Prinsip Kesantunan Berbahasa Dalam Komunikasi Siswa di Sekolah," *Dinamika Pembelajaran: Jurnal Pendidikan dan bahasa*, vol. 1, no. 3, hlm. 117–125, 2024.
- [15] A. A. Gulo, S. Zebua, J. B. I. J. Gea, dan N. A. Bu'ulolo, "Analisis Perencanaan Persediaan Produk Cat Merek Nippon Paint Menggunakan Forecasting Pada Toko Jaya Plafon Kota Gunungsitoli," *YUME: Journal of Management*, vol. 7, no. 2, hlm. 1390–1394, 2024.
- [16] I. V. Sari, D. R. Darmayanti, C. Widiyanti, W. Indani, dan M. W. Sitopu, "Sistem Otomatis Penyiraman dan Pemupukan Tanaman Tin Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [17] D. Prehartini, A. Anisa, dan S. Suhadi, "Rancang Bangun Alat Pengukur Jarak Aman Kendaraan Menggunakan Sensor Ultrasonik Tipe HC-SR04 Berbantuan Arduino Uno," *Lontar Physics Today*, vol. 3, no. 1, hlm. 28–35, 2024.
- [18] M. Masthuri, M. Idkham, dan I. S. Nasution, "Perancangan Motor Servo untuk Pengendalian Kemudi Traktor Roda Dua," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 9, no. 2, 2024.
- [19] P. P. Wicaksono dan M. Hardjianto, "Penerapan Sensor NFC dan Ultrasonik untuk Sistem Pembayaran Parkir Menggunakan Arduino Uno dan Module ESP8266," *Jurnal Ticom: Technology of Information and Communication*, vol. 12, no. 2, hlm. 64–69, 2024.
- [20] J. C. Simanungkalit dan A. H. Mirza, "PERANCANGAN SISTEM UNTUK MEREKOMENDASIKAN TANAMAN PERTANIAN BERBASIS IOT," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 6, hlm. 11304–11311, 2024.
- [21] I. L. Laksono, D. P. Kynta, M. Fadli, V. Wijaya, dan D. Hermanto, "Pemantauan Kelembaban tanah Berbasis IoT Menggunakan Sensor Soil Moisture," *Jurnal Algoritme*, vol. 5, no. 1, hlm. 24–34, 2024.
- [22] I. Ripdi dan N. H. R. R. Adawiah, "Pengabdian Masyarakat: Solusi Penyedot Asap Blower Otomatis untuk Lombok Center IT," *TEKNOKRAT: Jurnal Teknologi Untuk Masyarakat*, 2024.
- [23] M. E. F. G. Sapura, M. W. Febriansyah, W. Rachyenda, dan G. H. A. Rachman, "Pengaruh Lekukan Kabel Fiber Optic Terhadap Redaman dan Jumlah Cahaya," *Jurnal Informatika MULTI*, vol. Vol.02, 2024.
- [24] A. Patricia, D. Dasril, dan S. Paembonan, "PROTOTYPE SISTEM KETERSEDIAAN LAHAN PARKIR MENGGUNAKAN ARDUINO," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3S1, 2024.
- [25] H. Bhakti dan O. S. Bachri, "IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING SUHU DAN PH AIR KOLAM BUDIDAYA IKAN LELE MENGGUNAKAN ARDUINO ESP8266 DAN ARDUINO IDE," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3S1, 2024.
- [26] R. Rismawati, S. Paembonan, dan R. Suppa, "RANCANG BANGUN KEAMANAN PINTU OTOMATIS MENGGUNAKAN E-KTP BERBASIS ARDUINO UNO," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [27] A. E. Riftianto dan A. Amirullah, "Implementasi Visual Studio pada Sistem Monitoring Daya dan Proteksi Rele Arus Lebih Menggunakan Automatic Transfer Switch/Automatic Main Failure (ATS/AMF) Disuplai oleh Kombinasi Grid dan Photovoltaic (PV)," *Rekayasa*, vol. 17, no. 1, hlm. 96–107, 2024.
- [28] H. Herwa, H. Hendrayudi, dan S. Hartati, "MEMBANGUN SISTEM INFORMASI INVENTARIS BARANG PADA PT. BUANA ELTRA MENGGUNAKAN PHP DAN MYSQL," *JSIM: Jurnal Sistem Informasi Mahakarya*, vol. 7, no. 1, hlm. 46–55, 2024.
- [29] R. Samsinar, H. Isyanto, R. D. Risanty, N. Nelfiyanti, S. Z. Pasha, dan I. M. Putra, "Rancang Bangun Web Profile Taman Pendidikan Al-Qur'an (TPA) Raudhatul Atfal (RA) dan Madrasah Ibtidaiyah (MI) di Yayasan Baitul Ulum," *RENATA: Jurnal Pengabdian Masyarakat Kita Semua*, vol. 2, no. 2, hlm. 105–111, 2024.

- [30] N. Annisa, U. Ulvah, dan N. Nirsal, "Desain Aplikasi Pemesanan Makanan Pada RM Serba Nikmat Berbasis Android Menggunakan Figma," *Jurnal Informasi dan Teknologi*, vol. 1, no. 3, hlm. 31–37, 2024.
- [31] D. Fadillah, K. Kusnadi, dan W. E. Septian, "PERANCANGAN SISTEM IOT UNTUK PEMANTAUAN DAN PENYIRAMAN BIBIT CABAI JABLAY BERBASIS ANDROID DI KELOMPOK WANITA TANI (KWT) DESA SARWADADI KAB. CIREBON," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 6, hlm. 12487–12493, 2024.
- [32] L. D. Hukubun, "Tinjauan Semiotika Pada Kaver Buku Catatan Kecil Tentang Menulis Cerpen Karya Jakob Sumardjo," *SULUH: Jurnal Seni Desain Budaya*, vol. 7, no. 1, hlm. 29–46, 2024.
- [33] S. Budang, H. Hasan, dan W. Yuniarto, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Mini Manufacture Mesin Pencetak Kerupuk Basah Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Outsel," *Jurnal ELIT*, vol. 5, no. 2, hlm. 50–57, 2024.

# Prediksi Penjualan *Marketplace* Menggunakan Regresi Linear Berganda Berdasarkan Produk Terjual dan Potongan Biaya Pengiriman (Studi Kasus : *Aufar Grosir Jeans*)

Melanie Putri<sup>a1</sup>, Hannie<sup>a2</sup>, Siska<sup>a3</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Sistem Informasi  
Universitas Singaperbangsa Karawang  
Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia  
<sup>1</sup>melanieputri4501@gmail.com  
<sup>2</sup>Hannie@staff.unsika.ac.id  
<sup>2</sup>Siska@staff.unsika.ac.id

## Abstrak

*Aufar Grosir Jeans* merupakan satu dari banyaknya *marketplace* yang saat ini tengah memasarkan produknya di *Shopee*, mereka menjual berbagai macam pakaian berbahan jeans. Saat ini *Aufar Grosir Jeans* terus berusaha untuk selalu meningkatkan penjualan mereka dengan memanfaatkan media promosi yang ada. Akan tetapi, dengan ketatnya persaingan pasar saat ini, *Aufar Grosir Jeans* tengah mengalami ketidakstabilan penjualan. Oleh karena itu, diperlukan cara agar dapat melihat apakah promosi yang telah mereka lakukan berpengaruh secara signifikan terhadap penjualan. Pada penelitian ini akan dilakukan prediksi penjualan dengan menggunakan metode Regresi Linear Berganda dengan variabel  $X_1$  adalah produk terjual,  $X_2$  adalah estimasi potongan biaya pengiriman dan  $Y$  Total pembayaran (penjualan). Tools yang akan digunakan adalah SPSS 26 dan Python. Kemudian untuk membuat alur penelitian efektif akan digunakan Metodologi SEMMA dalam penelitian ini. Berdasarkan Perhitungan Algoritma Regresi Linear Berganda dengan SPSS didapatkan nilai sig uji  $f$  adalah 0,000 dan  $F_{hitung} = 2832,640 > F_{tabel} = 3,013$  yang menunjukkan  $X_1$ , dan  $X_2$  berpengaruh secara simultan terhadap  $Y$ . Serta nilai sig uji  $T$  adalah 0,000 dan  $t_{hitung} = -54.271 > t_{tabel} = -1964$  yang menunjukkan bahwa variabel  $X_1$ , dan  $X_2$  bersama-sama mempengaruhi  $Y$ . Kemudian didapatkan juga  $R^2$  sebesar 91,9% dan MAPE sebesar 8,99%, yang menandakan model dapat diandalkan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam meningkatkan penjualan di *marketplace Aufar Grosir Jeans*.

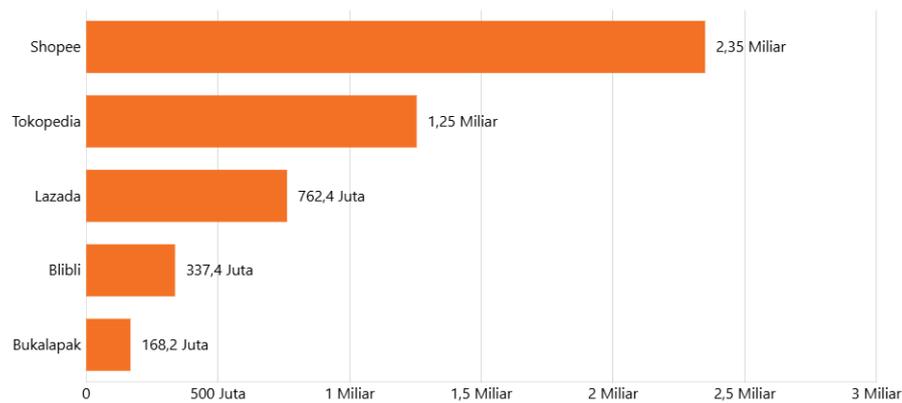
**Keywords:** Regresi Linear Berganda, SEMMA, Prediksi, Penjualan, Marketplace

## 1. Pendahuluan

Di era digital saat ini, kemajuan teknologi telah mengubah cara kita dalam melakukan sesuatu, salah satunya adalah mengubah cara kita dalam melakukan proses jual beli. Lalu munculah kebiasaan berbelanja online dengan berbagai kemudahannya. Terutama setelah hadir berbagai platform *Marketplace* seperti *Shopee*, *Tokopedia*, dan *Lazada* yang mempermudah akses berbagai produk dan layanan. Kini *Marketplace* telah menjadi sarana utama bagi bisnis untuk memperluas jangkauan pasar, meningkatkan penjualan dan membangun loyalitas dengan pelanggan secara lebih efektif.

*Marketplace* merupakan platform jual beli digital yang menghubungkan penjual dan pembeli secara online. Penjual dapat menawarkan produk atau pun jasa mereka, sedangkan pembeli dapat memilih, membandingkan, dan membeli barang dari berbagai penjual di dalam satu platform yang sama. Dengan berbagai kemudahannya, *Marketplace* telah membantu penjual dan pembeli dalam melakukan jual beli dengan lebih efektif dan efisien. Penjual tidak perlu memiliki toko fisik, dan pembeli dapat berbelanja darimana saja dan kapan saja. *Marketplace* biasanya juga menyediakan layanan pembayaran, pengiriman, dan sistem penilaian untuk memudahkan transaksi.

Prediksi Penjualan *Marketplace* Menggunakan Regresi Linear Berganda Berdasarkan Produk Terjual dan Potongan Biaya Pengiriman (Studi Kasus : Aufar Grosir Jeans)



**Gambar 1.** Grafik pengunjung e-commerce per tahun 2023

(Sumber : (databoks.katadata.co.id))

Terlihat dari gambar [1] bahwa platform-platform *Marketplace* di Indonesia telah mencapai jutaan hingga milyaran pengunjung. Shopee menjadi platform dengan pengunjung paling banyak per tahun 2023 dengan 2,35 miliar pengunjung. Dengan banyaknya pengunjung dan akses yang lebih mudah menjangkau pembeli, tentu saja membuat para penjual berlomba-lomba untuk dapat menjual produknya di Shopee. Salah satu penjual atau toko yang masih aktif menjual produknya di Shopee adalah Aufar Grosir Jeans.

Aufar Grosir Jeans telah bergabung menjadi seller di Shopee sejak 16 bulan lalu dan menjual produk berupa atasan dan bawahan berbahan jeans. Dengan produk terupload 142 produk, sebanyak 7,7 ribu pengikut, dan 13,9 ribu ulasan pembeli, Aufar Grosir Jeans terus berusaha mengembangkan tokonya. Akan tetapi, dengan ketatnya persaingan penjual di *Marketplace* khususnya Shopee, Aufar Grosir Jeans mengalami ketidakstabilan penjualan. Pada penelitian ini, penulis akan menerapkan algoritma regresi linear berganda terhadap data penjualan Aufar Grosir Jeans selama 5 bulan terakhir sejak penelitian ini dibuat. Metodologi yang akan diterapkan adalah *SEMMA* (*Sample, Explore, Modify, Model, Assess*) dan *tools* yang digunakan adalah SPSS dan Python.

Menurut Triyanto (2019), regresi linier berganda merupakan teknik analisis prediktif yang dipakai guna menggambarkan keterkaitan antara variabel terikat (variabel respons) bersama sejumlah variabel bebas (variabel penentu) yang berpengaruh terhadapnya [2]

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Badzlin 2024, ia meneliti mengenai pengimplementasian data mining untuk memprediksi penjualan produk semen di PT Moyo Mortar Indonesia dengan menggunakan regresi linear, dapat disimpulkan bahwa hasil uji melalui penerapan regresi linear, didapatkan nilai RMSE sebesar 493.125,701, Absolute Error sebesar 303.270,965, dan Relative Error mencapai 1,89%. Nilai-nilai ini menunjukkan performa model yang optimal dan prediksi yang cukup tepat [3]

Selanjutnya pada pengkajian yang dilakukan Ferdinan 2024, yang memprediksi banyaknya penjualan tahun 2024 dengan menggunakan metode regresi linear, didapatkan hasil prediksi penjualan di tahun 2024 pada toko dinan\_s akan mengalami kenaikan dari tahun sebelumnya yaitu sebanyak 11614 pesanan. Hasil ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi toko dinan\_s untuk merencanakan strategi penjualan dan inventaris yang lebih efektif di tahun 2024 [4]

Kajian lainnya yang menggunakan teknik regresi linear berganda telah dikerjakan juga oleh Al-Fadhilah Nur Wahyudin 2020 yang mengestimasi penjualan mobil Astra Isuzu, dapat disimpulkan bahwa Algoritma regresi linear berganda mampu memperkirakan penjualan di tahun mendatang. Berdasarkan formula regresi, dapat dihasilkan penjualan PT. Astra Isuzu International Tbk-Isuzu diprediksi hanya mencapai 12.223 unit, yang menunjukkan penurunan sebesar 1.350 unit dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Prediksi ini mengindikasikan adanya tren penurunan yang mungkin memengaruhi kinerja perusahaan. Temuan ini dapat menjadi dasar bagi PT. Astra Isuzu untuk mengevaluasi strategi penjualannya ke depan [5]

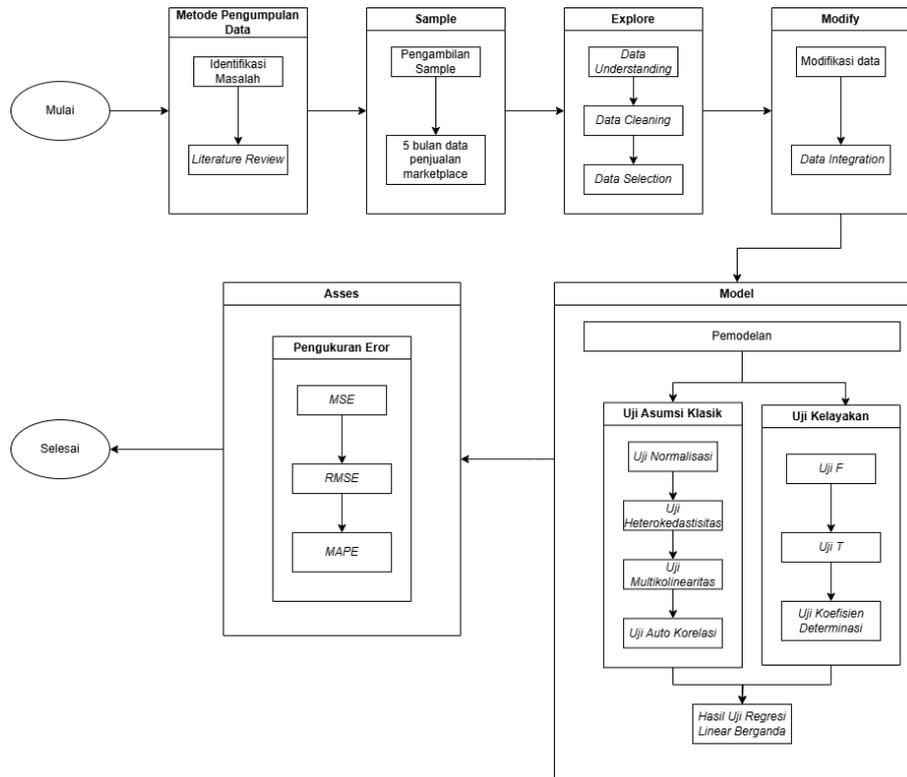
Dari beberapa contoh penelitian terdahulu yang sudah dilakukan, menunjukkan metode regresi linear berganda cukup akurat dalam memprediksi penjualan di masa depan. Oleh karenanya, penulis berencana untuk melakukan penelitian dengan judul “**Prediksi Penjualan *Marketplace* Menggunakan Regresi Linear Berganda Berdasarkan Produk Terjual dan Potongan Biaya Pengiriman (Studi Kasus : Aufar Grosir Jeans)**”.

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan digunakan metodologi SEMMA (*Sample, Explore, Modify, Model, Asses*), yang merupakan pendekatan sistematis dalam data mining. SEMMA dirancang untuk mengoptimalkan proses analisis data dan mengungkap pola-pola tersembunyi dalam data. Metodologi ini dipilih karena fleksibilitasnya dalam menangani dataset besar dan kompleks serta kemampuannya untuk memberikan hasil analisis yang terstruktur dan akurat.

### 2.1 Rancangan Penelitian

Untuk memprediksi penjualan *Marketplace* menggunakan regresi linear berganda berdasarkan produk terjual dan potongan biaya pengiriman, setiap tahap harus disesuaikan dengan metodologi yang akan digunakan yaitu metodologi SEMMA. Rancangan penelitian yang akan dilakukan akan dijelaskan dalam ilustrasi berikut :



**Gambar 2.** Rancangan penelitian

Pada gambar 2. merupakan rancangan penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah penjelasan tentang tahapan penelitian tersebut :

a. Metode Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, akan dipaparkan cara pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian, mulai dari identifikasi masalah, dan *literature review*

1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah digunakan guna menemukan isu utama yang menjadi dasar penelitian. Dalam konteks penelitian ini, fokusnya adalah memahami hubungan antara produk terjual dan potongan biaya pengiriman terhadap penjualan *marketplace*. Permasalahan yang diidentifikasi meliputi ketidakpastian dalam prediksi penjualan, yaitu banyak faktor yang memengaruhi penjualan di *marketplace*, sehingga sulit bagi pemilik usaha untuk membuat prediksi akurat. Selain itu, pengaruh diskon pengiriman terhadap penjualan digunakan sebagai strategi pemasaran, tetapi dampaknya terhadap penjualan belum sepenuhnya dipahami. Oleh karenanya penelitian ini berfokus dalam menganalisis dan memprediksi penjualan di *marketplace* Shopee, khususnya pada toko Aufar Grosir Jeans, dengan menggunakan pendekatan data mining berbasis metode SEMMA.

2 *Literatur Review*

Kajian literatur ini bertujuan untuk mendapatkan dasar teori yang mendukung penelitian.

Penelitian ini mengacu pada teori penjualan yang menyatakan bahwa penjualan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti strategi pemasaran, potongan biaya pengiriman, dan jumlah produk yang terjual. Potongan biaya pengiriman dianggap memengaruhi keputusan pembelian karena memberikan insentif tambahan bagi konsumen untuk menyelesaikan transaksi.

Dari sisi metodologi, penelitian ini menggunakan pendekatan SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, Assess) untuk menganalisis data secara sistematis. Metode ini membantu menemukan pola dan hubungan antara variabel independen dan dependen. Algoritma regresi linear berganda digunakan untuk memprediksi total penjualan berdasarkan jumlah produk terjual dan potongan biaya pengiriman. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghasilkan analisis yang akurat dan mendalam.

b. *Sample*

Penelitian ini memilih data yang relevan yang sejalan dengan tujuan penelitian. Data yang digunakan adalah data penjualan dari toko Afar Grosir Jeans di *marketplace* Shopee selama lima bulan (Mei–September 2024). Sampel yang dipilih terdiri dari 8 kolom utama, yaitu nomor pesanan, nama produk, harga awal, harga setelah diskon, total harga produk, jumlah produk yang dipesan, estimasi potongan biaya pengiriman, dan total pembayaran.

c. *Explore*

1 *Data Understanding*

Tahap *Data Understanding* bertujuan untuk memperoleh pemahaman awal terhadap data yang akan digunakan dalam penelitian. Proses ini juga mencakup analisis deskriptif untuk mengidentifikasi pola dan tren awal dari variabel-variabel yang ada.

2 *Data Cleaning*

Pada tahapan ini, dilakukan pembersihan data untuk memastikan kualitas data yang akan dianalisis. Proses ini melibatkan penghapusan data yang tidak relevan atau tidak lengkap, pemeriksaan dan penghapusan data duplikat, pengisian nilai yang hilang (*missing values*), serta memastikan konsistensi data yang digunakan.

3 *Data Selection*

Tahapan ini bertujuan untuk memilih data yang relevan dari dataset yang telah dibersihkan dan tersedia. Data yang dipilih hanya mencakup variabel yang sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu produk terjual, potongan biaya pengiriman, dan total penjualan. Data yang tidak relevan atau tidak diperlukan akan dihapus untuk memastikan analisis lebih fokus dan efisien.

d. *Modify*

1 Modifikasi Data

Pada bagian modifikasi, data akan disesuaikan agar siap digunakan dalam analisis. Proses ini meliputi penanganan *missing values* yaitu mengisi data yang hilang dengan nilai rata-rata, median, atau metode lain yang sesuai, transformasi data yaitu mengubah format data jika diperlukan, seperti mengonversi nilai kategori menjadi angka atau normalisasi data untuk skala yang seragam, serta penghapusan outlier yaitu mengidentifikasi dan menghapus data yang tidak wajar agar tidak memengaruhi hasil analisis.

2 *Data Integration*

Tahap ini menggabungkan data penjualan *marketplace* dari bulan Mei hingga September 2024. Proses ini memastikan seluruh data dari periode tersebut digabungkan ke dalam satu dataset terpadu. Data dari masing-masing bulan diintegrasikan berdasarkan struktur yang sama, seperti kolom produk terjual, potongan biaya pengiriman, dan total penjualan.

e. *Model*

Tahapan ini merupakan proses utama dalam analisis data, di mana model regresi linear berganda digunakan untuk memprediksi pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Sebelum membangun model, dilakukan serangkaian uji untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi dasar regresi linear dan model yang digunakan layak untuk analisis lebih lanjut. Untuk memastikan model regresi linear berganda valid dan reliabel, dilakukan serangkaian pengujian berikut:

1 Uji Asumsi Klasik

Uji ini dilakukan guna memastikan model regresi memenuhi kriteria statistik yang valid. Uji

yang dilakukan meliputi:

- Uji Normalitas : Memastikan bahwa data residu dari model regresi terdistribusi normal. Hal ini penting untuk validitas uji statistik dalam model. Uji normalitas akan dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*
- Uji Heterokedastisitas : Memeriksa apakah kesalahan dalam model regresi (selisih antara nilai yang diramalkan dan nilai yang sesungguhnya) memiliki variasi yang sama di semua tingkat variabel yang kita gunakan.
- Uji Multikolinearitas : Melihat apakah ada hubungan yang sangat kuat antar variabel independen dalam model. Multikolinearitas dapat menyebabkan hasil estimasi menjadi bias. Uji ini biasanya dilakukan dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor (VIF)* dan *Tolerance*.
- Uji Autokorelasi : Memeriksa apakah ada korelasi antara residual dalam model regresi. Autokorelasi dapat membuat model kurang akurat, terutama jika data memiliki urutan waktu. Uji Durbin-Watson akan digunakan untuk mendeteksi masalah ini.

## 2 Uji Kelayakan

Uji kelayakan dilakukan untuk menilai apakah model regresi yang dihasilkan dapat digunakan untuk memprediksi atau menjelaskan hubungan antarvariabel. Uji ini meliputi:

- Uji F (Simultan) : Melihat apakah semua variabel independen bersama-sama mempengaruhi variabel dependen secara signifikan. Jika nilai signifikan lebih kecil dari  $\alpha$  (0,05) maka model dianggap signifikan secara keseluruhan.
- Uji T (Parsial) : Memeriksa adanya pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara individu. Dianggap mempengaruhi apabila nilai signifikan lebih kecil dari  $\alpha$  (0,05).
- Uji Aurokorelasi : Mengukur besarnya variasi variabel dependen terhadap variabel independent yang dapat dijelaskan dalam model. Semakin besar nilai  $R^2$ , semakin baik model dalam menjelaskan hubungan antarvariabel.

## 3. Hasil Uji Regresi Linear Berganda

Uji Regresi linear berganda dalam penelitian ini sangat penting karena memungkinkan untuk menganalisis pengaruh dua atau lebih variabel independen, yakni produk terjual dan potongan biaya pengiriman, terhadap variabel dependen yaitu penjualan *marketplace*. Dengan metode ini, dapat diketahui sejauh mana variabel-variabel tersebut secara simultan maupun parsial memengaruhi penjualan, sehingga hasil penelitian dapat digunakan untuk memberikan prediksi yang akurat dan dukungan dalam pengambilan keputusan.

## f. Asses

Tahap Asses bertujuan untuk mengevaluasi performa model regresi linear berganda yang telah dibuat. Evaluasi dilakukan dengan menghitung tingkat kesalahan prediksi menggunakan beberapa metrik, yaitu *Mean Squared Error (MSE)*, *Root Mean Squared Error (RMSE)* dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Metrik-metrik ini memberikan gambaran sejauh mana model mampu memprediksi nilai variabel dependen dengan akurasi yang baik.

### 1. Pengukuran Error

- *Mean Squared Error (MSE)* : *Mean Squared Error (MSE)* digunakan untuk menghitung rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai sebenarnya dengan nilai prediksi. Karena menggunakan perhitungan kuadrat, MSE memberikan penekanan lebih besar pada kesalahan yang besar. Nilai MSE yang lebih kecil menunjukkan bahwa model memiliki kinerja prediksi yang lebih baik.
- *Root Mean Squared error (RMSE)* : merupakan akar kuadrat dari nilai MSE, yang menghasilkan metrik kesalahan dalam skala yang sebanding dengan data asli. RMSE digunakan untuk memahami kesalahan prediksi dalam satuan yang sama dengan variabel dependen, sehingga lebih intuitif dibandingkan MSE.
- *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* : MAPE mengukur rata-rata persentase kesalahan antara nilai sebenarnya dan nilai ramalan. Semakin kecil nilai MAPE, semakin baik model dalam memprediksi. MAPE sering digunakan karena memberikan interpretasi dalam bentuk persentase, sehingga mudah dipahami.

## 2.2 Prediksi

Prediksi atau forecasting adalah kegiatan meramalkan atau memperkirakan situasi di masa depan didasarkan pada informasi atau data dari masa lalu, dengan tujuan mengurangi potensi kesalahan yang mungkin terjadi [6]

## 2.3 Penjualan

Secara umum, penjualan merupakan aktivitas transaksi yang melibatkan dua pihak atau lebih dengan memanfaatkan media pembayaran yang legal, dengan tujuan utama memperoleh keuntungan dari produk atau jasa yang dibeli. Menurut Soemarso dalam bukunya "Akuntansi Suatu Pengantar" (2009:164), penjualan adalah tindakan dunia usaha untuk menjual produknya, yang dapat dilakukan secara tunai atau secara kredit. Penjualan juga dapat diartikan sebagai kegiatan di mana penjual berusaha memuaskan kebutuhan dan keinginan pembeli, sehingga terjalin hubungan yang saling menguntungkan dan berkelanjutan bagi kedua belah pihak [7]

## 2.4 Marketplace

*Marketplace* dapat diartikan sebagai pasar dalam bahasa Inggris. Namun istilah *Marketplace* mempunyai arti yang lebih spesifik yaitu interaksi jual beli antara penjual dan pembeli di dalam tempat yang telah ditetapkan. Dalam konteks ini, yang ditunjukkan bukan pasar fisik, melainkan pasar online. Pasar online merupakan platform untuk memfasilitasi transaksi tanpa perlu menyewa lokasi fisik atau mendirikan booth penjualan, sehingga membuat transaksi menjadi lebih nyaman. *Marketplace* menawarkan fitur-fitur yang dapat meningkatkan kredibilitas toko online. Fitur-fitur tersebut antara lain integrasi pembayaran, escrow account, verifikasi toko, reputasi, dan mekanisme verifikasi yang dapat meningkatkan kepercayaan konsumen. Pada dasarnya, *Marketplace* merupakan ruang di mana para pengusaha dapat menawarkan produk dan jasanya kepada konsumen. Tidak hanya platform seperti shopee, tokopedia, bukalapak, dan lazada, aplikasi seperti Instagram dan TikTok juga berperan besar dalam perdagangan digital. Bisnis yang dikembangkan melalui platform seluler dapat menawarkan berbagai manfaat, antara lain pembentukan saluran pemasaran langsung, kemampuan memperkuat merek, meningkatkan keterlibatan pelanggan, dan membedakan diri dalam kompetensi [8]

## 2.5 SPSS

SPSS adalah perangkat lunak komputer yang berguna untuk analisis statistik. Pada awalnya, SPSS dirancang untuk ilmu sosial, tetapi seiring waktu, penggunaannya meluas ke berbagai bidang lainnya, sehingga namanya diubah menjadi Statistical Product and Service Solution (Nisfiannoor, Muhammad, 2009)

## 2.6 Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang menggunakan interpreter guna menjalankan kode secara langsung. Dengan interpreter ini, Python dapat dijalankan di berbagai platform, seperti Windows, Linux, dan lainnya. Bahasa python mengambil berbagai paradigma pemrograman, termasuk pemrograman prosedural seperti pada C, pemrograman berorientasi objek seperti Java, serta pemrograman fungsional seperti Lisp. Kombinasi paradigma tersebut membuat Python menjadi fleksibel dan memudahkan pengembang dalam membuat berbagai proyek. Python banyak digunakan oleh programmer dan peneliti karena fleksibilitasnya untuk berbagai keperluan. Python juga mendukung integrasi dengan sistem basis data dan memungkinkan pengolahan serta modifikasi file. Oleh karena itu, Python sering dimanfaatkan untuk prototipe atau pengembangan perangkat lunak dengan cepat dan andal. Selain itu, kemampuan Python dalam menangani data skala besar dan menyelesaikan perhitungan matematika yang kompleks menjadikannya pilihan populer di kalangan peneliti [9]

## 2.7 Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linier berganda, atau yang sering disebut sebagai multiple linear regression, diterapkan guna mengevaluasi seberapa jauh dua atau lebih variabel independen ( $X_1$  dan  $X_2$ ) mempengaruhi satu variabel dependen ( $Y$ ) [10]. Ali Anwar berpendapat bahwa regresi linear berganda dikenal juga sebagai regresi ganda dua prediktor, di mana terdapat tiga variabel yang berperan, yaitu dua variabel bebas dan satu variabel terikat [11]

Regresi linier berganda merupakan metode yang digunakan untuk melakukan peramalan dengan mencakup dua atau lebih variabel, yaitu variabel yang mempengaruhi dan variabel yang dipengaruhi. Variabel-variabel ini saling terkait, menciptakan hubungan sebab-akibat. Dalam regresi linier berganda, keterkaitan antara variabel bebas dan variabel terikat direpresentasikan dalam bentuk garis lurus. Melalui analisis regresi linier, kita dapat memperoleh persamaan yang berfungsi untuk memprediksi nilai variabel dependen di waktu yang akan datang dengan menginput nilai variabel independen ke dalam persamaan

tersebut [12]

Analisis regresi linier berganda dapat dikatakan sebagai peningkatan dari analisis regresi linier sederhana, di mana lebih dari satu variabel dependen (x) yang dilibatkan. Metode ini bertujuan mengukur pengaruh beberapa variabel independen terhadap variabel dependen (y), dengan mempertimbangkan nilai dari masing-masing variabel independen tersebut [13]. Berikut merupakan rumus persamaannya :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \tag{1}$$

Keterangan:

- Y : Variabel terikat (*Dependent Variable*)
- a : Konstanta (titik potong Y)
- b : Koefisien dari variabel X(n)
- X : Variabel bebas (*Independent Variable*)

### 2.8 Pengukuran Error

Pengukuran *error* adalah metode untuk menghitung seberapa jauh perbedaan antara nilai yang diramalkan dan nilai asli dalam sebuah model. Pengukuran ini penting untuk menilai akurasi model prediksi atau peramalan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode dokumentasi, dimana data yang digunakan dalam penelitian didapatkan secara langsung dari toko AUFAR Grosir Jeans sebagai objek penelitian. Data yang diminta adalah data 5 bulan penjualan, tepatnya data di bulan Mei 2024 sampai September 2024 sebanyak 9.219 data, yang tersedia dalam arsip transaksi atau laporan penjualan. Teknik Pengumpulan data yang digunakan yaitu hanya dipilih beberapa data atau kolom saja yang relevan dengan kebutuhan analisis. Teknik ini digunakan agar data yang digunakan sesuai dengan tujuan penelitian yaitu mengeksplorasi hubungan antara variabel-variabel yang memengaruhi penjualan.

#### 3.2.1 Identifikasi Masalah

Dalam penelitian ini masalah yang dihadapi adalah penurunan efektivitas strategi penjualan di *marketplace* AUFAR Grosir Jeans. Berdasarkan pengamatan awal, belum ada analisis mendalam mengenai hubungan antara jumlah produk terjual, potongan biaya pengiriman, dan total pembayaran terhadap peningkatan penjualan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan kepada pemilik toko mengenai pengaruh variabel-variabel tersebut untuk meningkatkan strategi pemasaran dan penjualan.

#### 3.2.2 Literature Review

Penelitian ini didukung oleh kajian literatur yang berkaitan dengan teori penjualan dan strategi diskon biaya pengiriman. Penjualan dapat dorong oleh berbagai faktor, satu diantaranya adalah promosi atau diskon yang memberikan insentif kepada konsumen. Kajian sebelumnya juga menunjukkan bahwa metode analisis seperti regresi linear berganda dapat berguna untuk memprediksi hubungan antara variabel bebas dan terikat. Literature review ini memberikan landasan teoritis dalam memahami hubungan antara produk terjual, potongan biaya pengiriman, dan penjualan pada *marketplace*.

### 3.3 Sample

Sample yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penjualan *marketplace* AUFAR Grosir Jeans di Shoppe yang diambil dari bulan Mei sampai September 2024. Berikut merupakan contoh data penjualan yang akan dijadikan sebagai sample dalam penelitian ini :

No. Pesanan	Nama Produk	Harga Awal	Harga Setelah	Total Harga Produk	Jumlah Produk	Estimasi Potong	Total Pembayaran
2405016A1RN7C2	celana viral jeans	58905	58905	58905	1	12000	57519
2405016UBY7655	CELANA KULOT JE	65800	65800	65800	1	18500	63947
2405029CY1DSM1	CELANA KULOT JE	55800	55800	55800	1	14000	55938
2405028R443CFU	celana anak laki l	50905	50905	50905	1	10000	41905
2405029Q2744U1	CELANA KULOT JE	56800	56800	56800	1	14000	57800
240501737UMBAX	overall anak pere	59865	59865	59865	1	15000	63995
2405029FCG13NA	celana jeans carg	65800	65800	65800	1	15000	63820
2405015P9YQEA0	celana anak laki l	64905	64905	64905	1	15000	68501
2405016XWNEXRN	CELANA JEANS AB	55800	55800	55800	1	18250	56130
2405029NANCJC3	Celana kulot jean	60015	60015	60015	1	18000	63416
2405017RXGTJ77	5-17 tahun cargo	63800	63800	63800	1	17000	55079
24050285RGGBV0	CARGO KULOT JE	58905	58905	58905	3	14000	182610
24050285RGGBV0	CELANA JEANS AB	61800	61800	61800	3	14000	182610
24050285RGGBV0	CELANA JEANS AB	59905	59905	59905	3	14000	182610
2405029JE83TRE	CELANA JEANS AB	55800	55800	55800	2	20000	104988
2405029JE83TRE	CELANA JEANS AB	61800	61800	61800	2	20000	104988
2405029KTEDNBM	CELANA KULOT JE	69905	69905	69905	1	20000	74741

**Gambar 3.** Data Penjualan AUFAR Grosir *Jeans*

**3.3 Explore**

Tahapan Explore bertujuan untuk memahami karakteristik dataset yang digunakan, membersihkan data dari masalah kualitas, dan memilih data yang relevan untuk analisis lebih lanjut. Tahapan ini meliputi tiga proses utama, yaitu *Data Understanding*, *Data Cleaning*, dan *Data Selection*.

**3.3.1 Data Understanding**

Data yang didapat dari toko AUFAR Grosir *Jeans* merupakan data penjualan di tahun 2024 dengan format excel, dimana data tersebut memiliki banyak atribut, diantaranya :

1. No. Pesanan : Nomor unik yang digunakan untuk mengenali produk yang dipesan
2. Nama Pesanan : Nama atau deskripsi dari barang yang dipesan
3. Harga Awal : Harga asli sebelum adanya diskon
4. Harga Setelah Diskon : Harga asli dikurangi dengan diskon yang diberikan
5. Total harga produk : Harga atau jumlah yang harus dibayarkan dalam pesanan
6. Jumlah Produk Dipesan : Kuantitas atau jumlah unit produk yang dibeli dalam satu pesanan oleh pelanggan.
7. Estimasi Potongan Biaya Pengiriman : Perkiraan besaran potongan atau subsidi biaya pengiriman yang diberikan oleh *marketplace* atau penjual dalam transaksi tersebut.
8. Total Pembayaran : Jumlah akhir yang harus dibayar oleh pelanggan setelah menghitung total harga produk dan dikurangi potongan biaya pengiriman, jika ada.

**3.3.2 Data Cleaning**

Pada tahap data cleaning dilakukan pengecekan apakah ada data yang hilang atau missing value pada data atau kolom sample yang dipilih dengan menggunakan Bahasa Pyhon. Jika terdapat missing value, maka pada bagian tersebut harus dihapus agar tidak mengganggu akurasi data dalam tahap pemodelan nanti. Berikut hasil pengecekan missing value pada data *sample*.

```

0
Jumlah Produk di Pesan 0
Estimasi Potongan Biaya Pengiriman 0
Total Pembayaran 0
dtype: int64
    
```

**Gambar 4.** Data Missing Value

Pada gambar 4. ditunjukkan bahwa tidak terdapat missing value pada data *sample* yang digunakan.

**3.3.3 Data Selection**

Tahap ini melibatkan pemilihan data yang relevan untuk keperluan pemodelan. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 504 data gabungan dari data bulan Mei-September 2024. Data yang dipakai mencakup :

1. Variabel Independen yaitu jumlah produk yang dipesan atau produk terjual (X1) dan estimasi potongan biaya pengiriman (X2)
2. Variabel Dependen yaitu total pembayaran atau penjualan (Y)

Berikut data yang akan digunakan :

No	Produk Terjual (X1)	Potongan Ongkir (X2)	Penjualan
1	2	24500	121214
2	4	30000	236210
3	1	40000	60359
4	2	33500	119260

5	2	20500	139944
6	1	18750	56370
7	1	11000	57992
8	1	15000	69432
9	3	40000	206057
10	2	16000	125384
11	1	20000	68300
12	1	20000	79208
13	2	11500	108772
14	1	20500	59600
15	1	20000	54030
504	1	15000	49672

**Tabel 1.** Data Variabel

### 3.4 Modify

#### 3.4.1 Modifikasi Data

Pada tahapan sebelumnya yaitu tahap *explore*, tidak terdapat *missing value* pada data sehingga tidak perlu dilakukan penanganan *missing value*. Pada kolom estimasi potongan biaya pengiriman terdapat angka nol, yang menandakan bahwa tidak terdapat potongan biaya pengiriman pada pesanan tersebut. Untuk mencegah data yang tidak normal karena perbedaan *outlier*, oleh karena itu baris yang memiliki angka nol tidak akan digunakan dalam penelitian.

#### 3.4.2 Data Integration

Penggabungan data akan dilakukan dalam tahapan ini. Penggabungannya yaitu data dari rentang waktu 5 bulan berdasarkan sample yang didapat, sehingga data menjadi konsisten dan siap untuk dianalisis lebih lanjut.

### 3.5 Model

#### 3.5.1 Uji Asumsi Klasik

##### 1. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk memastikan bahwa data dan data residu yang digunakan terdistribusi secara normal. Pada penelitian ini, uji normalitas akan menggunakan uji metode statistik *Kolmogorov-Smirnov*.

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

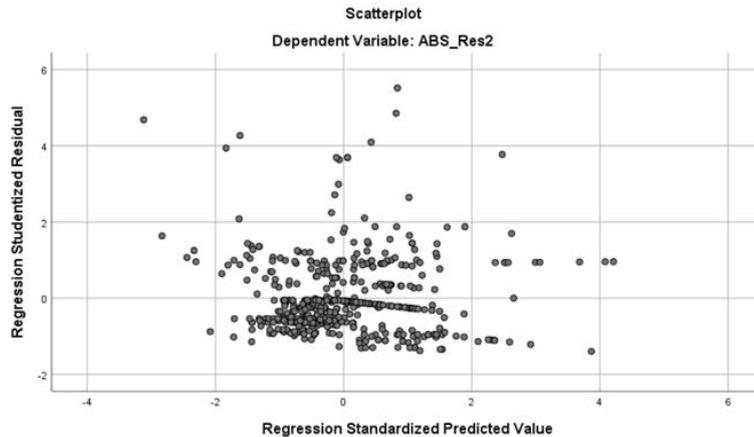
		Unstandardized Residual	
N		504	
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	.0000000	
	Std. Deviation	11201.29218	
Most Extreme Differences	Absolute	.068	
	Positive	.068	
	Negative	-.049	
Test Statistic		.068	
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000 <sup>c</sup>	
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.	.018 <sup>d</sup>	
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.014
		Upper Bound	.021

**Gambar 5.** Uji Normalitas

Dari gambar 5. pengujian yang dilakukan nilai sig adalah  $0.18 > 0.05$  maka dapat disimpulkan data residual berdistribusi normal

**2. Uji Heterokedastisitas**

Ada 2 cara melihat adanya heterokedastisitas dalam suatu model, diantaranya yaitu dengan menggunakan metode grafik, dan metode non grafik atau uji glejser.



**Gambar 6.** Uji Heterokedastisitas

Kriteria terjadinya heterokedastisitas pada metode grafik seperti pada gambar 6, adalah terlihat adanya titik-titik menyebar dan tidak membentuk pola. Grafik tersebut tidak menunjukkan adanya heteroskedastisitas, karena titik-titiknya tersebar secara acak tanpa pola tertentu. Namun, interpretasi ini perlu didukung dengan uji statistik tambahan seperti uji Glejser untuk memastikan hasilnya.

Dalam uji glejser jika  $sig > \alpha (0.05)$  disimpulkan tidak terjadi heterokedastisitas, sebaliknya jika  $sig < \alpha (0.05)$  maka terjadi heterokedastisitas

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	22447.733	2291.224		9.797	.000
	X11	-2.233	1.571	-.063	-1.422	.156
	X22	.140	.101	.062	1.384	.167

a. Dependent Variable: ABS\_Res2

**Gambar 7.** Uji Glejser

Dilihat dari hasil uji glejser yang dilakukan bahwa nilai signifikansi produk terjual yaitu 0.156 dan potongan biaya ongkir (pengiriman) adalah 0.167 menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari  $\alpha$ , jadi kesimpulannya tidak terjadi heterokedastisitas.

**3. Uji Multikolinearitas**

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	4806.341	1439.806		3.338	.001	
	produk terjual	55514.120	869.992	.929	63.810	.000	.759 1.318
	potongan ongkir	.263	.066	.058	4.010	.000	.759 1.318

a. Dependent Variable: penjualan

**Gambar 8.** Uji Multikolinearitas

Dalam uji multikolinearitas, apabila nilai VIF < 10 atau nilai *Tolerance* > 0,1, maka dinyatakan tidak terjadi multikolinearitas. Sebaliknya, jika nilai VIF > 10 atau nilai *Tolerance* < 0,1, maka dinyatakan terjadi multikolinearitas

Nilai *Tolerance* adalah 0.759 dan nilai VIF adalah 1,318 , maka kesimpulannya tidak terjadi multikolinearitas. Sehingga data produk terjual dan potongan biaya pengiriman baik digunakan dalam model regresi.

**4. Uji Autokorelasi**

Autokorelasi tidak terjadi apabila nilai Durbin Watson berada diantara du sampai dengan (4-du)

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.959 <sup>a</sup>	.919	.919	11223.628	2.118

a. Predictors: (Constant), potongan ongkir, produk terjual

b. Dependent Variable: penjualan

**Gambar 9.** Uji Autokorelasi

Nilai du dicari pada distribusi nilai tabel Durbin Watson berdasarkan k dan N dengan signifikansi 5%.

k = Banyaknya variabel *independent*

N = Banyaknya data

Dari persamaan tersebut, nilai k = 2, dan nilai N = 504. Lalu, tahap selanjutnya adalah mencari nilai k = 2, N = 504 pada tabel *Durbin Watson* dengan level *significance* sebesar  $\alpha = 5\%$ .

n\k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
250	1.785	1.801	1.777	1.809	1.769	1.817	1.760	1.825	1.752	1.834	1.744	1.842	1.736	1.851	1.727	1.859	1.719	1.868	1.710	1.876
300	1.804	1.817	1.797	1.824	1.791	1.831	1.784	1.838	1.777	1.845	1.770	1.852	1.763	1.859	1.756	1.866	1.749	1.873	1.742	1.880
350	1.819	1.830	1.813	1.836	1.807	1.842	1.802	1.848	1.796	1.854	1.790	1.860	1.784	1.866	1.778	1.872	1.772	1.878	1.766	1.884
400	1.831	1.841	1.826	1.846	1.821	1.851	1.816	1.856	1.811	1.861	1.806	1.866	1.800	1.872	1.795	1.877	1.790	1.882	1.785	1.887
450	1.841	1.850	1.836	1.854	1.832	1.859	1.827	1.863	1.823	1.868	1.818	1.872	1.814	1.877	1.809	1.882	1.805	1.886	1.800	1.891
500	1.849	1.857	1.845	1.861	1.841	1.865	1.837	1.869	1.833	1.873	1.829	1.877	1.825	1.882	1.821	1.886	1.817	1.890	1.812	1.894
550	1.856	1.864	1.853	1.867	1.849	1.871	1.845	1.875	1.842	1.878	1.838	1.882	1.834	1.886	1.831	1.890	1.827	1.893	1.823	1.897
600	1.863	1.869	1.859	1.873	1.856	1.876	1.853	1.879	1.849	1.883	1.846	1.886	1.842	1.890	1.839	1.893	1.836	1.896	1.832	1.900
650	1.868	1.874	1.865	1.877	1.862	1.880	1.859	1.884	1.856	1.887	1.853	1.890	1.849	1.893	1.846	1.896	1.843	1.899	1.840	1.902
700	1.873	1.879	1.870	1.882	1.867	1.884	1.864	1.887	1.861	1.890	1.859	1.893	1.856	1.896	1.853	1.899	1.850	1.902	1.847	1.905
750	1.877	1.883	1.875	1.885	1.872	1.888	1.869	1.891	1.867	1.893	1.864	1.896	1.861	1.899	1.859	1.902	1.856	1.904	1.853	1.907
800	1.881	1.886	1.879	1.889	1.876	1.891	1.874	1.894	1.871	1.896	1.869	1.899	1.866	1.901	1.864	1.904	1.861	1.907	1.859	1.909
850	1.885	1.890	1.883	1.892	1.880	1.894	1.878	1.897	1.875	1.899	1.873	1.902	1.871	1.904	1.868	1.906	1.866	1.909	1.864	1.911
900	1.888	1.893	1.886	1.895	1.884	1.897	1.882	1.899	1.879	1.902	1.877	1.904	1.875	1.906	1.873	1.908	1.870	1.911	1.868	1.913
950	1.891	1.895	1.889	1.898	1.887	1.900	1.885	1.902	1.883	1.904	1.881	1.906	1.879	1.908	1.876	1.910	1.874	1.913	1.872	1.915
1000	1.894	1.898	1.892	1.900	1.890	1.902	1.888	1.904	1.886	1.906	1.884	1.908	1.882	1.910	1.880	1.912	1.878	1.914	1.876	1.916

**Tabel 2.** *Durbin Watson*  $\alpha = 0,05$   
 (sumber : (real-statistics.com))

Dari Tabel 2 kita mendapati nilai du untuk N = 504 adalah (1,861), dan N 550 = (1,867), untuk mendapatkan nilai dengan N=504 karena dalam tabel tersebut tidak tersedia maka harus dilakukan interpolasi linear terlebih dahulu. Berikut merupakan rumus interpolasi linear :

$$du = d_{low} + ((n_{target} - n_{low}) / ((n_{high} - n_{low})) \times (d_{high} - d_{low})) \tag{2}$$

$$= d_{high} - d_{low} = 1.867 - 1.861 = 0.006$$

$$= n_{high} - n_{low} = 550 - 500 = 50$$

$$du = d_{low} + ((n_{target} - n_{low}) / ((n_{high} - n_{low})) \times (d_{high} - d_{low}))$$

$$du = 1.861 + ((504 - 500) / ((50)) \times (0.006))$$

$$du = 1.86148 = 1.8615 \text{ (dibulatkan ke 4 desimal)}$$

Jadi untuk nilai 4-du (4-1,8615) dan pada gambar mendapati nilai dari Durbin Watson adalah (2,118), dengan demikian didapatkan hasil seperti di bawah ini:

Diketahui :

$$du = 1,8615$$

$$4 - du = 2,1385$$

$$Durbin\ Watson = 2,118$$

Kesimpulannya adalah  $1,8615 < 2,118 < 2,1385$  Tidak ada autokorelasi dalam model regresi ini, dikarenakan nilai Durbin Watson berada diantara nilai  $du$  dan  $4 - du$ .

### 3.5.2 Uji Kelayakan

#### 1. Uji F (Simultan)

Ada 2 cara pengambilan keputusan dalam uji F simultan yaitu dengan melihat nilai signifikansi dari output anova dan perbandingan dari  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$ .

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.204E+11	2	3.602E+11	2859.518	.000 <sup>b</sup>
	Residual	6.311E+10	501	125969820.4		
	Total	7.835E+11	503			

a. Dependent Variable: penjualan

b. Predictors: (Constant), potongan ongkir, produk terjual

**Gambar 10.** Uji F Simultan

Dari nilai signifikansi apabila  $sig < 0.05$  maka  $H_a$  diterima artinya variabel independent berpengaruh secara simultan terhadap variabel dependen. Dari pengujian terlihat bahwa nilai signifikansi yaitu 0.000 artinya  $< 0.05$ , maka dapat disimpulkan  $H_a$  diterima, variabel produk terjual dan variabel potongan biaya pengiriman mempengaruhi penjualan secara simultan.

Berdasarkan perbandingan  $F_{hitung}$  dan  $F_{tabel}$ , jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka hipotesis ( $H_a$ ) diterima. Maka artinya variabel independent mempengaruhi variabel dependen. Rumus mencari  $F_{tabel}$  adalah :

$$F_{tabel} = (k ; n-k)$$

$$F_{tabel} = (2 ; 504-2)$$

$$F_{tabel} = (2 ; 502) = 3,013$$

Angka 3,013 didapatkan dari distribusi nilai  $F_{tabel}$  statistik dengan menggunakan excel. Dapat disimpulkan bahwa Variabel ( $X_1$ ) produk terjual dan ( $X_2$ ) potongan biaya pengiriman berhubungan secara simultan terhadap Variabel ( $Y$ ) dikarenakan nilai  $F_{hitung} = 2832,640 > F_{tabel} = 3,013$

#### 2. Uji T (Parsial)

Sama dengan Uji F Simultan Uji T Parsial juga memiliki 2 cara dalam pengambilan keputusan yaitu dengan melihat nilai signifikansi dari output anova dan perbandingan dari  $t_{hitung}$  dengan  $t_{tabel}$ . Uji t-berpasangan (*Paired t-Test*) akan digunakan dalam penelitian ini karena tiap pasangan data berasal dari subjek yang sama atau terkait erat.

**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	produk terjual - potongan ongkir	-21276.540	8762.730	390.323	-22043.404	-20509.675	-54.510	503	.000

**Gambar 11.** Uji T Parsial

Berdasarkan nilai signifikansi apabila  $sig < 0.05$  artinya  $H_a$  diterima, maka terdapat pengaruh antara variabel independent dan variabel dependen. Dari pengujian terlihat bahwa nilai signifikansi yaitu 0.000 artinya  $< 0.05$ , maka dapat disimpulkan variabel produk terjual dan variabel potongan biaya pengiriman mempengaruhi penjualan.

Berdasarkan perbandingan  $t_{hitung}$  dengan  $t_{tabel}$ , jika nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka hipotesis ( $H_a$ ) diterima. Maka artinya variabel independent mempengaruhi variabel dependen. Rumus mencari  $t_{tabel}$  adalah :

$$\begin{aligned}
 t_{tabel} &= a/2 ; n-k-1 \\
 t_{tabel} &= 0,05/2 ; 504-2-1 \\
 t_{tabel} &= 0,025 ; 501 = -1964
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Angka - 0674 didapatkan dari distribusi nilai *t* tabel statistik dengan menggunakan excel. Dapat disimpulkan bahwa Variabel (X1) produk terjual dan (X2) potongan biaya pengiriman berpengaruh terhadap Variabel (Y) dikarenakan nilai *thitung* = - 54.271 > *t* tabel = - 1964

### 3. Uji Koefisien Determinasi

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.959 <sup>a</sup>	.919	.919	11223.628

a. Predictors: (Constant), potongan ongkir, produk terjual

**Gambar 12.** Uji Koefisien Determinasi (R<sup>2</sup>)

Berdasarkan hasil Model Summary pada gambar 12, nilai *Adjusted R Square* menunjukkan angka sebesar 91,9%. Hal ini mengindikasikan bahwa variabel independen, yaitu produk terjual (X1) dan potongan biaya pengiriman (X2), memiliki pengaruh sebesar 91,9% terhadap variabel dependen, yaitu penjualan (Y).

#### 3.5.3 Hasil Uji Regresi Linear Berganda

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4806.341	1439.806		3.338	.001
	produk terjual	55514.120	869.992	.929	63.810	.000
	potongan ongkir	.263	.066	.058	4.010	.000

a. Dependent Variable: penjualan

**Gambar 13.** Uji Regresi Linear Berganda

Dari gambar 13, maka hasil regresi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. *Intercept (Constant)*: Nilai intercept sebesar 4806.341 menunjukkan bahwa jika tidak ada produk terjual dan tidak ada potongan ongkir maka penjualan diprediksi sebesar 4806.341.
- b. Koefisien Produk Terjual : Nilai koefisien sebesar 55514.120 menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu unit produk terjual akan meningkatkan penjualan sebesar 55514.120, dengan asumsi variabel lainnya konstan.
- c. Koefisien Potongan Ongkos Kirim : Nilai koefisien sebesar 0.263 menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu unit potongan ongkir akan meningkatkan penjualan sebesar 0.263, dengan asumsi variabel lainnya konstan.

Persamaan Regresi Dari hasil regresi diatas didapatkan persamaan regresi yang dimana dari hasil regresi tersebut dapat diolah menjadi prediksi penjualan *marketplace* yaitu :

$$\begin{aligned}
 Y &= a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \\
 Y &= 4806.341 + 55514.120 X_1 + 0,263 X_2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Setelah persamaan regresi linear didapatkan, maka untuk melihat estimasi penjualan *marketplace* AUFAR Grosir Jeans dapat dilakukan dengan memasukkan nilai X1 dan X2 sesuai dengan frekuensi atau banyaknya produk terjual dan potongan biaya pada periode bulan Mei-September 2024 pada gambar dibawah ini:

Sum of jumlah produk	Sum of	Count of potongan
----------------------	--------	-------------------

terjual	penjualan	ongkir
738	46211370	504

**Tabel 3.** Frekuensi *Marketplace*

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

$$Y = 4806.341 + 55493,584 X_1 + 0,263 X_2$$

$$Y = 4806.341 + 55493,584 (723) + 0,263 (504)$$

$$Y = 4806.341 + 40,146,266.632 + 132.552$$

$$Y = 40,126,800.125$$

Maka hasil dari estimasi (perkiraan) total penjualan atau total pembayaran *marketplace* AUFAR Grosir *Jeans* adalah sebanyak 40,126,800,125 rupiah. Terjadi penurunan penjualan dari bulan sebelumnya sebanyak 6,084,569.88.

### 3.6 Asses

Sebelum melakukan evaluasi performa model yaitu dengan MSE, RMSE, dan MAPE, perlu dicari nilai prediksi (forecast) nya terlebih dahulu. Berikut adalah tabel forecast yang didapat dengan menggunakan tools python:

	jumlah produk terjual	potongan ongkir	Actual	Forecast
173	2	16500	119594	120941.790017
274	2	17500	97975	121184.849207
489	1	14000	65272	64013.625186
72	1	14000	62058	64013.625186
305	4	24000	243016	235405.767653
76	1	25000	76197	66687.276268
475	1	12000	64800	63527.506808
140	2	16625	89384	120972.172416
469	1	14500	57994	64135.154781
498	2	34000	100195	125195.325829
218	1	30000	73746	67902.572214
9	2	16000	125384	120820.260423
479	1	20000	58497	65471.980322
78	1	20000	63320	65471.980322
322	1	15000	62800	64256.684375
312	2	14000	128608	120334.142044
124	1	16000	68905	64499.743565
384	1	18000	64038	64985.861943
195	1	20000	60230	65471.980322
447	2	40000	139944	126653.680965

**Tabel 4.** Nilai Prediksi (*Forecast*)

#### 3.6.1 Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error: 136820412.26052144  
 Root Mean Squared Error: 11697.025786947785  
 Mean Absolute Percentage Error (MAPE): 8.99387261572891 %

**Gambar 14.** Hasil Pengukuran *Error*

Terlihat pada gambar 14, dengan bantuan *tools python* didapatkan MSE nya adalah 136.820.412 Nilai MSE memperlihatkan rata-rata kesalahan kuadrat antara nilai ramalan dan nilai asli. Karena nilai MSE besar, ini menandakan ada kesalahan yang cukup besar pada prediksi, tetapi sulit untuk

menginterpretasikan angka ini secara langsung karena satuannya adalah kuadrat dari satuan target.

### 3.6.2 Root Mean Squared Error (RMSE)

Hasil untuk perhitungan RMSE didapatkan nilai 11,697.02. RMSE adalah akar kuadrat dari MSE, sehingga hasilnya berada dalam skala yang sama dengan target. Nilai RMSE sebesar 11,697.02 menunjukkan bahwa rata-rata prediksi model memiliki deviasi sekitar 11,697.02 dari nilai aktual. target adalah penjualan dalam rupiah, maka prediksi model memiliki rata-rata kesalahan sekitar 11,697 rupiah, yang lebih mudah dipahami dibandingkan MSE.

### 3.6.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE memberikan gambaran tentang kesalahan rata-rata dalam bentuk persentase relatif terhadap nilai aktual. Dengan MAPE sebesar 8,99%, ini berarti prediksi model rata-rata memiliki kesalahan sekitar 8,99% dari nilai aktualnya. Hasil ini cukup baik jika kesalahan prediksi di bawah 10% membuktikan bahwa model yang digunakan cukup akurat.

## 4. Kesimpulan

Melihat dari hasil dan pembahasan penelitian diatas, maka Kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Algoritma regresi linear berganda berhasil diterapkan untuk memprediksi penjualan *marketplace* berdasarkan produk terjual dan potongan biaya pengiriman. Model ini menunjukkan bahwa variabel produk terjual berpengaruh secara signifikan dan positif terhadap penjualan, diikuti oleh kontribusi kecil namun tetap signifikan dari potongan biaya pengiriman. Model regresi linear berganda yang digunakan memiliki akurasi tinggi dengan nilai Adjusted R Square sebesar 91,9% dan MAPE sebesar 8,99%, sehingga dapat diandalkan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam meningkatkan penjualan di *marketplace* AUFAR Grosir Jeans. Dengan regresi linear berganda juga didapatkan prediksi penjualan AUFAR Grosir Jeans ditahun selanjutnya dengan frekuensi yang sama dengan sample adalah sebesar 40,126,800,125 rupiah.
2. Metode SEMMA telah digunakan secara efektif dalam analisis data, mulai dari tahap sample, eksplorasi, pembersihan, seleksi, hingga pemodelan dan evaluasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa produk terjual dan potongan biaya pengiriman secara simultan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penjualan di *marketplace*. Keputusan tersebut juga didukung oleh hasil uji F dengan nilai signifikansi  $0,000 < 0,005$  dan  $F_{hitung} = 2832,640 > F_{tabel} = 3,013$  yang menunjukkan variabel independent yaitu produk terjual dan potongan biaya pengiriman berpengaruh secara simultan terhadap variabel dependen yaitu penjualan. Serta uji T dengan nilai signifikansi  $0,000 < 0,05$  dan  $t_{hitung} = - 54,271 > t_{tabel} = - 1964$  yang menunjukkan adanya hubungan yang signifikan dari variabel-variabel independen.

## Daftar Pustaka

- [1] Ahdiaat Adi, "5 E-Commerce dengan Pengunjung Terbanyak Sepanjang 2023," [databokskatadata.co.id](http://databokskatadata.co.id).
- [2] E. Triyanto, H. Sismoro, and A. D. Laksito, "IMPLEMENTASI ALGORITMA REGRESI LINEAR BERGANDA UNTUK MEMPREDIKSI PRODUKSI PADI DI KABUPATEN BANTUL," *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 4, no. 2, pp. 66–75, Jul. 2019, doi: 10.36341/rabit.v4i2.666.
- [3] R. Badzlin *et al.*, "Implementasi Data Mining Prediksi Penjualan Produk Semen Menggunakan Metode Linear Regression (Studi Kasus PT. Toyo Mortar Indonesia)," 2024. [Online]. Available: <https://journal.stmiki.ac.id>
- [4] Ferdinan, "Prediksi Jumlah Penjualan Tahun 2024 Menggunakan Metode Regresi Linier," 2024, [Online]. Available: <https://djournals.com/resolusi>
- [5] A. Al-Fadhilah Nur Wahyudin, A. Primajaya, and A. Susilo Yuda Irawan, "Penerapan Algoritma Regresi Linear Berganda Pada Estimasi Penjualan Mobil Astra Isuzu Implementation of Double Linear Regression Algorithm On Sales Estimation of Astra Isuzu Car," 2020.
- [6] N. Eka Pratiwi, L. Suryadi, F. Ardhy, and P. Riswanto, "PENERAPAN DATA MINING PREDIKSI PENJUALAN MEBEL TERLARIS MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR(K-NN) (STUDI KASUS : TOKO ZERITA MEUBEL)," 2022.
- [7] A. Selay *et al.*, "SISTEM INFORMASI PENJUALAN," 2023.
- [8] M. Evi Yuliana and S. Isti Kharisma Auliya Alamsyah, "Communication Development in Marketplace Business," *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*

- [9] (IJPSAT, vol. 27, no. 1, pp. 60–66, 2021, [Online]. Available: <http://ijpsat.ijsh-journals.org>  
S. Rahman *et al.*, “PYTHON : DASAR DAN PEMROGRAMAN BERORIENTASI OBJEK TAHTA MEDIA GROUP.”
- [10] A. Fitri, R. Rahim, and Nurhayati, “Anisa , Buku Dasar-dasar Statistika untuk Penelitian,” 2023, Accessed: Oct. 23, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unugiri.ac.id:8443/id/eprint/4882/1/Anisa%20,%20Buku%20%20Dasar-dasar%20Statistika%20untuk%20Penelitian.pdf>
- [11] A. Anwar, “STATISTIKA UNTUK PENELITIAN PENDIDIKAN,” Kediri, 2020.
- [12] A. Novebrian Maharadja, I. Maulana, and B. Arif Dermawan, “Penerapan Metode Regresi Linear Berganda untuk Prediksi Kerugian Negara Berdasarkan Kasus Tindak Pidana Korupsi,” 2021. [Online]. Available: <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- [13] Soecahyadi, “ANALISA STATISTIK DENGAN APLIKASI SPSS,” 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/332269530>

# Perancangan Ontologi Obat Tradisional Bali

Ngurah Kelvin Febryanta Lila Ananda<sup>a1</sup>, I Dewa Ayu Diani<sup>a2</sup>, Made Bayu Maha Krisna Siaka<sup>a3</sup>,  
Cokorda Pramatha<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Informatics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Udayana University  
Badung, Bali, Indonesia  
<sup>1</sup>ngurahkelvin27@gmail.com  
<sup>2</sup>dwyudiah02@gmail.com  
<sup>3</sup>bayusiaka7@gmail.com  
<sup>4</sup>cokorda@unud.ac.id

## Abstract

*This research aims to develop an ontology that describes the elements involved in the use of traditional Balinese medicine. This ontology was built using the Methontology approach, which consists of a series of systematic stages to design, develop, and evaluate ontologies. In this research, the Balinese traditional medicine ontology includes various main classes such as Traditional Medicines, Medicinal Ingredients, Effects, Drug Types, Latin Names, and Processing, which are connected with relevant relations. Evaluation of the ontology is done using SPARQL to test the consistency and accuracy of the information that can be retrieved from the ontology. The results of this research are expected to contribute to the preservation of Balinese traditional knowledge, especially in documenting and organizing information about Balinese traditional medicine, including the ingredients used, therapeutic effects, drug types, Latin names of ingredients, and processing methods used in making Balinese traditional medicine. The ontology can be used as a basis for the development of a broader knowledge-based information system on Balinese traditional medicine.*

**Keywords:** ontology, balinese traditional medicine, methontology, Protégé, SPARQL

## 1. Introduction

Obat tradisional mempunyai peran yang signifikan dalam pelayanan kesehatan di Indonesia. Sebagai negara dengan keanekaragaman hayati terbesar kedua di dunia, Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan sumber daya alam untuk pembuatan obat tradisional [1]. Namun, pengetahuan tradisional mengenai obat tradisional, mulai dari jenis tanaman, bagian yang digunakan, metode pengolahan, hingga indikasi medis, sering kali belum terorganisasi dan terdokumentasi secara sistematis. Untuk itu, penggunaan ontologi dapat menjadi solusi untuk pengelolaan informasi yang kompleks tersebut dengan format yang lebih terstruktur [2].

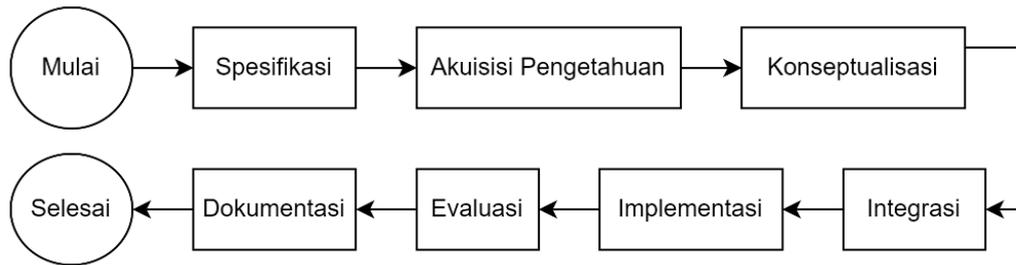
Obat tradisional telah lama menjadi warisan budaya turun temurun yang perlu dilestarikan untuk menunjang pembangunan kesehatan serta dapat dijadikan sebagai salah satu objek untuk meningkatkan perekonomian masyarakat. Dengan mendigitalisasi pengetahuan ini, ontologi tidak hanya mempermudah akses dan transfer informasi antar generasi, tetapi juga memastikan kelestarian warisan budaya di era modern. Pengembangan ontologi pada penelitian ini berfokus pada obat tradisional Bali bertujuan untuk mendokumentasikan dan melestarikan pengetahuan lokal yang kaya akan manfaat kesehatan. Bali memiliki tradisi pengobatan yang erat kaitannya dengan budaya dan keanekaragaman hayatinya, seperti penggunaan ramuan herbal tradisional yang dikenal sebagai "usada" [3].

Dengan membangun ontologi, pengetahuan tentang obat tradisional Bali, metode pengolahan, indikasi penggunaan, dan nilai budaya dapat diorganisasi secara sistematis dalam format digital. Hal ini tidak hanya mendukung pelestarian budaya, tetapi juga membuka peluang integrasi dengan sistem kesehatan modern dan mendorong penelitian ilmiah yang berbasis kearifan lokal.

## 2. Research Methods

Metodologi yang dapat digunakan untuk mengembangkan ontologi obat tradisional Bali mencakup beberapa tahap utama, yang disesuaikan dengan pendekatan standar pengembangan ontologi seperti Ontology Development 101 atau metode Methontology [4]. Methontology adalah salah satu metodologi

yang dapat digunakan untuk membangun model ontologi [5]. Metodologi ini memiliki beberapa keunggulan yang diantaranya dapat memuat deskripsi secara detail dari setiap aktivitas ketika proses pembangunan ontologi dan memungkinkan adanya integrasi atau penggunaan kembali ontologi yang pernah dibangun sebelumnya [6]. Tahapan yang termasuk dalam Methontology meliputi spesifikasi, akuisisi pengetahuan, konseptualisasi, integrasi, implementasi, evaluasi, dan dokumentasi [7].



**Gambar 1.** Alur Metode Penelitian

### 2.1. Spesifikasi

Tahap ini bertujuan untuk menentukan tujuan dan ruang lingkup ontologi [7]. Pengembang mengidentifikasi kebutuhan dari ontologi, pengguna akhirnya, dan skenario penggunaan yang diantisipasi. Pada tahap ini, dijelaskan spesifikasi dari ontologi yang telah dirancang. Berikut adalah deskripsi model ontologi Obat Tradisional Bali:

1. Domain: Obat Tradisional Bali
2. Tujuan: Merancang ontologi untuk mendokumentasikan dan melestarikan informasi terkait obat tradisional Bali.
3. Level Formalitas: Semi-formal
4. Ruang Lingkup: obat tradisional dari daerah Bali
5. Sumber Pengetahuan: kajian literatur yang relevan.

### 2.2. Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan adalah proses pengumpulan informasi dari para ahli dan berbagai sumber pengetahuan lainnya yang dimasukkan ke dalam sistem komputer untuk membangun basis pengetahuan, yang dilakukan sebelum menyusun ontologi [6]. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis pengetahuan yang relevan dengan domain yang digunakan dalam pembuatan ontologi, serta untuk memproses informasi tersebut lebih lanjut dalam tahap pengembangan konsep guna membentuk model pengetahuan yang tepat. Pada tahap ini, akuisisi pengetahuan ontologi akan dilakukan melalui beberapa langkah, seperti menganalisis literatur terkait dari jurnal dan prosiding penelitian serupa, berinteraksi dengan para ahli untuk memperoleh wawasan mengenai perancangan struktur dan implementasi ontologi, serta mengumpulkan informasi tentang domain obat tradisional Bali dari berbagai sumber yang tersedia di internet.

### 2.3. Konseptualisasi

Konseptualisasi adalah langkah penting dalam membangun struktur pengetahuan domain dengan menyusun model konseptual yang menggambarkan masalah dan solusi terkait kosakata domain yang telah diidentifikasi pada tahap spesifikasi ontologi [7]. Pada tahap ini, konsep-konsep dirancang untuk memberikan gambaran yang jelas tentang permasalahan yang ada serta solusi yang akan diterapkan. Proses ini mencakup pembuatan kelas, subkelas, properti objek, dan properti data yang relevan dengan domain Obat Tradisional Bali.

### 2.4. Integrasi

Integrasi melibatkan upaya untuk memanfaatkan definisi ontologi yang sudah ada dan menggabungkannya dengan ontologi yang sedang dikembangkan, sehingga proses pembangunan ontologi tidak perlu dimulai dari nol [6]. Pada tahap ini, akan dipertimbangkan penggunaan ontologi yang telah dirancang sebelumnya dan relevan dengan domain Obat Tradisional Bali. Dengan pertimbangan ini, diharapkan dapat terbentuk ontologi yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi

yang diinginkan. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menggabungkan komponen-komponen ontologi yang ada dengan cara yang efektif, tanpa mengabaikan prinsip-prinsip integritas dari ontologi yang sudah ada.

## 2.5. Implementasi

Implementasi adalah tahap di mana desain ontologi yang telah dirancang mulai diterapkan, mencakup semua proses dari spesifikasi hingga integrasi. Dalam hal ini, ontologi Obat Tradisional Bali akan diterapkan menggunakan perangkat lunak Protégé 5.5.0 [8], yang dikenal sebagai salah satu alat terbaik untuk mengembangkan ontologi. Hasil implementasi mencakup pembentukan konsep kelas dalam ontologi, dengan relasi antar kelas yang diatur sebagai object properties [9], atribut kelas dan datanya yang ditentukan sebagai data properties, serta individu dalam kelas yang ditetapkan sebagai "Instance". Untuk memvisualisasikan struktur dan hubungan antar kelas dalam ontologi, digunakan Ontograf sebagai alat bantu visualisasi.

## 2.6. Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai aspek teknis ontologi, perangkat lunak yang digunakan, dan dokumentasi referensi di setiap tahap pengembangan ontologi. Proses ini terdiri dari dua langkah utama: verifikasi, yang memastikan bahwa ontologi konsisten secara teknis, dan validasi, yang memastikan ontologi berfungsi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan [6]. Untuk menguji kebenaran dan fungsionalitas ontologi, pertanyaan-pertanyaan akan dirancang dan dijawab menggunakan query SPARQL.

## 2.7. Dokumentasi

Seluruh proses yang dilakukan sejak awal hingga menghasilkan ontologi tentang Obat Tradisional Bali dalam penelitian ini akan disusun dalam bentuk laporan penelitian [6]. Laporan tersebut nantinya akan dipublikasikan di jurnal ilmiah.

## 3. Result and Discussion

### 3.1. Perancangan Ontologi

Langkah pertama dalam pengembangan ontologi adalah pembuatan kelas dan "subclass", yang merupakan komponen dasar dalam struktur ontologi. Kelas-kelas ini digunakan untuk mengelompokkan konsep-konsep utama dalam domain yang sedang dianalisis, sementara "subclass" berfungsi untuk memberikan penjelasan lebih rinci dan spesifik mengenai kategori dalam kelas tersebut. Kelas dan "subclass" yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya, dilakukan perancangan "Data Property", beserta Domain dan Range-nya, yang dirancang sesuai dengan yang tertera dalam Tabel 2.

**Tabel 1.** Perancangan Class dan *subclass* Of

Class	"subclass"Of
Obat_Tradisional	Thing
Bahan	Obat_Tradisional
Efek	Obat_Tradisional
Jenis	Obat_Tradisional
Manfaat	Obat_Tradisional
Pengolahan	Obat_Tradisional
Bahan_Tanaman	Bahan
Bahan_Lainnya	Bahan

**Tabel 2.** Perancangan “Data Property”, Domain, dan Range

“Data Property”	Domain	Range
Teknik Pengolahan	Obat Tradisional Bali	xsd:string
Efek	Obat Tradisional Bali	xsd:string
NamaLatin	Obat Tradisional Bali	xsd:string
Kegunaan	Obat Tradisional Bali	xsd:string
Bahan	Obat Tradisional Bali	xsd:string

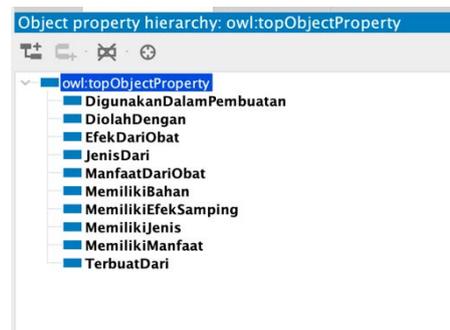
### 3.2. Implementasi

Setelah merancang ontologi, langkah selanjutnya adalah implementasi menggunakan aplikasi Protégé. Struktur kelas dalam ontologi yang menggambarkan obat tradisional Bali dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Class Domain Obat Tradisional Bali

Gambar 2 di atas merepresentasikan ontologi domain Obat Tradisional Bali yang terdiri dari kelas utama *Obat\_Tradisional* dengan beberapa “subclass” untuk mengelompokkan informasi secara hierarkis. “subclass” *Bahan* menjelaskan bahan utama seperti *Bagian\_Tanaman* serta *Bagian\_Lainnya*. “subclass” *Efek* mengelompokkan obat berdasarkan efek samping penggunaannya, seperti *tidak\_ada*, *iritasi*, *panas*, *alergi*, serta *bau*. *Jenis* mengelompokkan obat ke dalam jenis *jamu*, *boreh* (masker tradisional yang berbahan dasar rempah-rempah), atau *minyak*. *Manfaat* mendeskripsikan manfaat obat-obatan tradisional Bali seperti untuk *relaksasi*, *nyeri sendi*, serta lainnya. Tahapan selanjutnya adalah membuat “Object Property” pada ontologi. Proses ini dapat dilakukan menggunakan aplikasi Protégé, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.** “Object Property” Domain Obat Tradisional Bali

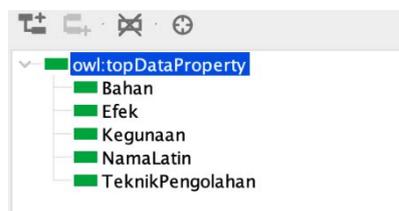
Pada Gambar 3, ontologi Obat Tradisional Bali memanfaatkan delapan “Object Property” untuk mendefinisikan hubungan antar elemen yang ada. “Object Property” pertama, DiolahDengan, menghubungkan obat dengan cara pengolahannya. Inverse of dari DiolahDengan adalah DigunakanDalamPembuatan, yang menunjukkan hubungan sebaliknya, yaitu pengolahan yang dimiliki oleh sebuah obat. Selanjutnya, MemilikiBahan digunakan untuk mengaitkan obat dengan bahan dasar yang digunakan dalam pembuatannya. Inverse of dari MemilikiBahan adalah TerbuatDari, yang menggambarkan hubungan sebaliknya, yaitu bahan dasar yang digunakan untuk membuat obat tersebut. MemilikiJenis mendeskripsikan obat dengan jenisnya, sementara inverse of dari MemilikiJenis adalah JenisDari, yang menggambarkan hubungan sebaliknya. MemilikiManfaat menghubungkan obat dengan manfaat yang dimilikinya, dan inverse of nya, ManfaatDariObat. Terakhir MemilikiEfekSamping berisikan efek samping dari penggunaan obat. Inverse of dari MemilikiEfekSamping adalah EfekDariObat. Penggunaan inverse ini membuat hubungan antar elemen dalam ontologi menjadi lebih saling terhubung, memperjelas gambaran keseluruhan mengenai domain Obat Tradisional Bali.

Setelah membuat “Object Property”, langkah selanjutnya adalah membuat Individuals yang mewakili elemen-elemen nyata dalam domain Obat Tradisional Bali, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pada tahap ini, Individuals digunakan untuk menggambarkan entitas konkret dalam ontologi, sesuai dengan relasi yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 4. “Instance” Domain Obat Tradisional Bali

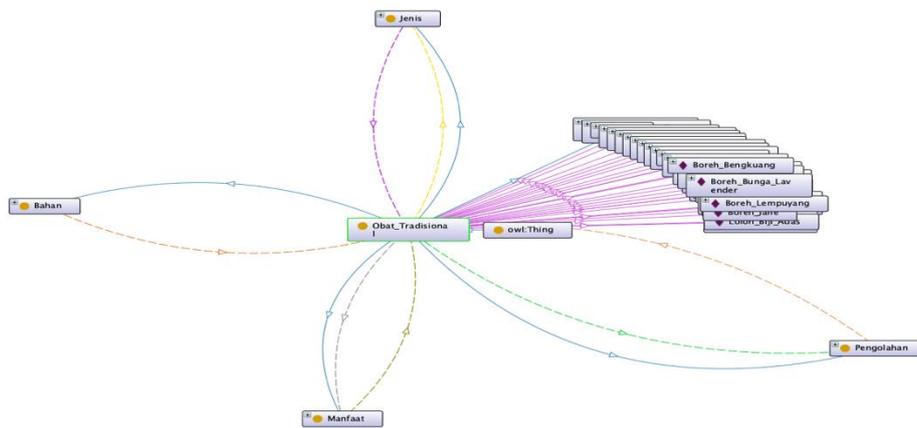
Pada Gambar 4, ditampilkan “Instance” dari kelas Obat\_Tradisional dan kelas Pengolahan “Instance” tersebut merupakan contoh konkret yang menggambarkan entitas yang termasuk dalam masing-masing kelas. Misalnya, pada kelas Obat\_Tradisional, “Instance” tersebut dapat merepresentasikan jenis obat tertentu, sementara pada kelas Pengolahan, “Instance” menggambarkan teknik pengolahan yang digunakan dalam pembuatan obat tersebut. Selanjutnya, dilakukan pembuatan “Data Property” seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, yang dibuat menggunakan Protégé. “Data Property” ini digunakan untuk memberikan informasi tambahan mengenai Obat Tradisional.



Gambar 5. “Data Property” Domain Obat Tradisional Bali

Pada Gambar 5, “Data Property” Bahan memberikan informasi tentang bahan apa saja untuk membuat obat tradisional Bali. Efek mendeskripsikan efek samping dalam pemakaian obat, seperti iritasi atau tidak ada efek samping, sementara Kegunaan memberikan manfaat dari obat. Lalu NamaLatin memberikan deskripsi nama latin yang dimiliki setiap obat. TeknikPengolahan menerangkan pengolahan secara spesifik

Untuk menjelaskan keterkaitan antar “class”, “Object Property”, “Data Property”, dan “Instance”, penulis menggunakan fitur OntoGraf. Fitur ini memungkinkan visualisasi hubungan antar elemen dalam ontologi secara lebih jelas dan terstruktur.



**Gambar 6.** Ontograf Domain Obat Tradisional Bali

Pada Gambar 6, ditunjukkan hubungan antara class, “Object Property”, dan “Instance” yang telah dibangun dalam ontologi domain Obat Tradisional Bali. Hubungan-hubungan ini direpresentasikan secara otomatis dalam bentuk gambar oleh OntoGraf.

Rancangan ontologi Obat Tradisional Bali dapat diakses pada [10] di Github.

### 3.3. Evaluasi

Setelah ontologi berhasil dibangun, langkah berikutnya adalah menguji model ontologi tersebut dengan mengajukan sejumlah pertanyaan menggunakan kueri SPARQL. Berikut ini adalah beberapa pertanyaan yang akan digunakan untuk menguji ontologi Obat Tradisional Bali yang telah dibuat.

**Tabel 3.** Evaluasi Pertanyaan Pengujian SPARQL

No	Pertanyaan
1.	Obat Tradisional Bali apa yang memiliki bahan dasar gula aren dan jenisnya jamu?
2.	Obat jenis minyak yang memiliki manfaat untuk relaksasi beserta nama latinnya?
3.	Apa saja Obat Tradisional Bali yang memiliki efek samping panas serta nama latinnya?
4.	Obat Tradisional Bali yang memiliki teknik pembuatan direbus yang tidak memiliki efek samping ?

Berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang telah disusun sebelumnya, pengujian ontologi Obat Tradisional Bali akan dilakukan menggunakan kueri SPARQL.

Pertanyaan 1: Obat Tradisional Bali apa yang memiliki bahan dasar gula aren dan jenisnya jamu?

```
SELECT * WHERE {
    ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.
    ?ObatTradisional d:JenisDari d:jamu.
    ?ObatTradisional d:MemilikiBahan d:gula_aren.
}
```

SPARQL query:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX d: <http://www.semanticweb.org/wahvin/ontologies/2024/10/untitled-ontology-7#>

SELECT * WHERE {
  ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.
  ?ObatTradisional d:JenisDari d:jamu.
  ?ObatTradisional d:MemilikiBahan d:gula_aren.
}
```

ObatTradisional  
Loloh\_Beluntas

Pertanyaan 2: Obat jenis minyak yang memiliki manfaat untuk relaksasi beserta nama latinnya?

```
SELECT * WHERE {
  ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.
  ?ObatTradisional d:JenisDari d:minyak.
  ?ObatTradisional d:MemilikiManfaat d:relaksasi.
  ?ObatTradisional d>NamaLatin ?NamaLatin.
}
```

Active ontology x Entities x Individuals by class x DL Query x OntoGraf x SPARQL Query x

SPARQL query:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX d: <http://www.semanticweb.org/wahvin/ontologies/2024/10/untitled-ontology-7#>

SELECT * WHERE {
  ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.
  ?ObatTradisional d:JenisDari d:minyak.
  ?ObatTradisional d:MemilikiManfaat d:relaksasi.
  ?ObatTradisional d>NamaLatin ?NamaLatin.
}
```

ObatTradisional	NamaLatin
Minyak_Akar_Wangi	"Vetiveria zizanioides"
Minyak_Bunga_Anggrek	"Orchidaceae spp."
Minyak_Bunga_Kantil	"Michelia alba"
Minyak_Daun_Kemangi	"Ocimum basilicum"
Minyak_Cendana	"Santalum album"

Pertanyaan 3: Apa saja Obat Tradisional Bali yang memiliki efek samping panas serta nama latinnya?

```
SELECT * WHERE {  
  
    ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.  
  
    ?ObatTradisional d:MemilikiEfekSamping d:panas.  
  
    ?ObatTradisional d>NamaLatin ?NamaLatin.  
  
}
```

SPARQL query:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>  
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>  
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>  
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>  
PREFIX d: <http://www.semanticweb.org/wahvin/ontologies/2024/10/untitled-ontology-7#>
```

```
SELECT * WHERE {  
    ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.  
    ?ObatTradisional d:MemilikiEfekSamping d:panas.  
  
    ?ObatTradisional d>NamaLatin ?NamaLatin.  
}
```

ObatTradisional Boreh_Lempuyang Loloh_Sereh	NamaLatin "Zingiber zerumbet" "Cymbopogon citratus"
---	---

Pertanyaan 4: Obat Tradisional Bali yang memiliki teknik pembuatan direbus yang tidak memiliki efek samping ?

```
SELECT * WHERE {  
  
    ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.  
  
    ?ObatTradisional d:DiolahDengan d:direbus.  
  
    ?ObatTradisional d:MemilikiBahan d:air.  
  
    ?ObatTradisional d:MemilikiEfekSamping d:tidak_ada.  
  
    ?ObatTradisional d>NamaLatin ?NamaLatin.  
  
}
```

The screenshot shows a SPARQL query interface with the following content:

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX d: <http://www.semanticweb.org/wahvin/ontologies/2024/10/untitled-ontology-7#>

SELECT * WHERE {
  ?ObatTradisional rdf:type d:Obat_Tradisional.
  ?ObatTradisional d:DiolahDengan d:direbus.
  ?ObatTradisional d:MemilikiBahan d:air.
  ?ObatTradisional d:MemilikiEfekSamping d:tidak_ada.

  ?ObatTradisional d>NamaLatin ?NamaLatin.
}
```

The results table is as follows:

ObatTradisional	NamaLatin
Boreh_Temu_Putih	"Curcuma zedoaria"
Loloh_Batang_Rotang	"Calamus rotang"
Loloh_Biji_Ketumbar	"Coriandrum sativum"
Loloh_Beluntas	"Pluchea indica"
Boreh_Temu_Giring	"Curcuma heyneana"
Loloh_Akar_Alang-Alang	"Imperata cylindrica"
Loloh_Akar_Temulawak	"Curcuma xanthorrhiza"
Loloh_Akar_Kunyit	"Curcuma longa"

#### 4. Conclusion

Pengembangan ontologi Obat Tradisional Bali bertujuan untuk melestarikan dan mengorganisasikan pengetahuan tentang pengobatan tradisional, meliputi bahan, khasiat, jenis, nama latin, dan cara pengolahannya. Dengan menerapkan Methontology, penelitian ini menyediakan kerangka kerja terstruktur untuk mendokumentasikan praktik pengobatan Bali, sehingga dapat diwariskan kepada generasi mendatang. Penggunaan perangkat lunak Protégé untuk pembuatan ontologi dan kueri SPARQL untuk pengujian terbukti efektif dalam mengevaluasi konsistensi dan keakuratan informasi dalam ontologi. Ontologi ini selanjutnya dapat diintegrasikan ke dalam sistem berbasis pengetahuan yang mendukung penelitian dan aplikasi pengobatan tradisional dalam perawatan kesehatan modern.

Penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pelestarian warisan budaya Bali, tetapi juga membuka peluang kolaborasi antara pengobatan tradisional dan sistem medis modern. Selain itu, pengetahuan yang dilestarikan dalam ontologi ini dapat digunakan untuk mengembangkan perangkat pendidikan, meningkatkan praktik kesehatan masyarakat, dan memberikan wawasan berharga tentang tanaman dan praktik pengobatan Bali.

#### References

- [1] Eryn Pranatha, I. P., "KESEHATAN DALAM PERSPEKTIF HINDU: PENTINGNYA PENELITIAN ILMIAH TERHADAP OBAT-OBATAN TRADISIONAL BALI," *JOURNAL OF HEALTH AND MEDICAL RESEARCH*, pp. 107-115, 2023.
- [2] D. a. P. E. Spoladore, "Collaborative Ontology Engineering Methodologies for the Development of Decision Support Systems: Case Studies in the Healthcare Domain," *Electronics*, vol. X, 2021.
- [3] Suatama, Ida Bagus, *Usada Bali Modern*, Yogyakarta: AG Publishing, 2021.
- [4] Noy, N. and Mcguinness, Deborah, "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology," *Knowledge Systems Laboratory*, vol. 32, 01 2001.
- [5] M. Gawich, A. Badr, A. Hegazy, H. Ismail, "A Methodology for Ontology Building," *International Journal of Computer Applications*, vol. 56, pp. 39-45, October 2012.

- [6] Pramatha, Cokorda, "Pengembangan Ontologi Tujuan Wisata Bali Dengan Pendekatan Kukul Knowledge Framework," *SINTECH (Science and Information Technology)*, vol. 3, pp. 77-89, 2020.
- [7] Fernández-López, Mariano & Gomez-Perez, Asuncion & Juristo, Natalia, "METHONTOLOGY: from ontological art towards ontological engineering," *Engineering Workshop on Ontological Engineering (AAAI97)*, 03 1997.
- [8] M. Musen, "The Protégé project: A look back and a look forward.," Association of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence, June 2015. [Online]. Available: <https://protege.stanford.edu>. [Accessed 3 February 2025].
- [9] Y. Y. N. Y. Desty Rodiah, "Pencarian Tugas Akhir dengan Ontologi dan Boyer-Moore (Studi Kasus: Jurusan Teknik Informatika UNSRI)," *Jurnal Ilmu Komputer dan teknologi Informasi*, vol. XV, 2023.
- [10] D. S. Ananda, "Github," 3 February 2025. [Online]. Available: <https://github.com/dyahh8/Perancangan-Ontologi-Obat-Tradisional-Bali.git>.

# Penyisipan Pesan Tersembunyi Dalam Citra Menggunakan Metode Spread Spectrum dan Least Significant Bit (LSB)

Muhammad Caesar Gilang Indrawan<sup>a1</sup>, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan<sup>a2</sup>, I Wayan Supriana<sup>a3</sup>,  
I Made Widiartha<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Informatics Departement, Faculty of Mathematics and Natural Science, Udayana University  
Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, South Kuta, Badung, Bali, Indonesia

<sup>1</sup>caesargilang50@gmail.com

<sup>2</sup>gungde@unud.ac.id

<sup>3</sup>wayan.supriana@unud.ac.id

<sup>4</sup>madewidiartha@unud.ac.id

## Abstract

*The advancement of information technology has facilitated data transmission but also increased cybersecurity threats. To protect data security, steganography is used to hide messages within images, ensuring only the intended recipient can read them. This research uses two steganography methods: Spread Spectrum and Least Significant Bit (LSB). The advantage of the Spread Spectrum method is that it produces images with low PSNR and MSE values, making the steganographic images similar to the original ones. However, the embedding and extraction processes are slow. To overcome this weakness, the LSB method is used, allowing for quick message embedding and extraction while maintaining the resolution and size of the images before and after message embedding. In this study, Spread Spectrum is used to determine the location of message embedding, while LSB is used for the message embedding process.*

**Keywords:** *Steganography, cybersecurity threats, images, Spread Spectrum, Least Significant Bit (LSB)*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini telah memberikan banyak kemudahan bagi manusia untuk melakukan berbagai aktivitas. Contohnya adalah pengiriman data dan informasi. Saat ini, pengiriman data dan informasi menjadi lebih mudah dan cepat. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi tersebut, tentunya semakin berkembang pula berbagai bentuk kejahatannya. Oleh karena itu, pada saat ini telah dilakukan berbagai upaya untuk menjaga keamanan data dan informasi tersebut. Salah satu upaya untuk menjaga keamanan data dan informasi tersebut adalah dengan menerapkan Steganografi.

Steganografi adalah ilmu yang mempelajari cara menyembunyikan pesan atau data dalam media lain tanpa menarik perhatian dari pihak yang tidak berwenang. Tujuan dari steganografi adalah untuk memastikan bahwa pesan yang dikirimkan hanya dapat dibaca oleh penerima yang dituju dan tidak dapat terdeteksi oleh orang lain. Dalam era digital, steganografi telah menjadi semakin penting dengan munculnya internet dan teknologi komunikasi digital lainnya. Dalam konteks ini, steganografi dapat digunakan untuk menyembunyikan informasi dalam file gambar, audio, dan video.

Steganografi memiliki banyak metode. Namun metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode Spread Spectrum dan Least Significant Bit (LSB). Metode Spread Spectrum memiliki kelebihan dibandingkan metode lainnya yaitu hasil citra yang telah diolah memiliki nilai PSNR dan MSE yang kecil, sehingga citra hasil steganografi mampu menyerupai citra aslinya, performa robustness pada citra baik karena hanya memiliki perubahan pixel sangat kecil, dan peluang terdeteksinya pesan rendah. Namun metode ini juga memiliki kelemahan yaitu kurang tahan terhadap serangan berupa noise, cropping, dan proses kompresi serta memiliki proses embedding dan ekstraksi yang lama.[1] Maka dari itu untuk mengatasi kelemahan dari metode Spread Spectrum perlu ditambahkan metode lain yaitu Least Significant Bit (LSB). Metode Least Significant Bit (LSB) memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh metode Spread Spectrum yaitu proses penyisipan dan ekstraksi pesan cepat, citra sebelum dan sesudah disisipkan pesan memiliki resolusi yang sama, dan ukuran dari citra sebelum dan sesudah disisipkan pesan memiliki ukuran yang sama. Dalam implementasinya, metode spread spectrum akan

digunakan dalam menentukan letak pesan akan disisipkan dan metode Least Significant Bit (LSB) akan digunakan dalam proses menyisipkan pesannya.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental. Metode penelitian eksperimental adalah suatu tindakan dan pengamatan yang dilakukan untuk mengecek hipotesis atau mengenali hubungan sebab akibat antara gejala. Dalam penelitian eksperimental, penyebab dari semua gejala akan diuji untuk mengetahui sebab atau variabel bebas itu akan mempengaruhi akibat atau variabel terikat.

### 2.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini, Data yang digunakan oleh peneliti adalah citra yang digunakan sebagai cover untuk melindungi pesan di dalamnya. Data citra ini diperoleh dari website <https://www.kaggle.com/datasets/dansbecker/urban-and-rural-photos> yang berjumlah 92 citra.

### 2.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

#### 1. Variabel Bebas (Independen)

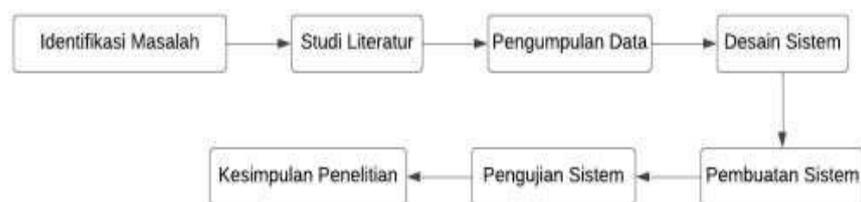
Variabel ini merupakan variabel yang akan dilihat pengaruhnya terhadap variabel terikat dan variabel ini akan dimanipulasi oleh peneliti untuk menentukan hubungannya dengan suatu data yang diobservasi sesuai dengan kebutuhannya. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah pesan yang akan disisipkan ke dalam citra dan juga file citra itu sendiri dengan format *\*.jpg*, *\*.png*, *\*.jpeg*.

#### 2. Variabel Terikat (Dependen)

Variabel ini merupakan variabel hasil dari variabel bebas. Variabel ini umumnya menjadi tujuan penelitian dari sumber masalah yang ingin ditingkatkan kualitasnya. Pada penelitian ini, variabel terikatnya adalah hasil dari proses steganografi yang berupa file citra dengan format *\*.png*.

### 2.3 Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dimulai dari tahap identifikasi masalah yang ingin diangkat. Lalu dilanjutkan dengan studi literatur. Pada tahap studi literatur dilakukan dengan mencarur sumber bacaan atau refrensi lainnya terkait permasalahan yang ingin diangkat. Setelah itu dilanjutkan dengan pengumpulan data berupa file gambar. Selanjutnya, melakukan desain dan implementasi sistem. Setelah sistem selesai dibangun, maka sistem akan dilakukan pengujian untuk mengambil kesimpulan penelitian.

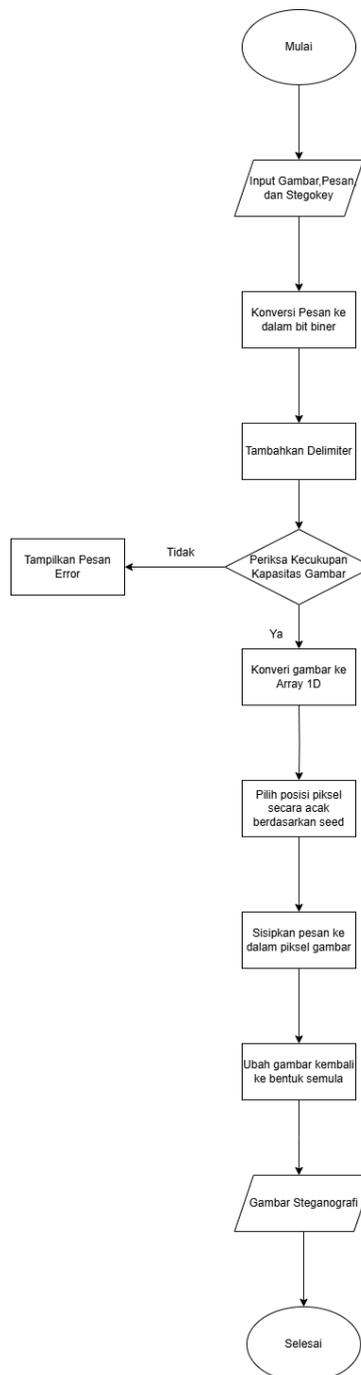


Gambar 1. Skema Penelitian

Dapat dilihat pada gambar 1, Penelitian ini dimulai dengan melakukan identifikasi masalah untuk mengetahui masalah apa yang ada dalam lingkungan sekitar. Kemudian dilanjutkan dengan studi literatur untuk mengetahui cara penyelesaian masalahnya, lalu dilanjutkan dengan pengumpulan data. Pada tahap ini, data-data yang menunjang penelitian akan dikumpulkan. Pada tahap desain sistem, mulai dirancang sistem yang akan dibangun dan dilanjutkan dengan pembuatan sistem. Setelah itu sistem akan diuji dalam tahap pengujian sistem dan diakhiri dengan membuat kesimpulan penelitian.

## 2.4 Desain Sistem

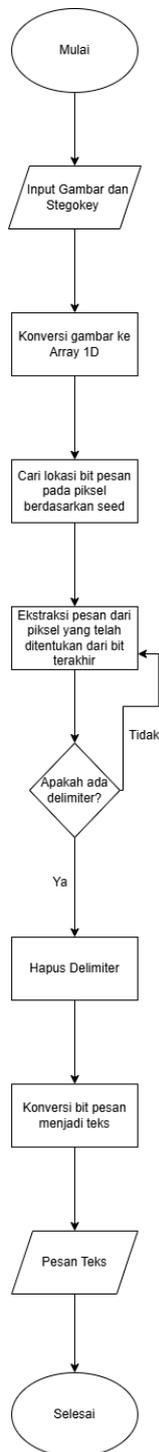
Berikut ini adalah alur kerja sistem secara keseluruhan:



Gambar 2. Flowchart Sistem Encode

Dapat dilihat pada gambar 2 di atas, proses encode dimulai dengan user memasukkan gambar, pesan, dan keywordnya. Setelah itu, program akan mengubah pesannya teks ke dalam bentuk biner dan di akhir pesan ditambahkan sebuah delimiter sebagai penanda akhir pesan. Lalu, program akan mengecek apakah kapasitas gambar cukup untuk menampung pesan apabila tidak akan muncul pesan error. Namun jika cukup maka program akan melanjutkan dengan mengonversi gambar ke dalam bentuk array 1 dimensi. Setelah itu program akan menghasilkan angka acak sebagai posisi

dimana pesan akan diletakkan. Lalu pesan akan disispkan sesuai lokasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Lalu gambar akan diubah ke dalam bentuk semula dan gambar bsa diunduh oleh user.



Gambar 3. Flowchart Sistem Decode

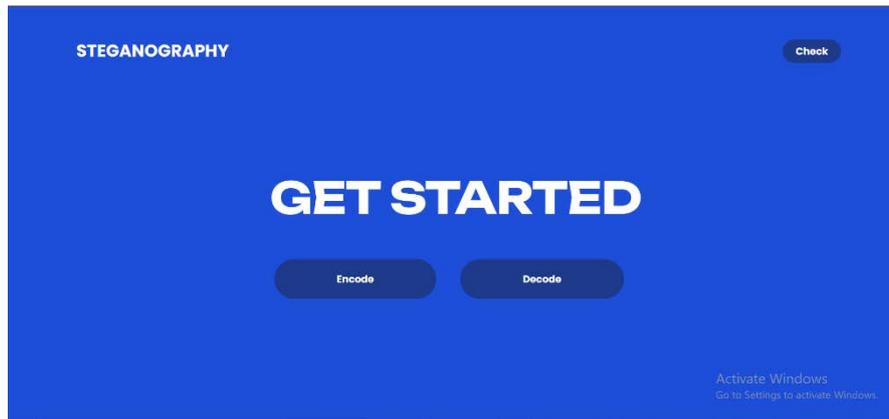
Dapat dilihat pada gambar 3 di atas, proses decode dimulai dengan user memasukkan gambar dan keywordnya. Setelah itu, program akan mengonversi gambar ke dalam bentuk array 1 dimensi. Lalu, program akan mencari posisi dimana pesan yang diletakkan sebelumnya sesuai dengan

keywordnya. Lalu program akan mengekstraksi pesan dari bit terakhir pesan. Lalu program akan mengecek apakah ada delimiter jika ada maka program akan berhenti mengekstraksi dan delimiter dihapus. Namun jika tidak ada, maka program akan melanjutkan mengekstraksi pesan. Setelah itu program akan mengonversi bit-bit pesan yang telah dikumpulkan sebelumnya ke dalam bentuk semula dan dapat diunduh oleh user.

### 3. Hasil dan Pembahasan

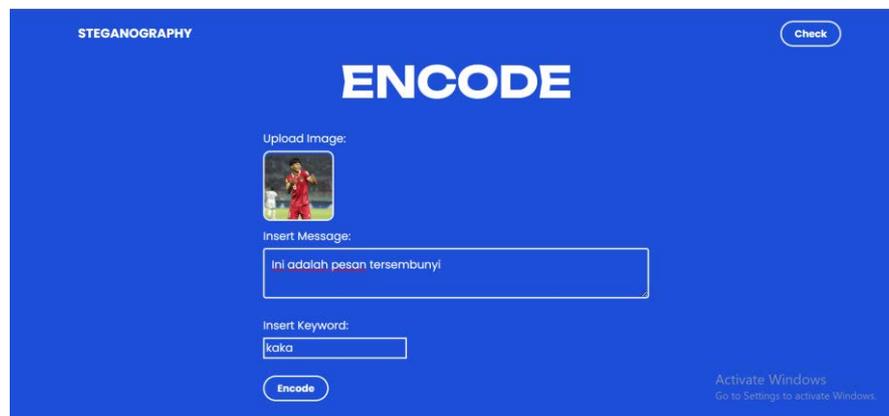
#### 3.1. Implementasi

Berikut merupakan tampilan website steganografi.



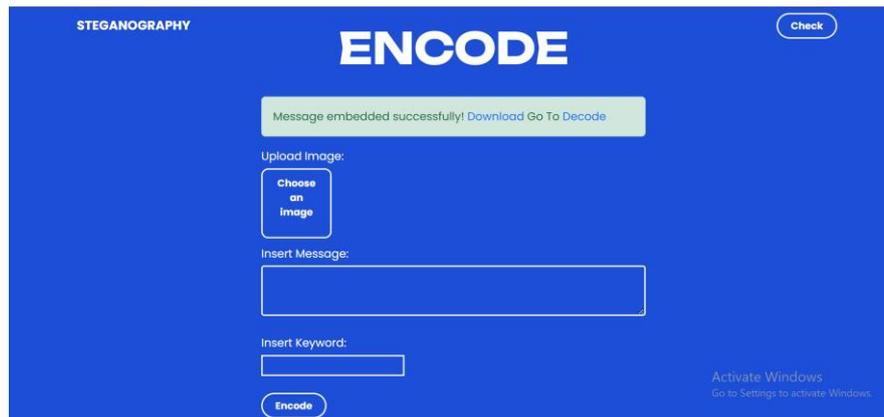
Gambar 4. Tampilan Awal Website

Pada tampilan awal website user akan menemukan sebuah kalimat “GET STARTED” dan terdapat beberapa tombol yaitu “Encode”, “Decode”, dan “Check”. Tombol-tombol ini akan mengarahkan user ke beberapa menu yang berada dalam website ini.



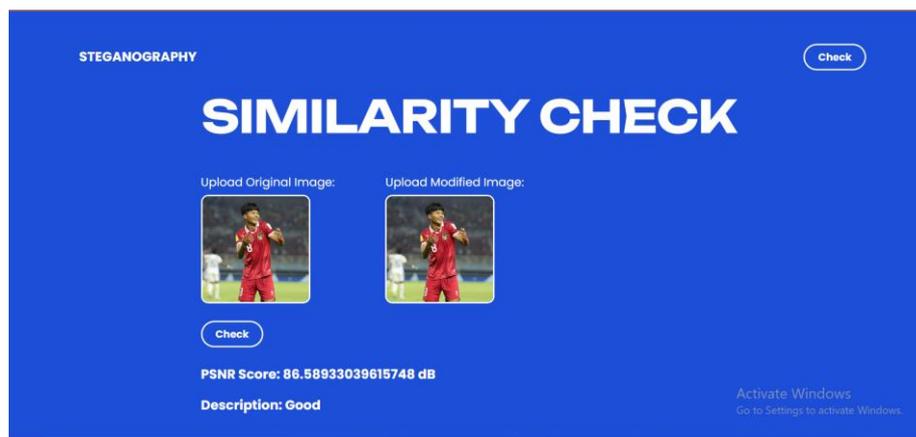
Gambar 5. Tampilan Form Encode

Untuk percobaan proses penyisipan, digunakan file gambar sebuah foto yang diambil di internet untuk percobaan penelitian ini dan pesan yang disisipkan berupa pesan teks “Ini adalah pesan tersembunyi”.



Gambar 6. Tampilan Hasil Encode

Jika proses encode berjalan lancar, maka akan tampil pesan “Message embedded successfully!”. Lalu user bisa menekan tulisan “Download” untuk mengunduh gambar hasil dari proses encode tersebut. Kemudian jika user ingin melanjutkan untuk mengekstraksi pesan dari gambar, user bisa menekan tulisan “Decode”. Jika user ingin melakukan pengujian kemiripan citra antara citra asli dan citra steganografi, user bisa menekan tombol “Check” di pojok kanan atas website.



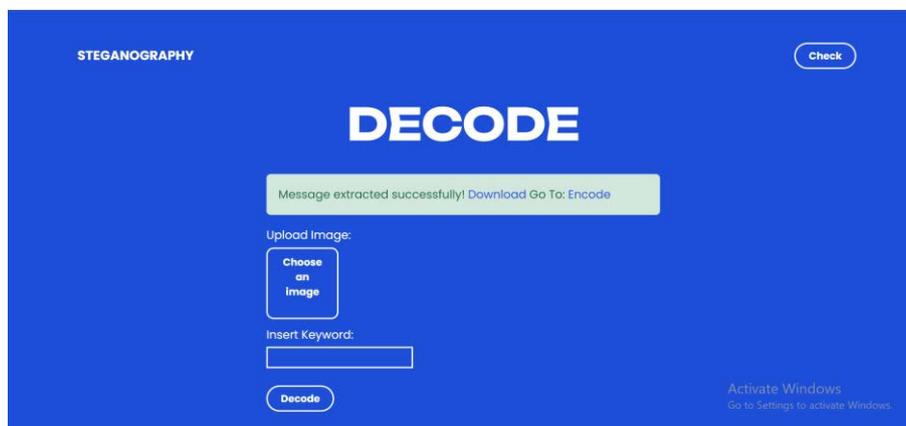
Gambar 7. Tampilan Hasil Halaman Check

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai PSNR dari citra adalah 86.58933039615748 dB dan deskripsinya adalah “Good”. Deskripsi good ini didapat karena nilai PSNR dari citra melebihi 40 dB yang mana kualitas citra steganografi yang baik adalah minimal mencapai nilai PSNR 40 dB. Jadi dapat disimpulkan bahwa kualitas citra steganografi ini baik dan kemiripan citra steganografi dengan citra aslinya mirip.



Gambar 8. Tampilan Halaman Decode

Untuk percobaan digunakan file stego image yang merupakan hasil penyisipan yang dilakukan pada proses sebelumnya dan dibutuhkan juga keyword yang sebelumnya digunakan.



Gambar 9. Tampilan Hasil Halaman Decode

Kemudian user dapat menekan tombol decode dan akan dilakukan proses decode. Jika proses decode berhasil dilakukan maka akan muncul pesan "Message extracted successfully!". Setelah itu user bisa mengunduh pesan yang telah diekstraksi dengan menekan tulisan "Download" dan jika user ingin ke halaman encode, user bisa menekan tulisan "Encode" di bawah.

### 3.2. Hasil

Untuk hasil uji kualitas atau PSNRnya dapat dilihat pada tabel dibawah berikut :

Tabel 1. Hasil Uji PSNR

No	Citra Asli	Citra Steganografi	PSNR (dB)
1			80.45

2			79.77
3			79.81
4			80.07
5			79.73
6			79.94

7			80.03
8			79.85
9			79.77
10			79.65

Rata-rata dari kesepuluh kali percobaan PSNR :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= (\text{Total seluruh PSNR}) / \text{Jumlah percobaan PSNR} \\
 &= (80.45 + 79.77 + 79.81 + 80.07 + 79.73 + 79.94 + \\
 &\quad 80.03 + 79.85 + 79.77 + 79.65) \\
 &= 799.07 / 10 \\
 &= 79.90
 \end{aligned}$$

Berdasarkan 10 kali pengujian yang dilakukan dalam tabel 1 di atas, didapatkan nilai rata-rata PSNR masih berada diatas 40dB[2] yang berarti hasil pengujian untuk pesan dan kata kunci tersebut dengan gambar-gambar di atas dapat disimpulkan bahwa kualitas citra steganografi yang dihasilkan oleh program ini termasuk baik.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode steganografi Spread Spectrum dan Least Significant Bit (LSB) yang dibangun pada program ini berhasil menyisipkan pesan ke dalam citra dengan format \*.jpg, \*.png, dan \*.jpe dan dapat menyimpan citra steganografi. Selain itu program ini berhasil mengekstraksi pesan dari citra steganografi dan mengunduhnya.
2. Dari 10 kali pengujian kemiripan gambar dengan metode PSNR didapatkan bahwa rata-rata PSNR yang dihasilkan adalah 68.67 dB. Penggunaan metode Spread Spectrum dan LSB termasuk baik karena rata-rata nilai PSNR yang dihasilkan masih diatas standar kategori baik yaitu diatas 40dB[3].
3. Dari 5 kali pengujian citra yang sama namun dengan ukuran yang berbeda untuk mengetahui pengaruh ukuran citra terhadap nilai PSNR, didapatkan bahwa rata-rata nilai kenaikan nilai PSNR dalam setiap tahapannya adalah 6.23%.
4. Dari 5 kali pengujian citra yang sama namun dengan ukuran yang berbeda untuk mengetahui pengaruh ukuran citra terhadap runtime program, didapatkan bahwa rata-rata kenaikan nilai runtime pada setiap tahapannya adalah 0.0025 detik untuk encode dan 0,625 detik untuk decode.

#### References

- Aprilia, I., Ariyanti, D. and Izzuddin, A. (2019) 'Analisa Pengukuran Kualitas Citra Hasil Steganografi', pp. 116–121.
- Aryani, L. *et al.* (2020) 'Prediksi Jumlah Siswa Baru Dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing (Studi Kasus : Smk Ethika Palembang)', *Bina Darma Conference on Computer Science*, 2(Vol 2 No 3 (2020): Bina Darma Conference on Computer Science (BDCCS)), pp. 237–244.
- Assyahid, M. M., Rihartanto, R., & Utomo, D. S. B. (2018). *Implementasi Steganografi Pesan Text ke Dalam Audio Dengan Metode Spread Spectrum*. *Juristek*, 3(2), 27–34.
- Darwis, D., Junaidi, A. and Wamiliana (2019) 'A New Approach of Steganography Using Center Sequential Technique', *Journal of Physics: Conference Series*, 1338(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1338/1/012063>.
- Emmett Grames. (2020). *Implementasi Steganografi Menggunakan Metode Spread Spectrum Dalam Pengamanan Data Teks Pada Citra Digital*.
- Jurnal, J. *et al.* (2023) 'Implementasi Keamanan Aset Informasi Steganografi Menggunakan Metode Least Significant Bit (LSB)', 3(1), pp. 40–46.

Mardiansyah Arief, & Yusfrizal. (2020). *Menggunakan Spread Spectrum Dan Gost Berbasis Android*. 82. *IT Journal*, Vol. 8, 81–92.

Ratnasari, A. P., & Dwiyanto, F. A. (2020). Metode Steganografi Citra Digital. *Sains, Aplikasi, Komputasi Dan Teknologi Informasi*, 2(2), 52. <https://doi.org/10.30872/jsakti.v2i2.3300>

Widianto, S. R. (2018). *Desain Algoritma Steganografi dengan Metode Spread Spectrum Berbasis PCMK (Permutasi Chaotic Multiputaran Mengecil dan Membesar) Yang Tahan Terhadap Gangguan*. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–8.

Wiranata, A. D., & Aldisa, R. T. (2021). *Aplikasi Steganografi Menggunakan Least Significant Bit (LSB) dengan Enkripsi Caesar Chipper dan Rivest Code 4 (RC4) Menggunakan Bahasa Pemrograman JAVA*. *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi)*, 5(3), 277. <https://doi.org/10.35870/jtik.v5i3.219>

*This page is intentionally left blank.*

# Sistem Monitoring dan Kontroling Irigasi Pekarangan Bunga Berbasis Internet of Things (IoT)

Iqbal Faturachman Usman<sup>a1</sup>, Stefan A. Hulukati<sup>a2</sup>, Steven Humena<sup>b3</sup>

<sup>a</sup>Program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ichsan Gorontalo  
Provinsi Gorontalo, Kota Gorontalo, Indonesia

<sup>1</sup>iblusman16@gmail.com

<sup>2</sup>Stephanhulukati17@gmail.com

<sup>3</sup>stevenhumena@gmail.com

## Abstract

*This study examines the challenges faced by farmers in Gorontalo in managing efficient irrigation water usage, especially due to weather uncertainties, climate change, and less optimal traditional irrigation methods. The purpose of this research is to design and develop an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system for irrigation to enhance water efficiency and productivity in flower gardens. The method involves implementing advanced sensors connected to a smartphone application, allowing real-time monitoring and automatic water flow adjustment based on specific plant needs and environmental conditions. The results show that the IoT system can gradually increase soil moisture from 1% to 70% within 10 minutes, indicating reduced water waste and increased irrigation efficiency. Additionally, the system enables real-time light control via WhatsApp, with data updating in real-time on a Spreadsheet to fulfill data requirements. The conclusion of this study is that IoT technology can provide a significant positive impact on the sustainability and productivity of the flower garden sector in Gorontalo, while also offering farmers convenience and flexibility in managing their irrigation.*

**Keywords:** *Internet of Things (IoT), Smart Irrigation, Soil Moisture Monitoring, Water Efficiency, Flower Garden Management*

## 1. Pendahuluan

Indonesia, sebagai salah satu negara agraris terbesar, sangat bergantung pada sektor pertanian. Di Provinsi Gorontalo, yang memiliki potensi tinggi untuk tanaman padi, jagung, buah-buahan, dan sayuran, metode irigasi tradisional sering kali menjadi kendala. Tantangan seperti ketidakpastian cuaca, perubahan iklim, dan distribusi air yang tidak merata mengakibatkan penggunaan air yang tidak efisien. Hal ini berdampak negatif pada produktivitas pertanian dan kesejahteraan petani" [1].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa IoT memiliki potensi besar dalam mengoptimalkan sistem irigasi. Bhargava et al. (2018) mengungkapkan bahwa penerapan IoT di bidang pertanian memungkinkan pengumpulan data secara real-time, otomatisasi proses, dan pengelolaan kebutuhan tanaman dari jarak jauh, yang secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan air dan sumber daya [2]. Selain itu, Daniel [3] menyoroti bahwa sensor kelembaban tanah seperti YL-69 dapat mengukur kelembaban secara akurat dan membantu pengaturan otomatis aliran air berdasarkan kondisi tanah. Sementara itu, Zhang et al. (2019) menyatakan bahwa dengan menambahkan sensor suhu dan curah hujan, akurasi dalam sistem irigasi otomatis dapat ditingkatkan [4]. Studi-studi tersebut mengindikasikan bahwa teknologi ini dapat mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi.

Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa mayoritas petani masih mengandalkan metode irigasi tradisional, seperti irigasi permukaan atau metode banjir, yang menyebabkan pemborosan air dan menurunnya hasil panen. Dlodlo et al. [5] juga mengungkapkan bahwa implementasi teknologi IoT

menghadapi tantangan di daerah dengan infrastruktur internet yang terbatas, terutama di wilayah pedesaan. Hal ini berdampak pada kemampuan petani dalam mengadopsi dan memanfaatkan teknologi IoT untuk pengelolaan irigasi presisi. Selain itu, Evans dan Bergman [6] menekankan bahwa meskipun sistem irigasi berbasis IoT menawarkan manfaat berupa penghematan air, tantangan dalam adaptasi teknologi ini pada lingkungan lokal yang beragam, khususnya di daerah pedesaan dengan keterbatasan akses teknologi, masih menjadi kendala yang perlu diselesaikan.

Di Gorontalo, penelitian IoT dalam sektor pertanian masih dalam tahap awal, dan sebagian besar penelitian belum menangani tantangan irigasi secara spesifik yang dihadapi petani setempat. Studi yang ada umumnya belum mengkaji secara komprehensif kondisi iklim dan tanah yang unik di Gorontalo serta potensi penerapan IoT dalam skala regional. Dengan pendekatan IoT yang lebih adaptif, pengembangan sistem irigasi pintar ini dapat menjadi solusi untuk membantu petani memantau dan mengendalikan kebutuhan air tanaman secara real-time dan lebih efisien. Di sisi lain, penelitian ini diharapkan dapat menyediakan platform yang mudah diakses melalui perangkat mobile sehingga petani dapat melakukan pengendalian dan pemantauan dari jarak jauh, dengan lebih fleksibel dan responsif terhadap kondisi lapangan .

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem irigasi pintar berbasis IoT yang khusus dirancang untuk pekarangan bunga di Gorontalo. Sistem ini ditujukan untuk membantu petani dalam memantau dan mengendalikan kebutuhan air tanaman secara real-time, sehingga penggunaan air dapat dioptimalkan. Dengan mengintegrasikan sensor kelembaban tanah dan memungkinkan konektivitas melalui perangkat mobile, penelitian ini bertujuan menyediakan solusi yang memungkinkan petani untuk melakukan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh dengan lebih fleksibel dan responsif terhadap kondisi lapangan.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada fokusnya untuk mengelola irigasi berbasis IoT yang disesuaikan dengan kondisi pertanian di Gorontalo. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang lebih luas pada aplikasi IoT dalam pertanian, studi ini menekankan adaptasi teknologi ini untuk menghadapi tantangan khusus di Gorontalo, seperti keterbatasan akses internet, serta menyesuaikan dengan praktik irigasi lokal. Penelitian ini penting karena menawarkan solusi praktis dan terjangkau untuk pengelolaan air berkelanjutan, yang mendukung kesejahteraan petani dan konservasi lingkungan di wilayah tersebut. Penelitian ini berkontribusi dalam memberikan pendekatan unik pada irigasi berbasis IoT dengan meningkatkan kemampuan pemantauan secara real-time khusus untuk pekarangan bunga, dengan implikasi lebih luas pada praktik pertanian berkelanjutan di wilayah lain dengan kondisi serupa.

## 2. Tinjauan Literatur

Penelitian terkait sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan perkembangan yang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Zein dan Faqih [6] mengembangkan sistem penyiraman otomatis menggunakan sensor Soil Moisture (FC-28) untuk memantau kelembaban tanah pada tanaman Anthurium. Sistem ini menggunakan teknologi sederhana namun efektif untuk memantau kadar air tanah. Di sisi lain, Kresna dan Adam [7] merancang alat monitoring kelembaban, pH tanah, dan pompa otomatis berbasis Arduino. Mereka menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, dengan relai untuk mengontrol pompa berdasarkan pembacaan tersebut, serta menampilkan data suhu dan kelembaban pada LCD. Alfaugraha [8] merancang sistem penyiraman tanaman tomat otomatis menggunakan sensor RTC. Sistem ini menyiram tanaman secara otomatis pada waktu tertentu, menyesuaikan kebutuhan kelembaban tanah; pompa dinyalakan jika kelembaban berada dalam rentang 60–80% dan dimatikan jika melebihi 80%. Selanjutnya, Daniel [9] melakukan pengujian sensor kelembaban tanah YL-69 yang menunjukkan kemampuan sensor dalam mengukur kelembaban tanah secara akurat. Jika nilai kelembaban di bawah 29%, pompa menyala secara otomatis. Rahman dan Simanjuntak [10] merancang sistem irigasi berbasis Arduino Uno dan sprinkler untuk perkebunan cabai. Sistem ini mengaktifkan pompa air secara otomatis jika tingkat kelembaban tanah turun di bawah 30%.

### **3. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan penerapan teknologi Internet of Things (IoT) untuk sistem monitoring dan kontrol irigasi pada lahan pertanian di Gorontalo. Fokus penelitian ini adalah mengembangkan sistem otomatisasi irigasi berbasis sensor kelembaban tanah yang terhubung dengan perangkat pintar, serta pengumpulan data real-time yang disajikan dalam spreadsheet. Berikut penjelasan metodologi secara rinci:

#### **3.1 Variabel Penelitian**

Variabel Bebas (Independent Variable): Kelembaban tanah yang diukur menggunakan sensor kelembaban.

Variabel Tergantung (Dependent Variable): Sistem irigasi yang diaktifkan atau dinonaktifkan berdasarkan kelembaban tanah.

Variabel Kontrol: Suhu lingkungan, jenis tanah, dan jenis tanaman.

#### **3.2 Model yang Digunakan**

Penelitian ini menggunakan model sistem kontrol irigasi otomatis berbasis IoT, di mana sensor kelembaban tanah mengirimkan data real-time ke platform cloud yang terhubung dengan aplikasi pada smartphone. Data kelembaban digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aliran air pada sistem irigasi.

#### **3.3 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini dirancang dalam beberapa tahap, sebagai berikut:

Perancangan Sistem IoT: Sistem ini terdiri dari sensor kelembaban, mikrokontroler (seperti NodeMCU), relay, dan katup solenoid untuk kontrol irigasi.

Pengembangan Sistem Pengumpulan Data: Data yang diukur oleh sensor kelembaban tanah dikirim secara real-time ke platform cloud yang disimpan dalam spreadsheet untuk dianalisis.

Pengujian Sistem: Pengujian dilakukan pada lahan pertanian dengan berbagai kondisi tanah untuk memastikan keakuratan sensor dan efisiensi sistem dalam mengatur irigasi.

Analisis Data: Data kelembaban tanah yang dikumpulkan digunakan untuk mengevaluasi efektivitas sistem irigasi dalam mengoptimalkan penggunaan air.

#### **3.4 Teknik Pengumpulan Data**

Data kelembaban tanah dikumpulkan menggunakan sensor yang dipasang pada lahan percobaan. Data ini dikirim ke cloud dan disimpan dalam bentuk spreadsheet untuk dianalisis. Pengumpulan data dilakukan selama 10 menit secara bertahap untuk melihat pola kelembaban tanah dan efektivitas irigasi otomatis.

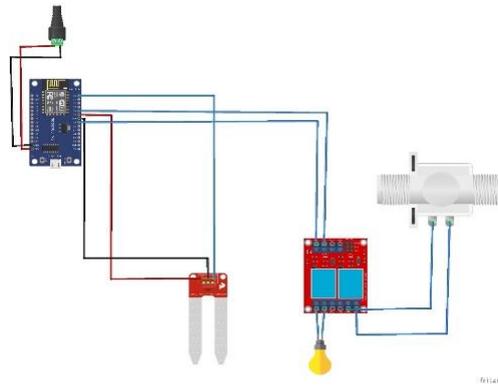
#### **3.5 Analisis Data**

Data dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan perubahan kelembaban tanah selama periode waktu tertentu dan bagaimana sistem irigasi merespons terhadap perubahan tersebut. Kinerja sistem dinilai dari seberapa baik sistem dapat mengurangi pemborosan air, serta seberapa akurat sistem memicu irigasi sesuai dengan kebutuhan tanaman.

#### **3.6 Cara Penafsiran dan Penyimpulan Hasil**

Hasil penelitian ditafsirkan berdasarkan data yang diperoleh dari spreadsheet. Jika kelembaban tanah dapat dijaga dalam rentang yang optimal dan pemborosan air berkurang, maka sistem dianggap efektif. Kesimpulan dibuat berdasarkan kinerja sistem dalam menjaga tingkat kelembaban tanah yang optimal serta kemudahan pengendalian jarak jauh melalui aplikasi smartphone.

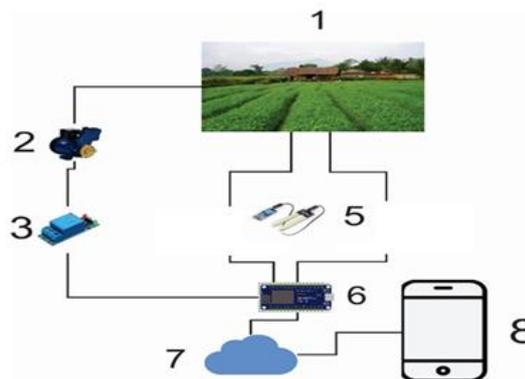
### 3.7 Skema Perancangan Alat



**Gambar 1.** Skema Perancangan Alat

Gambar 1 di atas menunjukkan sebuah rangkaian elektronik berbasis ESP8266 yang digunakan untuk sistem penyiraman otomatis dengan sensor kelembaban tanah, relay, dan katup solenoid.

### 4. Identifikasi Kebutuhan



**Gambar 2.** sistem mekanisme alat

Gambar ini merupakan diagram sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk pengelolaan air pertanian. Berikut penjelasan masing-masing komponen yang terdapat pada diagram:

1. Lahan Pertanian : Ini adalah area yang diairi menggunakan sistem irigasi pintar. Sistem ini akan memantau kondisi tanah dan tanaman untuk menentukan kapan penyiraman diperlukan.
2. Solenoid Valve : Katup solenoid berfungsi mengatur aliran air ke lahan. Katup ini akan terbuka atau tertutup secara otomatis berdasarkan perintah dari sistem kontrol untuk mengalirkan air ke tanaman.
3. Relay : Relay digunakan sebagai saklar elektronik yang mengontrol perangkat lain seperti pompa atau katup solenoid. Relay menerima sinyal dari mikrokontroler untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aliran listrik ke katup atau pompa.
4. Sensor Kelembaban Tanah : Sensor ini memantau tingkat kelembaban tanah di lahan pertanian. Data dari sensor ini digunakan oleh sistem untuk menentukan apakah tanah membutuhkan irigasi atau tidak.
5. Mikrokontroler: Mikrokontroler bertugas memproses data dari sensor dan memberikan perintah kepada relay untuk mengontrol aliran air melalui solenoid valve. Mikrokontroler ini terhubung dengan perangkat lain melalui jaringan IoT.
6. Cloud: Data yang diperoleh dari mikrokontroler dikirimkan ke cloud. Di sini, data diproses dan disimpan sehingga bisa diakses dari jarak jauh.

7. Smartphone (8): Petani atau pengguna dapat memantau dan mengendalikan sistem irigasi melalui aplikasi di smartphone. Pengguna dapat melihat data real-time dari sensor dan memberikan perintah secara manual jika diperlukan.
8. Secara keseluruhan, sistem ini bekerja dengan memanfaatkan data sensor kelembaban untuk mengatur otomatisasi irigasi pada lahan pertanian, dengan kendali jarak jauh melalui internet yang terhubung ke smartphone.

Pada penelitian ini, data kelembaban tanah yang dikumpulkan oleh sensor secara real-time dikirimkan ke mikrokontroler, yang kemudian memproses dan meneruskan data tersebut ke cloud melalui koneksi internet. Data yang tersimpan di cloud ini secara otomatis diperbarui dalam spreadsheet (seperti Google Sheets atau Microsoft Excel) secara langsung tanpa perlu intervensi manual. Integrasi ini memungkinkan petani atau pengguna untuk memantau kondisi lahan pertanian secara real-time dari jarak jauh melalui perangkat mereka. Spreadsheet akan terus diperbarui seiring perubahan data, memberikan gambaran yang akurat dan langsung mengenai kelembaban tanah serta status irigasi. Dengan akses ini, pengguna dapat mengoptimalkan penyiraman dan menganalisis data historis untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan air serta produktivitas lahan.

## 5. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan melalui sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan hasil perubahan kelembaban tanah yang tercatat dalam rentang waktu tertentu. Data yang direkam mulai dari 25/08/2024 pukul 14.27 hingga 14.31 memperlihatkan perubahan tingkat kelembaban tanah secara bertahap, sebagaimana ditampilkan dalam tabel di bawah ini:

**Tabel 1.** Data Real Time hasil Penelitian

<u>Date</u>	<u>Time</u>	<u>Moisture (%)</u>
25/08/2024	14.27.42	1
25/08/2024	14.27.46	4
25/08/2024	14.27.51	7
25/08/2024	14.27.57	10
25/08/2024	14.28.03	14
25/08/2024	14.28.06	17
25/08/2024	14.28.11	21
25/08/2024	14.28.14	24
25/08/2024	14.28.36	28
25/08/2024	14.28.41	31
25/08/2024	14.28.46	35
25/08/2024	14.28.50	38
25/08/2024	14.28.55	42
25/08/2024	14.29.16	45
25/08/2024	14.29.52	49
25/08/2024	14.29.57	52
25/08/2024	14.30.50	56
25/08/2024	14.30.55	59
25/08/2024	14.30.59	63
25/08/2024	14.31.36	70

Data ini menunjukkan peningkatan kelembaban tanah yang signifikan dalam kurun waktu sekitar 4 menit, dari 1% pada pukul 14.27.42 hingga mencapai 70% pada pukul 14.31.36.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT yang digunakan dalam penelitian ini mampu memantau perubahan kelembaban tanah secara akurat dan real-time. Peningkatan kelembaban yang tercatat menunjukkan respons dari sistem irigasi otomatis yang mengalirkan air sesuai dengan kebutuhan tanaman berdasarkan data sensor kelembaban tanah. Dari tabel dan grafik yang disajikan, terlihat bahwa kelembaban tanah meningkat secara bertahap dari 1%

hingga 70% dalam waktu kurang lebih 4 menit. Hal ini menandakan bahwa sistem irigasi otomatis berhasil mengontrol aliran air sesuai dengan kondisi tanah yang kering di awal, hingga mencapai tingkat kelembaban yang optimal.

Sistem ini memberikan solusi yang efektif terhadap masalah irigasi tradisional yang sering kali tidak efisien, karena petani dapat memantau kondisi tanah secara real-time dan memastikan pasokan air yang tepat untuk tanaman. Dengan sistem ini, penggunaan air menjadi lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga mengurangi pemborosan air dan meningkatkan produktivitas lahan dst.

## 6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem monitoring dan kontrol irigasi berbasis Internet of Things (IoT) sangat efektif dalam mengoptimalkan pengelolaan air irigasi di lahan pertanian. Sistem ini mampu memantau kondisi tanah secara real-time dengan menggunakan sensor kelembaban yang terintegrasi. Data kelembaban tanah secara otomatis dicatat dan langsung masuk ke dalam spreadsheet secara real-time, memberikan akses mudah bagi petani untuk memantau kondisi lahan mereka dari jarak jauh melalui perangkat smartphone

Sebagai contoh, data yang tercatat pada 25/08/2024 menunjukkan perubahan kelembaban tanah secara bertahap, mulai dari 1% pada pukul 14.27.42 hingga 70% pada pukul 14.31.36. Data ini menunjukkan bagaimana sistem irigasi otomatis merespons kondisi tanah dan menyuplai air secara efisien berdasarkan kebutuhan tanaman. Peningkatan kelembaban tanah dari 1% menjadi 70% dalam waktu sekitar 4 menit mengindikasikan bahwa sistem irigasi bekerja dengan baik dalam mengontrol aliran air secara tepat.

Dengan sistem IoT ini, penggunaan air dapat dioptimalkan, sehingga mengurangi pemborosan dan meningkatkan hasil panen. Penggunaan teknologi ini juga menawarkan kemudahan bagi petani dalam mengendalikan irigasi, memantau kondisi lahan, dan mengelola sumber daya secara lebih efisien dan berkelanjutan. Kesimpulannya, teknologi IoT mampu memberikan solusi konkret terhadap permasalahan irigasi tradisional dan mendukung keberlanjutan sektor pertanian di Gorontalo

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, beberapa saran dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut. Pertama, implementasi sistem monitoring dan kontrol irigasi berbasis IoT ini perlu ditingkatkan skalanya agar dapat diterapkan lebih luas di berbagai lahan pertanian di Gorontalo. Hal ini akan memungkinkan lebih banyak petani memanfaatkan teknologi ini untuk mengoptimalkan penggunaan air dan meningkatkan produktivitas pertanian. Kedua, pengembangan fitur tambahan, seperti pemantauan pH tanah, suhu udara, dan deteksi cuaca, dapat memberikan informasi yang lebih lengkap bagi petani untuk pengambilan keputusan yang lebih akurat. Ketiga, pelatihan bagi petani sangat diperlukan untuk memastikan teknologi ini digunakan secara optimal, baik dalam hal analisis data kelembaban maupun pengelolaan sistem irigasi secara keseluruhan. Keempat, perawatan yang teratur terhadap perangkat keras dan perangkat lunak juga penting agar sistem dapat terus berfungsi secara efektif. Terakhir, disarankan untuk melakukan pengujian sistem ini di berbagai jenis lahan pertanian dengan kondisi lingkungan yang berbeda, guna memastikan fleksibilitas dan efektivitas sistem dalam berbagai situasi agrikultur. Dengan demikian, sistem ini dapat memberikan manfaat maksimal bagi keberlanjutan sektor pertanian dst.

## Daftar Pustaka

- [1] A. Dlodlo, J. B. M. Raj, and R. W. M. O. M. Ramchandra, "Challenges in the implementation of IoT in rural areas with limited internet infrastructure," *Journal of Rural Development*, vol. 35, no. 2, pp. 25-40, 2016.
- [2] S. Bhargava, S. Jain, and M. Gupta, "IoT in agriculture: Applications, challenges, and opportunities," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 7, no. 5, pp. 123-130, 2018.
- [3] R. Daniel, "Sensor based soil moisture monitoring system for precision irrigation," *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 8, pp. 204-210, 2022.
- [4] Z. Zhang, Y. Zhao, and X. Li, "Automatic irrigation system based on IoT and sensor networks," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 295, pp. 163-172, 2019.
- [5] B. Evans and L. Bergman, "Adoption of IoT systems for agriculture: Challenges and strategies," *Technology in Agriculture*, vol. 12, no. 3, pp. 215-220, 2020.
- [6] D. R. Zein and Faqih, "Sistem Penyiraman Otomatis pada Tanaman Anthurium Berbasis IoT Menggunakan Sensor Soil Moisture FC-28," 2022.
- [7] I. K. A. Kresna and I. F. Adam, "Rancang Bangun Alat Monitoring Kelembaban, pH Tanah, dan Pompa Otomatis Berbasis Arduino," 2022.
- [8] K. Alfanugraha, "Sistem Penyiraman Otomatis untuk Tanaman Tomat Menggunakan Sensor RTC dan Soil Moisture," 2022.
- [9] R. Daniel, "Pengujian Sensor Kelembaban Tanah YL-69 untuk Sistem Irigasi Otomatis," 2022.
- [10] A. Rahman and I. U. V. Simanjuntak, "Rancang Bangun Sistem Irigasi pada Perkebunan Cabai Berbasis Arduino Uno dan Sprinkler," 2022.
- [11] S. F. A. Setiawan and R. M. Arief, "Automated irrigation system with wireless sensor networks for precision agriculture," *International Journal of Computer Science and Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 56-62, 2021.

*This page is intentionally left blank.*

# Pengembangan Ontologi Semantik pada Domain Upacara Manusa Yadnya

I Komang Widia Pratama<sup>a1</sup>, Ni Made Julia Budiantari<sup>a2</sup>, Ni Luh Eka Suryaningsih<sup>a3</sup>,  
Cokorda Pramatha<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Informatics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Udayana University  
Badung, Bali, Indonesia

<sup>1</sup>komangpratama2@gmail.com

<sup>2</sup>juliafemale1208@gmail.com

<sup>3</sup>luhekasuryaningsih27@gmail.com

<sup>4</sup>cokorda@unud.ac.id

## Abstract

*This research focuses on the development of an ontology that represents the elements involved in Manusa Yadnya, one of the ceremonies in Balinese Hindu tradition. Using the Methontology approach, a structured method for ontology design, the study developed a semantic model encompassing key components such as ceremonies, participants, ritual offerings, execution times, and locations. The ontology was implemented using Protégé software, allowing for graphical design, property definition, and integration of data from Balinese cultural literature. Evaluation of the ontology was conducted using SPARQL queries to verify its consistency and accuracy in answering questions related to the domain. The results demonstrated the ontology's effectiveness in organizing and retrieving information systematically, making it a valuable tool for cultural preservation. This ontology serves as a foundation for the development of broader knowledge-based systems and is expected to be integrated into web or mobile applications for easier access by the public.*

**Keywords:** *Ontology, Manusa Yadnya, Methontology, Semantic Web, Balinese Culture*

## 1. Pendahuluan

Pelaksanaan upacara adat dalam tradisi Hindu Bali memiliki nilai filosofi yang mendalam dan menjadi bagian integral dari kehidupan masyarakat Bali. Salah satu upacara yang penting adalah Manusa Yadnya, yang mencerminkan penghormatan terhadap manusia sebagai makhluk ciptaan Tuhan. Tradisi ini didasari oleh konsep Tri Rna, yang menguraikan kewajiban manusia kepada Tuhan (Dewa Rna), para Rsi (Rsi Rna), leluhur (Pitra Rna), sesama manusia (Manusa Rna), dan alam semesta (Bhuta Rna) [1]. Upacara ini tidak hanya menjadi sarana spiritual tetapi juga sebagai upaya pelestarian nilai-nilai budaya dan agama.

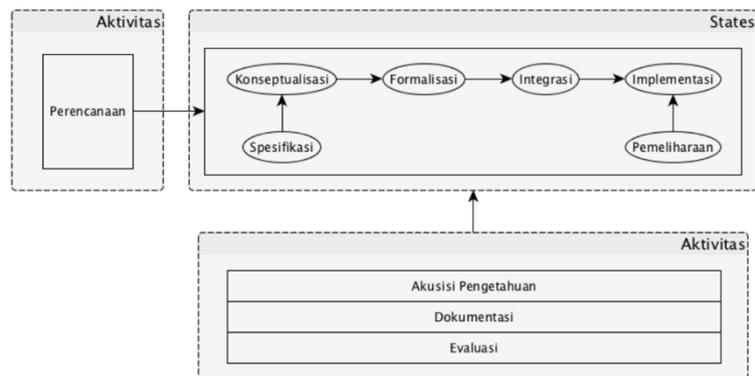
Namun, dokumentasi dan penyajian informasi tentang upacara adat seperti Manusa Yadnya sering kali dilakukan secara tradisional dan tidak terstruktur. Di era digital, kebutuhan akan sistem informasi berbasis pengetahuan yang dapat mengorganisasi informasi budaya secara sistematis menjadi semakin mendesak [2]. Teknologi seperti ontologi dalam Semantic Web menawarkan solusi untuk merepresentasikan pengetahuan secara terstruktur, sehingga memungkinkan informasi budaya ini diakses dan dimanfaatkan baik oleh manusia maupun sistem komputer. Ontologi dapat menghubungkan berbagai elemen, seperti kelas, properti, dan individu, untuk mendukung interoperabilitas data dan penalaran otomatis [3].

Manusa Yadnya, sebagai salah satu domain penting dalam budaya Bali, memiliki potensi untuk didokumentasikan secara digital menggunakan pendekatan ini. Dalam penelitian ini, pendekatan Methontology digunakan untuk mengembangkan ontologi yang menggambarkan elemen-elemen penting seperti Upacara, Pelaku Upacara, Persembahan, Waktu Pelaksanaan, dan Lokasi Upacara, yang saling berhubungan dengan relasi relevan. Pendekatan ini dipilih karena deskripsi yang detail serta kemampuan untuk mendukung pengembangan lebih lanjut [4]. Evaluasi terhadap ontologi dilakukan menggunakan SPARQL untuk memastikan konsistensi data serta kemampuan ontologi dalam menyediakan informasi yang akurat.

Dengan pengembangan ontologi ini, diharapkan dokumentasi upacara Manusa Yadnya tidak hanya menjadi lebih terstruktur tetapi juga mendukung pelestarian budaya secara digital, sekaligus menjadi dasar untuk pengembangan sistem informasi berbasis pengetahuan yang lebih luas.

## 2. Metode Penelitian

Dalam perancangan ontologi untuk Manusa Yadnya, penulis mengadopsi Metode Methontology (seperti terlihat pada Gambar 1). Methontology adalah salah satu metodologi pembangunan model ontologi yang klasik dan masih banyak digunakan hingga saat ini karena keunggulannya dalam menyediakan deskripsi sangat detail untuk setiap aktivitas yang dilakukan selama pembangunan ontologi [5]. Metode ini juga memungkinkan dilakukannya integrasi atau penggunaan kembali ontologi yang telah dibangun sebelumnya, menjadikannya relevan untuk pengembangan sistem lebih lanjut [6]. Methontology menawarkan pendekatan sistematis yang melibatkan berbagai aktivitas, termasuk spesifikasi, konseptualisasi, formalisasi, implementasi, dan pemeliharaan ontologi [7].



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Sumber: Pramarta, C. (2020). Pengembangan Ontologi Tujuan Wisata Bali Dengan Pendekatan Kukul Knowledge Framework. SINTECH (Science and Information Technology) Journal, 3(2), 77–89

### 2.1 Spesifikasi

Tujuan dari fase spesifikasi adalah untuk menghasilkan dokumen spesifikasi ontologi yang menyeluruh, baik dalam bentuk informal, semi-formal, atau formal. Dalam penelitian ini, spesifikasi ontologi Manusa Yadnya mencakup:

1. Domain: Upacara Manusa Yadnya dalam budaya Bali
2. Tujuan: Untuk membangun model ontologi yang menggambarkan dan mengorganisasi elemen-elemen dalam upacara Manusa Yadnya, termasuk jenis upacara, waktu, tempat, pelaku, dan persembahan.
3. Tingkat formalitas: Semi-formal, menggunakan istilah-istilah yang mudah dipahami tetapi tetap mengikuti struktur ontologi yang jelas.
4. Lingkup: Upacara Manusa Yadnya dalam tradisi Hindu Bali.
5. Sumber pengetahuan: Babad Bali dan literatur terkait

### 2.2 Akuisisi Pengetahuan

Pada tahap ini, data yang digunakan untuk membangun ontologi mengenai upacara Manusa Yadnya diperoleh dari Babad Bali. Akuisisi ini dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi tentang berbagai upacara yang ada dalam Manusa Yadnya, seperti Magedong-gedongan, Jatakarma, Otonan, dan lainnya. Data juga mencakup informasi terkait dengan elemen-elemen ritual, persembahan, serta waktu dan tempat pelaksanaan.

### 2.3 Konseptualisasi

Tahap ini menyusun pengetahuan domain dalam model konseptual. Dalam hal ini, penulis membuat daftar lengkap istilah yang mencakup konsep-konsep penting dalam upacara Manusa Yadnya, seperti Upacara, Pelaku Upacara, Persembahan, Waktu Pelaksanaan, dan Lokasi Upacara. Model konseptual ini bertujuan untuk menggambarkan hubungan antar konsep dan memastikan bahwa semua elemen penting telah dicakup dalam ontologi.

## 2.4 Implementasi

Setelah konsep-konsep dan struktur ontologi disusun, tahap implementasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Protégé. Protégé digunakan untuk mendesain ontologi secara grafis, mendefinisikan class, subclass, object property, data property, serta instance. Data yang diperoleh dari Babad Bali dimasukkan ke dalam ontologi untuk membentuk hubungan antar konsep. Protégé juga memungkinkan ontologi untuk disimpan dalam format OWL dan RDF, yang memungkinkan integrasi ke dalam sistem berbasis web semantic.

## 2.5 Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk memastikan ontologi berfungsi dengan baik. Proses ini melibatkan verifikasi konsistensi teknis, seperti memeriksa relasi antar kelas dan atribut, serta validasi ontologi dengan tujuan sistem. Pengujian dilakukan menggunakan query SPARQL untuk mengevaluasi kemampuan ontologi dalam menjawab kebutuhan, seperti Upacara Manusa Yadnya yang dilakukan dipekarangan rumah. Selain itu, hasil evaluasi digunakan untuk memperbaiki atau menyempurnakan struktur ontologi jika diperlukan.

## 2.6 Dokumentasi

Seluruh proses yang telah dilakukan, mulai dari perancangan hingga implementasi dan evaluasi ontologi Upacara Manusa Yadnya, akan disusun dalam bentuk jurnal terstruktur. Dokumentasi ini mencakup spesifikasi ontologi, metode pengembangan, serta hasil evaluasi, yang nantinya dirangkum untuk mendukung transparansi dan produktivitas penelitian. Hasil akhir akan dipublikasikan dalam bentuk artikel ilmiah atau laporan penelitian untuk memperluas kontribusi terhadap pengembangan sistem berbasis ontologi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Perancangan Ontologi

Pada bagian ini, akan dilakukan perancangan ontologi dari domain Manusa Yadnya dalam tradisi Bali. Langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan Class dan Subclass dari ontologi yang dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya, dilakukan pembuatan rancangan Data Property, Domain, dan Range. Untuk Data Property, Domain, dan Range yang digunakan dalam ontologi pada penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 2

**Tabel 1.** Perancangan Class dan SubclassOf

Class	SubclassOf
Manusa_Yadnya	Thing
Dokumentasi_Upacara	Manusa_Yadnya
Lokasi_Upacara	Manusa_Yadnya
Pemimpin_Upacara	Manusa_Yadnya
Persembahan_Upacara	Manusa_Yadnya
Waktu_Upacara	Manusa_Yadnya
Pura	Lokasi_Upacara
Rumah	Lokasi_Upacara

**Tabel 2.** Perancangan Data Property, Domain, dan Range

Data Property	Domain	Range
Deskripsi	Upacara Manusa Yadnya	xsd:string
DokumentasiHyperlink	Upacara Manusa Yadnya	xsd:string
Mantram	Upacara Manusa Yadnya	xsd:string
TataPelaksanaan	Upacara Manusa Yadnya	xsd:string

### 3.2. Implementasi

Tahap berikutnya setelah perancangan ontologi adalah implementasi. Implementasi menggunakan aplikasi Protégé, yang dimulai dengan merancang struktur kelas untuk menggambarkan Upacara Manusa Yadnya. Struktur kelas tersebut ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Class Utama dan Subclass Ontology Manusa Yadnya

Gambar 2 di atas merepresentasikan ontologi Upacara Manusa Yadnya yang terdiri atas kelas utama Manusa\_Yadnya dengan beberapa subclass yang mengelompokkan informasi secara hierarkis. Subclass Lokasi\_Upacara menjelaskan tempat pelaksanaan upacara, seperti di Pura atau Rumah. Subclass Dokumentasi\_Upacara menyimpan URL dokumentasi upacara yang diperoleh dari internet. Pemimpin\_Upacara menggambarkan individu yang memimpin upacara tersebut. Persembahan\_Upacara merepresentasikan sesajen atau banten yang digunakan dalam upacara, sedangkan Waktu\_Upacara menjelaskan waktu pelaksanaan upacara tersebut. Tahapan selanjutnya adalah membuat Object Property pada ontologi, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Object Property Ontology Manusa Yadnya

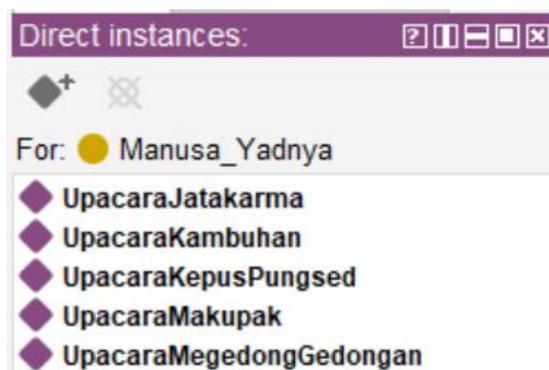
Gambar ini menunjukkan ontologi Upacara Manusa Yadnya yang memanfaatkan sepuluh Object Property untuk mendefinisikan hubungan antar elemen. Berikut adalah penjelasannya:

1. **MemilikiDokumentasiUpacara**: Menghubungkan kelas utama **Manusa\_Yadnya** dengan subclass **Dokumentasi\_Upacara**. Inversenya adalah **DidokumentasikanOlehUpacara**, yang menunjukkan bahwa dokumentasi tersebut dimiliki oleh sebuah upacara Manusa Yadnya.
2. **MemilikiLokasiUpacara**: Mendefinisikan hubungan antara kelas utama **Manusa\_Yadnya** dengan tempat pelaksanaan upacara, yaitu subclass **Lokasi\_Upacara**. Inversenya adalah **DijadikanLokasiOlehUpacara**, yang menunjukkan bahwa suatu tempat digunakan sebagai lokasi upacara.
3. **MemilikiPemimpinUpacara**: Menunjukkan hubungan antara kelas utama **Manusa\_Yadnya** dengan pemimpin upacara yang terdapat dalam subclass **Pemimpin\_Upacara**. Inversenya adalah **DilakukanOlehPemimpin**, yang menunjukkan bahwa pemimpin tersebut memimpin suatu upacara.

4. **MemilikiPersembahanUpacara:** Mendefinisikan hubungan antara kelas utama **Manusa\_Yadnya** dengan jenis persembahan yang diaturkan, yaitu subclass **Persembahan\_Upacara**. Inversenya adalah **DipersembahkanOlehUpacara**, yang menunjukkan bahwa persembahan tersebut dipersembahkan dalam sebuah upacara.
5. **MemilikiWaktuUpacara:** Menghubungkan kelas utama **Manusa\_Yadnya** dengan waktu pelaksanaan upacara, yaitu subclass **Waktu\_Upacara**. Inversenya adalah **DiadakanPadaWaktu**, yang menunjukkan waktu pelaksanaan upacara tersebut.

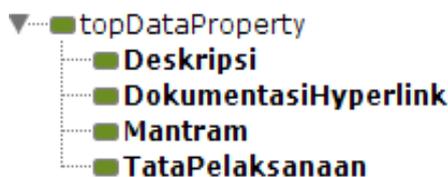
Penggunaan inverse pada Object Property ini membuat hubungan antar elemen dalam ontologi menjadi lebih terhubung dan memperjelas struktur serta informasi mengenai upacara Manusa Yadnya secara keseluruhan.

Setelah pembuatan Object Property, langkah berikutnya adalah membuat Individuals yang berhubungan dengan domain Upacara Manusa Yadnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada tahap ini, Individuals digunakan untuk merepresentasikan entitas konkret yang ada dalam ontologi, sesuai dengan hubungan yang telah didefinisikan sebelumnya.



Gambar 4. Instance/Individual dari Ontology Manusa Yadnya

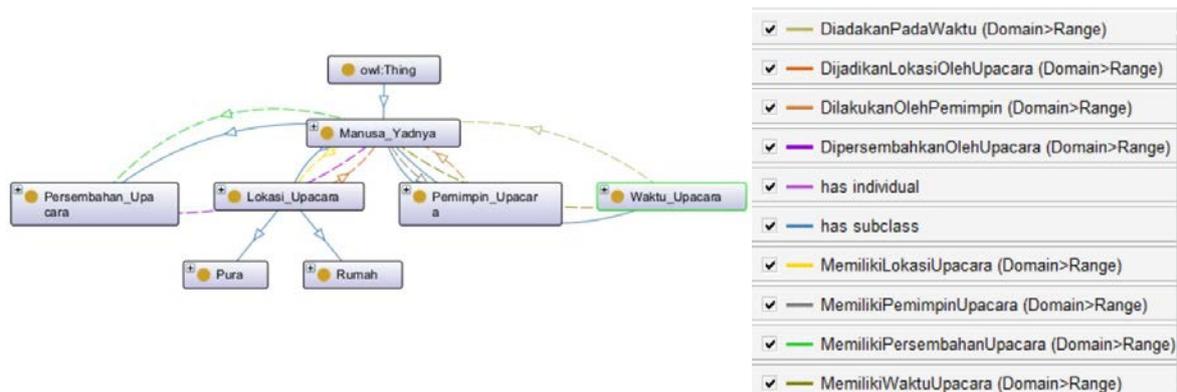
Pada Gambar 4, ditampilkan instance dari kelas **Manusa\_Yadnya**. Instance tersebut merupakan contoh konkret yang menggambarkan entitas yang termasuk dalam masing-masing kelas. Misalnya, pada kelas **Manusa\_Yadnya**, instance tersebut dapat merepresentasikan nama nama upacara yang termasuk upacara manusa yadnya. Selanjutnya, dilakukan pembuatan Data Property seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, yang dibuat menggunakan Protégé. Data Property ini digunakan untuk memberikan informasi tambahan mengenai Upacara Manusa Yadnya.



Gambar 5. Data Property Ontology Manusa Yadnya

Pada Gambar 5, Data Property Deskripsi memberikan penjelasan lebih mendalam tentang upacara. DokumentasiHyperlink berisi url dokumentasi upacara yang didapat dari internet, sementara Mantram berisi mantra yang digunakan saat upacara. TataPelaksanaan memberikan langkah-langkah pelaksanaan upacara.

Untuk menjelaskan keterkaitan antar class, object property, data property, dan instance, penulis menggunakan fitur OntoGraf. Fitur ini memungkinkan visualisasi hubungan antar elemen dalam ontologi secara lebih jelas dan terstruktur.



**Gambar 6.** OntoGraf Ontology Manusa Yadnya

Pada Gambar 6, ditunjukkan hubungan antara class, object property, dan instance yang telah dibangun dalam ontologi Upacara Manusa Yadnya. Hubungan-hubungan ini direpresentasikan secara otomatis dalam bentuk gambar oleh OntoGraf. Selanjutnya, untuk melihat metrics Ontologi Upacara Manusa Yadnya dapat dilihat pada Gambar 7.

### Metrics

Axiom	349
Logical axiom count	256
Declaration axioms count	93
Class count	8
Object property count	10
Data property count	4
Individual count	71
Annotation Property count	0

**Gambar 7.** Metrics Ontology Upacara Manusa Yadnya

Pada Gambar 7, terlihat bahwa ontologi Upacara Manusa Yadnya memiliki total 349 axioms dengan rincian 256 logical axioms, 93 declaration axioms, serta 8 kelas (class). Ontologi ini juga mencakup 10 object properties, 4 data properties, dan 71 individu yang telah didefinisikan.

Representasi hubungan antar elemen ontologi seperti class, object property, dan instance memungkinkan pengguna untuk memahami struktur dan keterkaitan data secara visual melalui OntoGraf. Dengan adanya 71 individu, ontologi ini memberikan gambaran tentang objek nyata atau konsep yang terkait dengan Upacara Manusa Yadnya. Sementara itu, logical axioms yang berjumlah 256 menunjukkan aturan atau logika yang mengatur hubungan antar elemen ontologi.

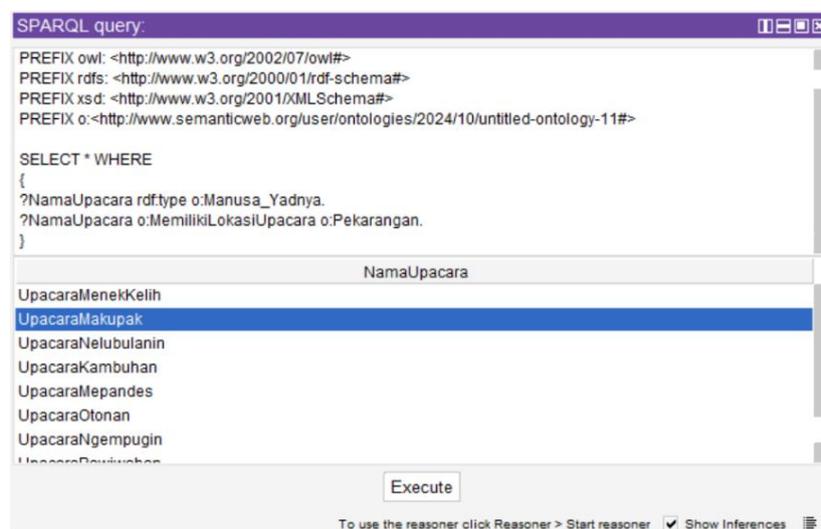
### 3.3. Evaluasi

Setelah berhasil membangun ontologi, selanjutnya pengujian dilakukan untuk mengevaluasi apakah ontologi yang telah dikembangkan dapat secara akurat merepresentasikan konsep Upacara Manusa Yadnya dan menjawab pertanyaan terkait menggunakan kueri SPARQL. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa ontologi dapat digunakan dalam pencarian informasi berbasis semantik terkait Upacara Manusa Yadnya. Pengujian dilakukan dengan menyusun pertanyaan yang mencerminkan skenario pencarian informasi seputar Upacara Manusa Yadnya. Setiap pertanyaan diuji menggunakan kueri SPARQL yang sesuai dengan struktur ontologi. Adapun pertanyaannya yaitu:

No	Pertanyaan
1.	Upacara Manusa Yadnya apa saja yang memiliki lokasi upacara di pekarangan rumah?
2.	Upacara Manusa Yadnya apa saja yang dipimpin oleh tetua keluarga? Tampilkan waktu upacaranya!
3.	Upacara Manusa Yadnya apa saja yang dilakukan di pemerajan? Tampilkan persembahan upacaranya!
4.	Upacara Manusa Yadnya apa saja yang menggunakan banten ajuman? Tampilkan persembahan upacaranya!

Pertanyaan 1: Upacara Manusa Yadnya apa saja yang memiliki lokasi upacara di pekarangan rumah?

```
SELECT * WHERE {
  ?NamaUpacara rdf:type o:Manusa_Yadnya.
  ?NamaUpacara o:MemilikiLokasiUpacara o:Pekarangan.
}
```

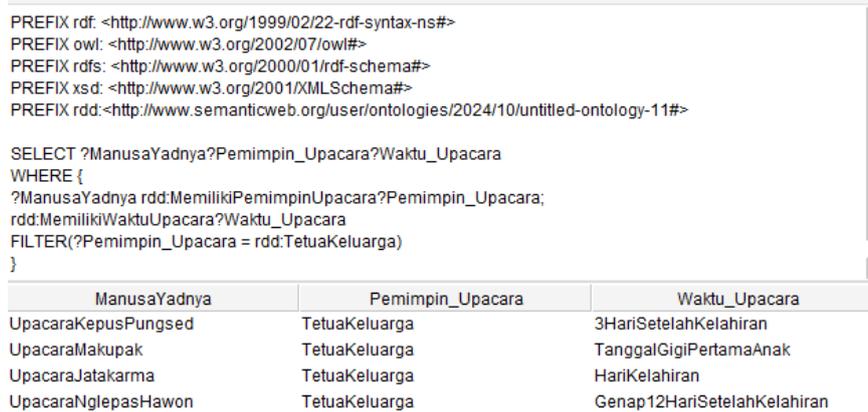


**Gambar 8.** Hasil query dari pertanyaan 1

Hasil sparql menunjukan ontology mampu menjawab pertanyaan 1 dengan menampilkan jawaban yang sesuai dengan *class* upacara yang dibangun.

Pertanyaan 2: Upacara Manusa Yadnya apa saja yang dipimpin oleh tetua keluarga? tampilkan waktu upacaranya!

```
SELECT ?ManusaYadnya ?Pemimpin_Upacara ?Waktu_Upacara
WHERE {
  ?ManusaYadnya rdd:MemilikiPemimpinUpacara ?Pemimpin_Upacara;
  rdd:MemilikiWaktuUpacara ?Waktu_Upacara.
  FILTER(?Pemimpin_Upacara = rdd:TetuaKeluarga)
}
```



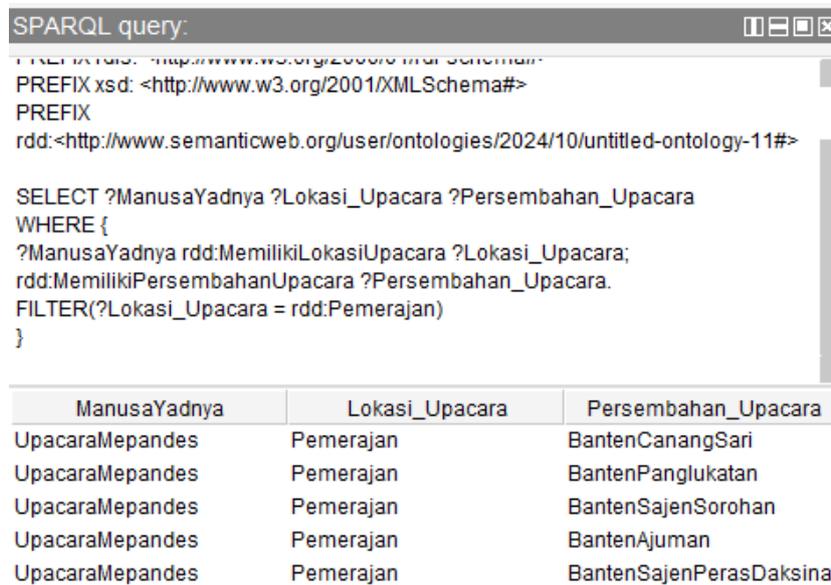
**Gambar 9.** Hasil query dari pertanyaan 2

Hasil sparql menunjukkan ontology mampu menjawab pertanyaan 2 dengan menampilkan Upacara Manusa Yadnya yang dipimpin oleh tetua keluarga dan menampilkan waktu upacaranya.

Pertanyaan 3: Upacara Manusa Yadnya apa saja yang dilakukan di pemerajan? Tampilkan persembahan upacaranya!

```

SELECT ?ManusaYadnya ?Lokasi_Upacara ?Persembahan_Upacara
WHERE {
?ManusaYadnya rdd:MemilikiLokasiUpacara ?Lokasi_Upacara;
rdd:MemilikiPersembahanUpacara ?Persembahan_Upacara.
FILTER(?Lokasi_Upacara = rdd:Pemerajan)
}
    
```



**Gambar 10.** Hasil query dari pertanyaan 3

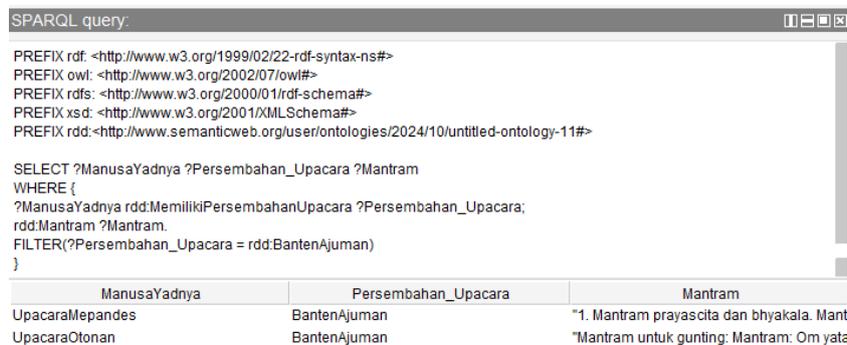
Hasil sparql menunjukkan ontology mampu menjawab pertanyaan 3 dengan menampilkan Upacara Manusa Yadnya yang dilakukan di pemerajan dan menampilkan persembahan upacaranya.

Pertanyaan 4: Upacara Manusa Yadnya apa saja yang menggunakan banten ajuman? Tampilkan persembahan upacaranya!

```

SELECT ?ManusaYadnya ?Persembahan_Upacara ?Mantram
    
```

```
WHERE {
  ?ManusaYadnya rdd:MemilikiPersembahanUpacara ?Persembahan_Upacara;
                rdd:Mantram ?Mantram.
FILTER(?Persembahan_Upacara = rdd:BantenAjuman)
}
```



The screenshot shows a SPARQL query window with the following content:

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdd:<http://www.semanticweb.org/user/ontologies/2024/10/untitled-ontology-11#>

SELECT ?ManusaYadnya ?Persembahan_Upacara ?Mantram
WHERE {
  ?ManusaYadnya rdd:MemilikiPersembahanUpacara ?Persembahan_Upacara;
                rdd:Mantram ?Mantram.
FILTER(?Persembahan_Upacara = rdd:BantenAjuman)
}
```

The results are displayed in a table with three columns: ManusaYadnya, Persembahan\_Upacara, and Mantram.

ManusaYadnya	Persembahan_Upacara	Mantram
UpacaraMepandes	BantenAjuman	"1. Mantram prayascita dan bhyakala. Mant
UpacaraOtonan	BantenAjuman	"Mantram untuk gunting: Mantram: Om yate

**Gambar 11.** Hasil query dari pertanyaan 4

Hasil sparql menunjukan ontology mampu menjawab pertanyaan 4 dengan menampilkan Upacara Manusa Yadnya yang menggunakan banten ajuman dan menampilkan persembahan upacaranya.

#### 4. Kesimpulan

Dengan analisis dan diskusi yang telah dilakukan, pembangunan ontologi dalam domain Upacara Manusa Yadnya telah berhasil diselesaikan. Proses pengembangannya menggunakan aplikasi Protégé dengan menerapkan metode Methontology, menghasilkan beberapa kelas utama seperti Upacara, Pelaku Upacara, Persembahan, Waktu Pelaksanaan, dan Lokasi Upacara, serta properti objek dan data yang menghubungkan elemen-elemen tersebut. Evaluasi dilakukan dengan menguji model ontologi melalui query SPARQL, di mana hasil yang diperoleh selaras dengan jawaban yang diharapkan untuk setiap pertanyaan yang diajukan terkait elemen-elemen upacara. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model ontologi yang telah dibangun mampu merepresentasikan informasi dalam domain Upacara Manusa Yadnya secara sistematis dan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Ontologi ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem berbasis pengetahuan guna mendukung pelestarian budaya Bali serta mempermudah pengelolaan informasi mengenai tradisi Hindu Bali secara digital.

#### References

- [1] Wartayasa, I. Ketut. "Pelaksanaan Upacara Yadnya Sebagai Implementasi Peningkatan dan Pengamalan Nilai Ajaran Agama Hindu." *Kamaya: Jurnal Ilmu Agama*, 1.3 (2018): 186-199.
- [2] Pramarta, C. "Pengembangan Ontologi Tujuan Wisata Bali Dengan Pendekatan Kulkul Knowledge Framework." *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*, 3.2 (2020): 77–89.
- [3] Pramarta, C., Davis, J. G., & Kuan, K. K. Y. "A Semantically-Enriched Digital Portal for the Digital Preservation of Cultural Heritage with Community Participation." *EuroMed 2018 Proceedings*, Springer, 2018.
- [4] Pramarta, C., Davis, J. G., & Kuan, K. K. Y. "Digital Preservation of Cultural Heritage: An Ontology-Based Approach." *28th Australasian Conference on Information Systems*, 2017.
- [5] Indrayasaa, I. W. G., & Pramarta, C. (2021). *Ontology-based Approach: A Smartphone Knowledge Representation*. *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, 9(1), 5373..
- [6] Ganeswara, P. R., & Pramarta, C. R. A. (2020). *Ontology-Based Approach for Klungkung Royal Family*. *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, 8(4), 497–505
- [7] Wardana, M., & Pramarta, C. (2019). *Development of Semantic Ontology Modeling in Knowledge Representation of Balinese Gamelan Instruments*. *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, 8(2), 145–152

*This page is intentionally left blank.*

# Ekstraksi Ciri dan Klasifikasi Isyarat Suara Tutar Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficients

Domy Kristomo<sup>a1</sup>, Maria Mediadrix Sebatubun<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Teknologi Informasi, Universitas Teknologi Digital Indonesia  
Jalan Raya Janti 143 Karang Jambe Yogyakarta 55198, Indonesia  
<sup>1</sup>domy@utdi.ac.id

## Abstract

Teknologi *speech recognition* telah mengalami kemajuan signifikan dalam beberapa dekade terakhir, didorong oleh perkembangan dalam bidang *Artificial Intelligence (AI)*, *Machine Learning (ML)*, dan *Natural Language Processing (NLP)*. Teknologi ini memungkinkan sistem komputer untuk mengenali, memahami, dan memproses ucapan manusia secara langsung, sehingga menciptakan interaksi manusia-mesin yang lebih intuitif dan efektif. Berbagai metode telah digunakan dalam pemrosesan dan ekstraksi ciri isyarat tutur salah satu diantaranya adalah *Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC)*. Penelitian ini menggunakan metode MFCC untuk ekstraksi ciri dan *Multilayer Perceptron (MLP)* untuk klasifikasi isyarat suara tutur. MFCC, yang didasarkan pada skala Mel, dirancang untuk merepresentasikan karakteristik frekuensi isyarat suara sesuai dengan persepsi pendengaran manusia. Proses ekstraksi melibatkan tahapan *pre-emphasis*, *framing*, *windowing*, transformasi *Fourier*, filter bank Mel, dan transformasi kosinus terdiskret (*DCT*) untuk menghasilkan fitur suara yang kompak dan informatif. Fitur ini kemudian digunakan sebagai input dalam model klasifikasi berbasis pembelajaran mesin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode MFCC mampu menangkap pola suara dengan akurasi yang tinggi, bahkan dalam kondisi dengan gangguan *noise*. Studi ini menunjukkan bahwa kombinasi MFCC dengan algoritma klasifikasi MLP dapat meningkatkan performa sistem pengenalan suara tutur secara signifikan, ditunjukkan oleh hasil akurasi klasifikasi sebesar 94,33%.

**Keywords:** *Mel Frequency Cepstral Coefficients, Ekstraksi Ciri, Klasifikasi, Speech, Word*

## 1. Pendahuluan

Teknologi *speech recognition* atau pengenalan suara tutur telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir, didukung oleh kemajuan di bidang kecerdasan buatan (*AI*), pembelajaran mesin (*ML*), dan pemrosesan bahasa alami (*NLP*). Teknologi ini memungkinkan komputer untuk mengenali, memahami, dan menginterpretasikan ucapan manusia secara *real-time*, membuka jalan bagi interaksi manusia-mesin yang lebih alami dan efisien. Dari penggunaannya dalam perangkat asisten *virtual* seperti *Siri*, *Alexa*, dan *Google Assistant*, hingga penerapannya dalam layanan kesehatan, pendidikan, dan otomotif, *speech recognition* telah menjadi bagian integral dari kehidupan modern. Dengan terus meningkatnya akurasi dan kemampuan multibahasa, teknologi ini menawarkan potensi besar untuk mengatasi hambatan komunikasi dan mendukung inklusivitas di berbagai sektor. Berbagai metode telah digunakan dalam pemrosesan dan ekstraksi ciri isyarat tutur diantaranya *Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC)*, *Wavelet*, *Linear Predictive Coefficients*, dan sebagainya.

*Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC)* adalah salah satu metode yang paling populer dan efektif untuk ekstraksi ciri dalam analisis isyarat suara, termasuk isyarat tutur. Metode ini dirancang untuk menangkap karakteristik frekuensi yang relevan dengan persepsi pendengaran manusia, menggunakan konsep skala mel untuk merepresentasikan frekuensi secara lebih sesuai dengan cara telinga manusia memproses suara. Dalam prosesnya, MFCC melibatkan langkah-langkah seperti transformasi *Fourier*, penggunaan filter bank mel, dan penerapan transformasi kosinus terdiskret (*DCT*)

untuk menghasilkan representasi numerik yang kompak dari isyarat suara. Karena keandalannya dalam menggambarkan ciri akustik yang penting, MFCC telah diterapkan dalam berbagai aplikasi seperti pengenalan suara, verifikasi pembicara, dan analisis emosi dari isyarat suara.

Penelitian sebelumnya terkait penerapan MFCC dalam pengolahan isyarat suara, telah banyak dilakukan [1][2][3][4][5][6][7][8][9][10]. Paleva dan Prasetio [1] menggunakan *Short Time Fourier Transform* (STFT) pada ciri MFCC untuk mendeteksi tingkat stres melalui suara pengguna menggunakan perangkat berbasis Android. Penelitian ini menunjukkan peningkatan akurasi sistem dari 66% menggunakan MFCC standar menjadi 73% dengan penerapan STFT pada MFCC. Ajinurseto dkk. [2] menerapkan MFCC pada sistem pengenalan suara berbasis desktop sebagai bagian dari teknologi biometrik suara. Sistem tersebut diuji dalam dua kondisi, yaitu ideal (tanpa *noise*) dan tidak ideal (dengan *noise*). Hasil pengujian menunjukkan akurasi sistem mencapai 90% dalam kondisi ideal dan 76,67% dalam kondisi tidak ideal. Santoso dkk. [3] menggunakan MFCC untuk ekstraksi ciri sembilan kata perintah dengan tiga variasi intonasi, melibatkan 100 orang untuk menghasilkan dataset suara. Proses pengolahan melibatkan tahap seperti *hamming window*, transformasi Fourier cepat (FFT), dan transformasi Fourier terbalik (IFFT) untuk menghasilkan spektrum, spektrogram, log-spektrogram, dan koefisien MFCC. Studi ini menunjukkan bahwa penggunaan rentang frekuensi 50-1635 Hz menghasilkan akurasi terbaik dalam menghilangkan *noise* dan mengekstraksi fitur suara. Buana dkk. [4] menggunakan MFCC dan Modified K-Nearest Neighbor untuk prediksi suara paru dengan hasil akurasi tertinggi pada Fold 4 yaitu 0.98 atau 98% dengan precision 1, recall 0.14, f1-score 0.25 untuk normal dan precision 0.97, recall 1, f1-score 0.98 untuk tidak normal sebesar 97,83 % dengan menggunakan metode uji dan data latih yang telah disediakan. Sasilo dkk. [5] menggunakan MFCC dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) untuk pengenalan suara. Berdasarkan hasil pengujian, metode MFCC - GMM pada kondisi ideal memiliki tingkat akurasi sebesar 82.22% sedangkan pada kondisi tidak ideal mendapatkan akurasi sebesar 66.67%. Tridarma dan Endah [6] menggunakan MFCC dan *Recurrent Neural Network* untuk pengenalan ucapan Bahasa Indonesia. Hidayat dan Winursito [7] menggunakan MFCC untuk ekstraksi fitur dan metode *K-nearest neighbour* (KNN) untuk klasifikasi. Tiga versi dari metode yang diusulkan dirancang. Hasilnya menunjukkan bahwa versi tiga meningkatkan akurasi sebesar 4% dibandingkan sistem pengenalan konvensional. Versi ketiga memiliki waktu komputasi paling cepat dibandingkan metode lainnya. Penambahan algoritma deteksi suku kata pada versi tiga meningkatkan waktu komputasi hanya 0,151 detik dibandingkan metode MFCC konvensional. Anggoro dkk. [8] melakukan identifikasi bahasa *Cleft lip and palate* (CLP) dan pola bunyi standar menggunakan ekstraksi fitur MFCC dengan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN) dan validasi silang K-Fold. Dengan menjadikan kata yang mempunyai huruf /p/ sebagai acuannya disebut bilabial. Kata-kata yang digunakan antara lain Paku, Kapak, dan Atap. Keakuratan hasil pengenalan mencapai lebih dari 69%, dengan akurasi minimal 41%. Prabakaran dan Sriuppili [9] menyelidiki skema ekstraksi fitur berdasarkan MFCC. Permana dkk. [10] menggunakan MFCC dan DTW (*Dynamic Time Warping*) untuk pengenalan jenis suara pria dan Wanita. Hasil Penelitian yang didapat yaitu untuk tingkat akurasi pada wanita dengan jenis suara alto didapatkan presentase 80%, untuk tingkat akurasi jenis suara mezzosopran didapatkan 90%, untuk tingkat akurasi jenis suara sopran didapatkan 80%. Kemudian pada jenis suara pria, untuk jenis suara bass didapatkan tingkat akurasi sebesar 80%, untuk jenis suara bariton didapatkan tingkat akurasi 70%, dan untuk jenis suara tenor didapatkan tingkat akurasi sebesar 60%.

Pada penelitian ini digunakan metode ekstraksi ciri MFCC dan pengklasifikasi *Multilayer-perceptron* untuk mengklasifikasi data isyarat suara kata yang mengandung *stop consonant* dalam kata tersebut dengan sedikit *noise*. *Stop consonant* terdiri atas *voiceless /p/, /t/, /k/*, dan *voiced /b/, /d/, /g/*. Data kata tersebut yaitu kakak, tutup, bibit, papan, duduk, gigit.

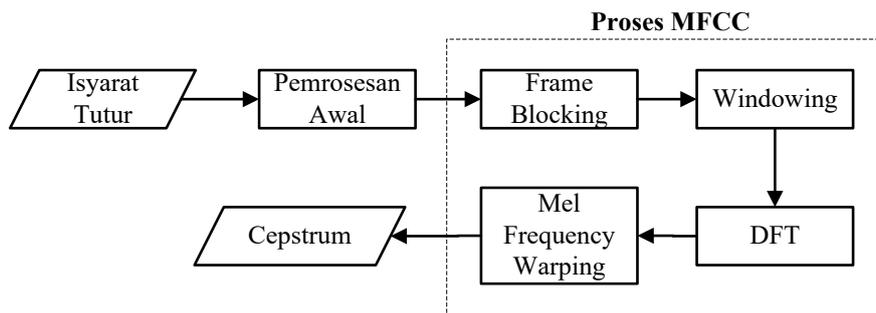
## 2. Metode Penelitian

Metodologi yang diusulkan dalam penelitian ini terdiri dari lima langkah. yaitu Data set, Ekstraksi ciri MFCC, Klasifikasi, validasi silang K-Fold dan akurasi.

### 2.1. Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)

MFCC merupakan sebuah representasi spektrum daya waktu singkat dari isyarat suara, berdasar pada transformasi kosinus linier dari sebuah log spektrum daya pada frekuensi tak linier dalam skala Mel. Pada MFCC, band frekuensi terbagi sama besar pada skala Mel, yang mendekati persepsi sistem pendengaran manusia. Tahapan proses ekstraksi MFCC secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 1.

Terdapat empat proses utama yaitu frame blocking, penjendelaan, transformasi fourier dan *mel frequency warping*.



Gambar 1. Proses MFCC

- **Frame Blocking**, isyarat suara merupakan isyarat non-stasioner, artinya sifat-sifat statistiknya selalu berubah terhadap waktu. Sehingga tidaklah memungkinkan mengekstraksi ciri spektral dari suara tutur sekaligus. Oleh karena itu, ciri spektral isyarat suara diekstrak melalui sebuah jendela isyarat suara yang mencirikan bagian suara tertentu sehingga dengannya dapat dibuat suatu asumsi bahwa isyarat suara tersebut stasioner. Fungsi jendela yang digunakan adalah yang bernilai maksimum 1 untuk daerah di dalam jendela dan nol untuk daerah yang lain. Jendela bergerak sepanjang isyarat suara dan mengekstraksi bentuk isyarat yang berada di dalamnya. Proses penjendelaan dicirikan oleh tiga parameter, yaitu lebar jendela, offset antar jendela dan bentuk jendela. Hasil penjendelaan disebut sebagai frame, dengan panjang (frame size) dan besar pergeseran (frame shift) tertentu dalam satuan milidetik. Rentang pergeseran frame berkisar antara 1/3 – 1/2 kali panjang frame.
- **Windowing**, Setiap frame diterapkan fungsi *windowing*, seperti *Hamming Window*, untuk mereduksi efek diskontinuitas di ujung frame. Windowing dilakukan menggunakan rumus:

$$H(n) = 0,54 - 0,46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), 0 \leq n \leq N-1 \quad (1)$$

di mana N adalah jumlah sampel dalam frame.

- **DFT**, Frame dalam domain waktu ditransformasikan ke domain frekuensi menggunakan FFT. Hasilnya adalah spektrum frekuensi yang merepresentasikan intensitas energi dari setiap komponen frekuensi dalam frame.
- **Mel-Frequency Wrapping**, Spektrum frekuensi diubah ke skala Mel menggunakan filter bank Mel. Filter ini menggunakan frekuensi rendah yang linier dan frekuensi tinggi yang logaritmik, dengan persamaan:

$$mel(f) = 1125 \ln\left(1 + \frac{f_{Hz}}{700}\right) \quad (2)$$

Filter bank menghasilkan energi pada berbagai rentang frekuensi yang relevan dengan pendengaran manusia.

- **Cepstrum**, Nama Cepstrum diturunkan dari kata spectrum yaitu dengan membalik empat kata pertama dari spectrum. Cepstrum adalah transformasi fourier dari logaritma dengan unwarp fase dari transformasi fourier. Cepstrum nyata menggunakan informasi magnitude dari spectrum sedangkan cepstrum kompleks mencakup magnitude dan fase dari spectrum awal. Untuk menentukan sifat-sifat cepstrum kompleks adalah dengan memperhitungkan perbandingan transformasi z yang bentuk umumnya adalah sebagai berikut:

$$X(z) = \frac{Az^r \prod_{k=1}^{M_i} (1 - a_k z^{-1}) \prod_{k=1}^{M_0} (1 - b_k z)}{\prod_{k=1}^{N_i} (1 - c_k z^{-1}) \prod_{k=1}^{N_0} (1 - d_k z)} \quad (3)$$

## 2.2. Multilayer Perceptron

*Multilayer Perceptron* (MLP) adalah jaringan saraf tiruan yang digunakan dalam penelitian ini untuk tugas klasifikasi data. MLP terdiri dari tiga komponen utama: lapisan masukan, beberapa lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Data masukan berupa vektor fitur yang telah diekstraksi menggunakan metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC), kemudian dinormalisasi agar berada dalam rentang tertentu untuk meningkatkan efisiensi pelatihan. Arsitektur jaringan mencakup

jumlah neuron di setiap lapisan tersembunyi, dengan fungsi aktivasi seperti ReLU pada lapisan tersembunyi dan softmax pada lapisan keluaran untuk klasifikasi multi-kelas. Proses pelatihan dilakukan dengan algoritma *backpropagation* untuk meminimalkan fungsi loss, seperti *cross-entropy*, menggunakan optimisasi *Stochastic Gradient Descent* (SGD) atau Adam. Dataset dibagi menjadi tiga bagian: data latih untuk pelatihan model, data validasi untuk tuning parameter, dan data uji untuk mengevaluasi kinerja. Kinerja MLP diukur menggunakan metrik seperti akurasi, precision, recall, F1-score, dan confusion matrix. Implementasi dilakukan menggunakan framework pembelajaran mesin, seperti TensorFlow atau PyTorch, dengan tuning hiperparameter untuk mendapatkan konfigurasi terbaik.

### 2.3. Cross-validation

*Cross-validation* adalah teknik evaluasi model yang digunakan untuk mengukur kinerja algoritma secara lebih akurat dengan meminimalkan risiko overfitting. Dalam penelitian ini, metode k-fold cross-validation diterapkan dengan membagi dataset menjadi k lipatan (fold) yang sama besar. Pada setiap iterasi, satu fold digunakan sebagai data uji, sementara k-1 fold lainnya digunakan sebagai data latih. Proses ini diulang sebanyak k kali sehingga setiap fold menjadi data uji satu kali. Rata-rata dari hasil evaluasi pada semua iterasi dihitung untuk menghasilkan metrik performa akhir, seperti akurasi, precision, recall, dan F1-score. Teknik ini memastikan bahwa model diuji pada seluruh data, memberikan evaluasi yang lebih stabil dan generalisasi yang lebih baik. Dalam penelitian ini, nilai k dipilih berdasarkan ukuran dataset, dengan nilai umum seperti 5 atau 10. Cross-validation diimplementasikan menggunakan framework pembelajaran mesin seperti *scikit-learn*, yang menyediakan fungsi bawaan untuk mengotomatisasi pembagian dataset dan evaluasi model.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *K-Fold validation*, di mana hasil setiap *fold* akan dibentuk tabel *confusion matrix* dan parameter nilai k yaitu K = 10.

**Tabel 1.** Hasil *Confusion Matrix* menggunakan ciri MFCC

Kelas	A	B	C	D	E	F
A	48	0	0	2	0	0
B	0	50	0	0	0	0
C	0	0	45	0	0	5
D	3	0	0	47	0	0
E	0	0	0	1	49	0
F	0	0	6	0	0	44

Sumber data yang digunakan berasal dari data suara kata yang diambil dari 5 orang penutur. Data suara terdiri dari 6 kelas data yakni A=kakak, B=tutup, C=bibit, D=papan, E=duduk, F=gigit. Setiap orang diminta mengucapkan tiap kelas kata sebanyak 10 kali ujaran, sehingga keseluruhan data adalah 5 orang x 10 ujaran x 6 kelas = 300 ujaran. Data suara kata tersebut kemudian disegmentasi dengan panjang 480 ms. Berdasarkan *confusion matrix* pada Tabel 1, terlihat bahwa akurasi yang dicapai dalam mengklasifikasi isyarat suara tutur menggunakan ciri MFCC untuk 300 data adalah  $((48+50+45+47+49+44)/300) \times 100\% = 94,33\%$ . *Confusion matrix* memberikan informasi lebih detail tentang performa model untuk tiap kelas. Kelas A: Sebagian besar terklasifikasi dengan benar, namun terdapat 2 kesalahan klasifikasi ke kelas D. Kelas B: Klasifikasi sempurna tanpa kesalahan (50/50). Kelas C: Beberapa kesalahan terjadi, dengan 5 sampel salah diklasifikasikan sebagai kelas F. Kelas D: Terdapat 3 kesalahan klasifikasi ke kelas A. Kelas E: Hanya 1 sampel salah diklasifikasikan ke kelas D. Kelas F: Ada 6 kesalahan klasifikasi ke kelas C. Kelas C dan F akurasi lebih rendah dibandingkan kelas lainnya karena kata bibit dan gigit memiliki suara dan bentuk isyarat yang agak mirip sehingga menimbulkan ambiguitas pada saat proses klasifikasi. Akan tetapi Penelitian ini mengungkapkan bahwa metode MFCC merupakan teknik yang sangat efektif untuk ekstraksi fitur pada isyarat suara tutur kata yang mengandung konsonan hambat di dalamnya dengan hasil akurasi yang tinggi. MFCC mampu merepresentasikan karakteristik akustik isyarat dengan baik melalui transformasi frekuensi yang menyesuaikan dengan persepsi pendengaran manusia. Proses ekstraksi fitur dalam MFCC mencakup tahapan seperti pre-emphasis, pembagian frame, windowing, transformasi Fourier, dan mel-frequency wrapping, menghasilkan vektor fitur yang ringkas dan informatif. Berdasarkan pengujian, metode MFCC menunjukkan akurasi klasifikasi yang tinggi, mencapai 94,33% untuk klasifikasi 300 data isyarat

suara tutur, terutama pada isyarat dengan tingkat *noise* rendah. Akurasi ini cenderung meningkat dengan panjang data dan ukuran frame sampel yang lebih besar. Keunggulan utama MFCC adalah kemampuannya untuk menangkap detail frekuensi penting dalam isyarat suara, sehingga ideal untuk aplikasi seperti pengenalan suara, analisis emosi, dan verifikasi pembicara. Metode ini berpotensi diterapkan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan suara, asisten virtual, dan analisis emosi berbasis suara. Meskipun demikian, performa sistem dipengaruhi oleh kualitas dataset dan tingkat gangguan akustik. Penelitian ini juga menegaskan bahwa mengombinasikan MFCC dengan teknik klasifikasi yang sesuai, seperti metode berbasis probabilistik, dapat meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.

#### 4. Conclusion

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) adalah teknik yang efektif untuk ekstraksi ciri dalam isyarat suara tutur. Metode MFCC menunjukkan kemampuan yang efektif dalam merepresentasikan karakteristik akustik isyarat suara melalui proses transformasi frekuensi yang sesuai dengan persepsi pendengaran manusia. Proses ekstraksi meliputi tahapan seperti *pre-emphasis*, *frame blocking*, *windowing*, transformasi Fourier, dan *mel-frequency wrapping*, menghasilkan vektor fitur yang kompak dan informatif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode MFCC mampu menghasilkan tingkat akurasi klasifikasi yang tinggi, terutama pada kondisi isyarat dengan *noise* rendah. Klasifikasi 300 data isyarat suara tutur menggunakan metode ekstraksi ciri MFCC mencapai akurasi 94,33%. Pada MFCC, akurasi klasifikasi cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya panjang data dan ukuran frame sampel. Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya untuk menangkap detail frekuensi penting dari isyarat suara, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi seperti pengenalan suara, analisis emosi, dan verifikasi pembicara. Namun, performa sistem dapat dipengaruhi oleh kualitas dataset dan tingkat gangguan akustik. Penelitian ini juga menegaskan bahwa penggunaan MFCC dalam kombinasi dengan teknik klasifikasi yang tepat, seperti metode berbasis probabilistik, dapat meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi penggabungan MFCC dengan fitur tambahan, seperti *delta* dan *delta-delta*, serta penerapan teknik pengurangan *noise* untuk meningkatkan akurasi dalam lingkungan yang lebih kompleks. Disarankan juga untuk menambah jumlah rekaman dan variasi pembicara dalam tahap pelatihan maupun pengujian, agar dapat mengurangi variabilitas pembicara dalam pengenalan, sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dalam penelitian sebelumnya.

#### Referensi

- [1] H. R. Paleva and B. H. Prasetyo, "Penerapan Short Time Fourier Transform pada MFCC untuk Sistem Pengenalan Ucapan Tingkat Stres," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2024.
- [2] G. Ajinurseto, L. O. Bakrim, and N. Islamuddin, "Penerapan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficients pada Sistem Pengenalan Suara Berbasis Desktop," *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, vol. 25, no. 1, pp. 11–20, 2023.
- [3] S. Santoso, R. Hartayu, C. Anam, and Dimas Abdul Aziz, "Simulasi Simulasi Ekstraksi Fitur Suara menggunakan Mel-Frequency Cepstrum Coefficient," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 80–87, 2022.
- [4] I. P. B. C. Buana, I. G. A. Wibawa, A. Muliantara, M. A. Raharja, I. P. G. H. Suputra, and L. G. Astuti, "Deteksi Suara Paru-Paru Menggunakan MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficient) dan M-KNN (Modified K-Nearest Neighbor)," *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, vol. 11, no. 4, p. 845, 2022.
- [5] A. A. Sasilo, R. A. Saputra, and I. P. Ningrum, "Sistem Pengenalan Suara Dengan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficients Dan Gaussian Mixture Model," *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 203–210, 2022.
- [6] P. Tridarma and S. N. Endah, "Pengenalan Ucapan Bahasa Indonesia Menggunakan MFCC dan Recurrent Neural Network," *Jurnal Masyarakat Informatika*, vol. 11, no. 2, pp. 36–44, 2020.
- [7] R. Hidayat and A. Winursito, "Improving accuracy of isolated word recognition system by using syllable number characteristics," *International Journal of Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 411–421, 2020.
- [8] A. Anggoro, S. Herdjunto, and R. Hidayat, "MFCC dan KNN untuk Pengenalan Suara Artikulasi P," *Avitec*, vol. 2, no. 1, pp. 13–19, 2020.
- [9] D. Prabakaran and S. Sriuppili, "Speech processing: MFCC based feature extraction techniques - An investigation," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1717, no. 1, 2021.

- [10] I. S. Permana, Y. Indrawaty, and A. Zulkarnain, "Implementasi Metode Mfcc Dan Dtw Untuk Pengenalan Jenis Suara Pria Dan Wanita," *MIND Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 61–76, 2019.

# Analisis Kerentanan Keamanan Menggunakan OWASP ZAP dan Pengujian Manual pada Tampilan Antarmuka Laman PDDIKTI

Firda Ayu Hassanah<sup>a1</sup>, Eddy Ryansyah<sup>a2</sup>, Fikri Maulana Setiawan<sup>a3</sup>, Ridho Alamsyah<sup>a4</sup>, Agung Susilo Yuda Irawan<sup>a5</sup>

<sup>a</sup>Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jl. HS. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, Indonesia  
<sup>1</sup>2110631170017@student.unsika.ac.id (Corresponding author)  
<sup>2</sup>eddyryansyah1612@gmail.com  
<sup>3</sup>maulamafikri@gmail.com  
<sup>4</sup>ridhoalamsyah3@gmail.com  
<sup>5</sup>agung@unsika.ac.id

## Abstract

Penelitian ini menganalisis kerentanan keamanan pada platform PDDIKTI menggunakan pendekatan kombinasi OWASP ZAP dan pengujian manual dalam kerangka Software Testing Life Cycle (STLC). PDDIKTI yang dikelola oleh Pusdatin Kemristekdikti menyimpan data akademik penting. Metodologi yang diterapkan mencakup enam tahap STLC yaitu analisis kebutuhan, perencanaan sprint, desain pengujian, penyiapan lingkungan, pelaksanaan pengujian, dan penutupan pengujian. Pengujian dilakukan dengan OWASP ZAP untuk mendeteksi kerentanan umum seperti injeksi SQL dan XSS, serta pengujian manual untuk menilai keamanan antarmuka pengguna. Hasil penelitian menunjukkan dari 1.843 skenario pengujian manual terdapat 6 kegagalan pada fitur pengumuman, statistik, dan perbandingan program studi. Sementara itu, pengujian otomatis OWASP ZAP menemukan 5 celah keamanan utama, termasuk konfigurasi CORS yang tidak tepat dan header HTTP yang tidak aman. Hasil ini menunjukkan perlunya perbaikan keamanan guna meningkatkan perlindungan data akademik.

**Keywords:** Kerentanan Keamanan, PDDIKTI, OWASP ZAP, Pengujian Manual, Keamanan Data

## 1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi yang pesat telah meningkatkan ketergantungan pada aplikasi web dalam berbagai sektor termasuk pendidikan tinggi. Namun seiring dengan perkembangan ini, ancaman keamanan siber juga semakin meningkat terutama bagi platform yang mengelola informasi sensitif seperti Pangkalan Data Pendidikan Tinggi (PDDIKTI). PDDIKTI yang dikelola oleh Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) di bawah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbud Ristek) menyimpan data penting tentang mahasiswa, dosen, dan perguruan tinggi di Indonesia. Keamanan sistem ini sangat krusial mengingat meningkatnya jumlah serangan siber terhadap sektor pendidikan. Sebagai contoh dalam beberapa tahun terakhir, terdapat insiden kebocoran data pada institusi akademik yang mengancam privasi serta integritas informasi [1].

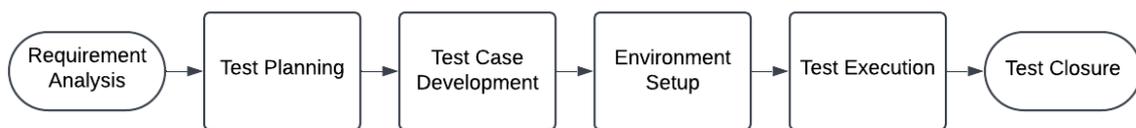
Keamanan perangkat lunak menjadi aspek penting dalam pengelolaan sistem akademik untuk mencegah ancaman seperti injeksi SQL, *cross-site scripting* (XSS), dan konfigurasi keamanan yang tidak memadai [2]. Oleh karena itu, pengendalian kualitas perangkat lunak melalui *Quality Assurance* (QA) menjadi faktor utama dalam menjamin keamanan dan keandalan sistem. QA memungkinkan peningkatan produktivitas, perbaikan proses, serta mitigasi *bug* dan kerentanan dalam perangkat lunak [3]. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerentanan pada laman PDDIKTI dengan menggunakan kombinasi OWASP ZAP dan pengujian manual. OWASP ZAP (*Open Web Application Security Project Zed Attack Proxy*) merupakan salah satu alat pengujian keamanan web yang dapat mendeteksi berbagai kerentanan umum dalam aplikasi berbasis web [4]. Penggunaan OWASP ZAP dikombinasikan dengan pengujian manual yang memungkinkan deteksi kelemahan yang mungkin terlewat oleh alat otomatis, sehingga memberikan hasil yang lebih akurat dan komprehensif.

Pengujian manual membutuhkan keterampilan khusus seperti kesabaran, kreativitas, dan inovasi, serta menjadi metode yang lebih efektif dalam mendeteksi skenario eksploitasi yang kompleks [5].

Dengan pendekatan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam mengenai kondisi keamanan PDDIKTI serta rekomendasi perbaikan bagi pengelola sistem. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi institusi lain dalam meningkatkan keamanan platform akademik terkait, sehingga dapat meminimalisir risiko serangan siber yang dapat mengancam data akademik dan privasi pengguna.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan tahapan-tahapan dalam *Software Testing Life Cycle* (STLC) yaitu proses terstruktur yang digunakan dalam pengujian perangkat lunak. STLC sering dianggap sebagai bagian dari siklus hidup pengembangan perangkat lunak di mana setiap tahap memiliki kriteria dan hasil yang telah ditetapkan guna memastikan pengujian dilakukan secara sistematis dan terstruktur [6]. Berikut adalah tahapan yang diterapkan dalam penelitian ini:



Gambar 1. Alur Penelitian

### 2.1. Requirement Analysis

Tahap ini bertujuan untuk menganalisis persyaratan guna mengidentifikasi elemen-elemen yang dapat diuji dari perspektif pengujian. Pihak yang terlibat dalam proses ini meliputi klien, analis bisnis, pemimpin teknis, dan arsitek sistem. Persyaratan yang dikumpulkan terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu persyaratan fungsional yang mencakup apa saja yang harus dilakukan oleh perangkat lunak dan persyaratan non-fungsional yang berkaitan dengan aspek kinerja, keamanan, dan keandalan sistem [7].

### 2.2. Test Planning

Pada tahap ini, dilakukan perencanaan pengujian secara mendetail berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Penguji mengumpulkan seluruh persyaratan yang diperlukan, melakukan analisis dokumen ringkasan, serta mengidentifikasi kebutuhan sistem dan estimasi biaya jika diperlukan. Hasil dari tahap ini berupa rencana pengujian yang mencakup penyusunan kasus uji serta estimasi waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pengujian [7].

### 2.3. Test Case Development

Setelah perencanaan pengujian selesai, tahap berikutnya adalah pengembangan kasus uji. Dalam tahap ini, dilakukan pembuatan, verifikasi, dan pengorganisasian butir uji serta skrip pengujian. Proses ini dimulai dengan identifikasi data uji yang kemudian ditinjau dan disesuaikan dengan persyaratan yang telah ditetapkan [7].

### 2.4. Environment Setup

Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa lingkungan pengujian, baik perangkat keras maupun perangkat lunak telah dikonfigurasi sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Proses ini dapat dilakukan bersamaan dengan pengembangan kasus uji karena bersifat independen dari tahap lainnya. Jika lingkungan pengujian telah disiapkan oleh tim pengembang, maka penguji hanya bertugas melakukan *smoke test* yaitu pengujian awal yang memastikan perangkat lunak dalam kondisi stabil sebelum melanjutkan ke pengujian lebih mendalam [7].

## 2.5. Test Execution

Tahap terakhir adalah pelaksanaan pengujian berdasarkan rencana dan kasus uji yang telah disusun sebelumnya. Dalam tahap ini, penguji akan menilai setiap kasus uji dengan status lulus jika berjalan sesuai ekspektasi atau gagal jika terjadi ketidaksesuaian. Jika ditemukan *bug*, maka akan dilaporkan kepada tim pengembang untuk diperbaiki. Setelah perbaikan dilakukan, pengujian ulang akan dilaksanakan guna memastikan bahwa *bug* telah diperbaiki dan sistem berjalan dengan baik [7].

## 2.6. Test Closure

Tahap penutupan dari STLC dikenal sebagai siklus pengujian akhir. Pada tahap ini, dilakukan pelaporan mengenai penyelesaian pengujian, pengumpulan matriks hasil pengujian, serta hasil dari tes yang telah dilaksanakan. Para penguji akan melakukan diskusi dalam tim, melakukan evaluasi, dan menganalisis proses pengujian yang telah dilakukan [7].

## 3. Hasil dan Pembahasan

Tahap selanjutnya, peneliti akan melaksanakan pengujian kerentanan pada *website* dengan menggunakan OWASP ZAP dan pengujian manual. Pada tahap ini, peneliti akan melakukan pengujian kerentanan secara menyeluruh pada *website* [<https://pddikti.kemdikbud.go.id/>]. Dalam pengujian manual dan pengujian otomatis terdapat 34 fitur yang diuji, yaitu sebagai berikut:

1. Landing Page
2. Profil Lembaga
3. Standar Pelayanan
4. Kebijakan Privasi
5. Hasil Pencarian Semua
6. Hasil Pencarian Perguruan Tinggi
7. Detail Perguruan Tinggi
8. Hasil Pencarian Program Studi
9. Detail Program Studi
10. Hasil Pencarian Dosen
11. Detail Dosen
12. Hasil Pencarian Mahasiswa
13. Detail Mahasiswa
14. Program Studi
15. Bidang Agama
16. Bidang Ekonomi
17. Bidang Humaniora
18. Bidang Kesehatan
19. Bidang MIPA
20. Bidang Pendidikan
21. Bidang Pertanian
22. Bidang Seni
23. Bidang Sosial
24. Bidang Teknik
25. Penyedia Program Studi
26. Perguruan Tinggi
27. Pengumuman
28. Statistik
29. Kategori Perbandingan
30. Pemilihan Perguruan Tinggi
31. Perbandingan Perguruan Tinggi
32. Pemilihan Program Studi
33. Perbandingan Program Studi
34. Kontributor

### 3.1. Requirement Analysis

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi fitur yang akan diuji serta potensi kerentanan yang dapat ditemukan. Sebanyak 34 fitur utama laman PDDIKTI dipilih untuk diuji dengan mempertimbangkan aspek keamanan, integritas data, dan kemungkinan eksploitasi. Beberapa parameter keamanan yang diuji meliputi:

- a. Validasi input pada formulir *login* dan pencarian data.
- b. Pengelolaan sesi pengguna dan autentikasi.
- c. Konfigurasi keamanan *header* HTTP.
- d. Potensi serangan seperti *SQL Injection* dan *Cross-Site Scripting (XSS)*.

### 3.2. Test Planning

Dalam tahap ini, strategi pengujian disusun termasuk pemilihan alat uji dan teknik yang digunakan. Beberapa alat dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. OWASP ZAP untuk pengujian otomatis dan pendeteksian celah keamanan.
- b. Pengujian manual untuk mengevaluasi keamanan antarmuka pengguna secara langsung.
- c. Penyusunan skenario pengujian berdasarkan standar keamanan *web*.

### 3.3. Test Case Development

Pada tahap ini, 1.843 skenario pengujian disusun berdasarkan fitur yang telah diidentifikasi. Setiap skenario mencakup:

- a. Pengujian fungsional untuk memastikan fitur bekerja sebagaimana mestinya.
- b. Pengujian keamanan untuk mengidentifikasi potensi ancaman dan eksploitasi.
- c. Pengujian regresi untuk memastikan bahwa perubahan tidak menyebabkan kerentanan baru.

### 3.4. Environment Setup

Konfigurasi lingkungan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem siap diuji dalam kondisi yang menyerupai lingkungan produksi. Pengaturan mencakup:

- a. Pembuatan server uji coba dengan salinan laman PDDIKTI.
- b. Instalasi dan konfigurasi OWASP ZAP untuk simulasi serangan.
- c. Persiapan skenario pengujian manual dengan berbagai skenario eksploitasi.

### 3.5. Test Execution

Pada tahap ini, pengujian dilakukan menggunakan metode otomatis dan manual. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian Manual

Pengujian manual dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas dan keamanan laman PDDIKTI dengan menguji 1.843 skenario yang mencakup berbagai fitur utama, seperti pencarian data akademik, pengelolaan informasi perguruan tinggi, dan kategori bidang studi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur berjalan sesuai dengan standar yang diharapkan serta mengidentifikasi potensi celah keamanan yang dapat berdampak pada keandalan sistem.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Manual

No.	Test Case Feature	Total Test Case	Jumlah Passed	Jumlah Failed	Passed (%)	Failed (%)
1	Landing Page	56	56	0	100%	0%
2	Profil Lembaga	2	2	0	100%	0%
3	Standar Pelayanan	5	5	0	100%	0%
4	Kebijakan Privasi	6	6	0	100%	0%
5	Hasil Pencarian Semua	60	60	0	100%	0%
6	Hasil Pencarian Perguruan Tinggi	18	18	0	100%	0%
7	Detail Perguruan Tinggi	37	37	0	100%	0%
8	Hasil Pencarian Program Studi	18	18	0	100%	0%
9	Detail Program Studi	11	11	0	100%	0%
10	Hasil Pencarian Dosen	18	18	0	100%	0%
11	Detail Dosen	38	38	0	100%	0%
12	Hasil Pencarian Mahasiswa	18	18	0	100%	0%
13	Detail Mahasiswa	2	2	0	100%	0%
14	Program Studi	14	14	0	100%	0%
15	Bidang Agama	28	28	0	100%	0%
16	Bidang Ekonomi	28	28	0	100%	0%
17	Bidang Humaniora	28	28	0	100%	0%

No.	Test Case Feature	Total Test Case	Jumlah Passed	Jumlah Failed	Passed (%)	Failed (%)
18	Bidang Kesehatan	46	46	0	100%	0%
19	Bidang MIPA	46	46	0	100%	0%
20	Bidang Pendidikan	46	46	0	100%	0%
21	Bidang Pertanian	46	46	0	100%	0%
22	Bidang Seni	46	46	0	100%	0%
23	Bidang Sosial	46	46	0	100%	0%
24	Bidang Teknik	46	46	0	100%	0%
25	Penyedia Program Studi	174	174	0	100%	0%
26	Perguruan Tinggi	179	179	0	100%	0%
27	Pengumuman	24	22	2	91,67%	8,33%
28	Statistik	266	265	1	99,62%	0,38%
29	Kategori Perbandingan	3	3	0	100%	0%
30	Pemilihan Perguruan Tinggi	179	179	0	100%	0%
31	Perbandingan Perguruan Tinggi	15	15	0	100%	0%
32	Pemilihan Program Studi	173	173	0	100%	0%
33	Perbandingan Program Studi	18	15	3	83,33%	16,67%
34	Kontributor	103	103	0	100%	0%
	Total	1843	1837	6	99,25%	0,75%

Berdasarkan hasil pengujian manual, laman PDDIKTI menunjukkan tingkat keberhasilan 99,25%, dengan 0,75% skenario mengalami kegagalan. Mayoritas fitur utama berfungsi dengan baik, namun beberapa fitur seperti perbandingan program studi dan kontributor mengalami kendala dengan tingkat kegagalan mencapai 33,33%. Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun sistem telah cukup stabil, masih diperlukan optimalisasi pada fitur tertentu untuk meningkatkan keandalan dan keamanan laman PDDIKTI secara menyeluruh.

#### b. Pengujian Otomatis

Selanjutnya, dalam pengujian otomatis menggunakan OWASP ZAP, pada pengujian keamanan sistem terdapat 5 *alert* atau peringatan di antaranya:

1. *Cross-Domain Misconfiguration*, dengan tingkat risiko sedang yang memiliki jumlah peringatan 3x (60%).
2. *Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field*, dengan tingkat risiko rendah yang memiliki jumlah peringatan 8x (160%).
3. *Strict-Transport-Security Header Not Set*, dengan tingkat risiko rendah yang memiliki jumlah peringatan 5x (100%).
4. *X-Content-Type-Options Header Missing*, dengan tingkat risiko rendah yang memiliki jumlah peringatan 5x (100%).
5. *Re-examine Cache-control Directives*, dengan tingkat risiko hanya sebagai informatif atau dengan kata lain tidak terlalu rentan yang memiliki jumlah peringatan 5x (100%).

Berikut adalah hasil dari laporan pengecekan keamanan sistem yang telah dilakukan:

Alert type	Risk	Count
<a href="#">Cross-Domain Misconfiguration</a>	Medium	3 (60.0%)
<a href="#">Server Leaks Version Information via "Server" HTTP Response Header Field</a>	Low	8 (160.0%)
<a href="#">Strict-Transport-Security Header Not Set</a>	Low	5 (100.0%)
<a href="#">X-Content-Type-Options Header Missing</a>	Low	5 (100.0%)
<a href="#">Re-examine Cache-control Directives</a>	Informational	5 (100.0%)
Total		5

**Gambar 2.** Hasil Uji Pengujian Otomatis

Kesimpulannya, masih terdapat celah pada sistem dengan total *alerts* sebanyak 5 dengan tingkat risiko rentan berada di level Sedang, Rendah dan Informatif. Berdasarkan hasil tersebut, pada laman web PDDIKTI masih terdapat celah bagi oknum-oknum tidak bertanggung jawab untuk mengambil data-data pada server.

### 3.6. Test Cycle Closure

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa meskipun laman PDDIKTI memiliki tingkat keamanan yang cukup baik, masih terdapat beberapa celah keamanan yang perlu diperbaiki. Langkah-langkah yang disarankan untuk perbaikan adalah:

- a. Meningkatkan validasi input untuk mencegah *SQL Injection* dan XSS.
- b. Mengaktifkan *header* keamanan seperti *Strict-Transport-Security* dan *X-Content-Type-Options*.
- c. Meninjau kembali konfigurasi *cache* untuk menghindari kebocoran data sensitif.
- d. Memperbaiki pengelolaan sesi untuk menghindari serangan *session hijacking*.

Dengan menerapkan rekomendasi ini, diharapkan sistem dapat memiliki keamanan yang lebih baik dan lebih tahan terhadap serangan siber.

## 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun laman PDDIKTI memiliki tingkat keamanan yang cukup baik, masih terdapat beberapa celah yang perlu diperbaiki. Pengujian manual menemukan 6 kegagalan pada fitur pengumuman, statistik, dan perbandingan program studi, sementara pengujian otomatis dengan OWASP ZAP mendeteksi 5 celah keamanan, termasuk konfigurasi CORS yang tidak tepat dan *header* HTTP yang tidak aman. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penerapan STLC dalam pengujian keamanan sistem akademik yang menyediakan pendekatan sistematis dalam mengidentifikasi dan mengurangi celah keamanan. Selain itu, penelitian ini memberikan rekomendasi strategis bagi pengelola sistem akademik untuk meningkatkan perlindungan data digital. Implementasi metode STLC dalam pengujian keamanan telah terbukti memberikan hasil yang lebih sistematis dan efektif, sehingga dapat menjadi referensi bagi pengelola sistem akademik lainnya dalam menjaga keandalan data digital.

## Referensi

- [1] G. Sfaat and V. U. Tjhin, "Analysis of Quality Assurance Performance in the Application of Manual Testing and Automation Testing for Software Product Testing", *ijjse*, vol. 7, no. 2, pp. 1987-1996, Mar. 2024.

- [2] A. Muni, B. Rianto, and M. Jalil, "Analisis Kerentanan Keamanan Sistem Informasi Akademik Menggunakan OWASP-ZAP di Universitas Islam Indragiri", *TEKNOFILE: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 2, no. 6, pp. 409–420, 2024.
- [3] B. Respiar, A. Fernanda, T. Taryadi, F. Maulana, and A. H. Anshor, "Peran Penting Software Quality Assurance Dalam Pengembangan Aplikasi", *Journal Scientific of Mandalika (JSM)*, vol. 5, no. 12, pp. 535-540, Dec. 2024.
- [4] M. G. A. Daniaaldo, F. A. Bakhtiar, and M. Data, "Pengujian Efektivitas OWASP ZAP dalam Menemukan Kerentanan dari Metasploitable", *J-PTIIK*, vol. 7, no. 7, pp. 3431–3433, Oct 2023.
- [5] F. J. Hulu and R. P. Kristianto, "Pengujian Manual dan Otomatisasi dengan Selenium pada Website SoundCloud", Jul. 2024.
- [6] D. F. N. Utami and R. H. Setyodewi, "Documentation Of Software Testing For Dafbin Application With IEEE 829-2008 Standar", *Restikom*, vol. 5, no. 2, pp. 107-117, Aug. 2023.
- [7] A. Arfan and H. Hendrik, "Penerapan STLC dalam Pengujian Black Box dengan Automation Testing Tool (Studi kasus: PT.GIT Solution)", *AUTOMATA*, vol. 3, no. 2, Aug. 2022.

*This page is intentionally left blank.*

# Perbandingan Algoritma Blowfish dan Gost Berbasis CriptoForge untuk Enkripsi Deskripsi File Teks

Ilham Bisma Akbar Maolana<sup>1</sup>, Alam Rahmatulloh<sup>2</sup>

Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi  
Jalan Siliwangi No.24, Tasikmalaya, Jawa Barat, Indonesia 46115

<sup>1</sup>ilhambisma09@gmail.com

<sup>2</sup>alam@unsil.ac.id

## Abstrak

*Kemajuan teknologi mengakibatkan meningkatnya jumlah data yang perlu diolah dan disimpan. Namun, tidak semua data dapat diakses secara publik karena adanya informasi sensitif yang harus dirahasiakan. Kriptografi hadir sebagai solusi untuk mengamankan informasi, sehingga pemilihan algoritma yang efisien menjadi hal yang krusial. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membandingkan efisiensi algoritma Blowfish dan GOST dalam proses enkripsi dan dekripsi data teks (\*.txt). Blowfish menggunakan panjang kunci 448 bit, sedangkan GOST menggunakan panjang kunci 256 bit, dengan keduanya diimplementasikan menggunakan perangkat lunak CriptoForge. Hasil simulasi menunjukkan bahwa meskipun panjang kunci berbeda, ciphertext yang dihasilkan memiliki ukuran yang sama karena kedua algoritma mengenkripsi data dengan membaginya menjadi blok berukuran tetap, yaitu 64 bit. Dalam hal kecepatan enkripsi, Blowfish lebih unggul dengan kecepatan sekitar 124–125 MB/detik dibandingkan dengan GOST yang hanya mencapai 59–63 MB/detik. Perbedaan ini disebabkan oleh desain Blowfish yang lebih efisien, sementara GOST memiliki proses enkripsi yang lebih kompleks sehingga mempengaruhi kecepatan pemrosesan. Dengan demikian, Blowfish lebih direkomendasikan untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi, sedangkan GOST dapat digunakan untuk kebutuhan yang mengutamakan aspek keamanan lebih lanjut.*

**Kata kunci:** Informasi, Blowfish, Gost, Enkripsi, Deskripsi

## 1. Pendahuluan

Keamanan data teks merupakan aspek krusial dalam teknologi informasi modern, terutama dalam menjaga integritas dan keaslian data dari akses yang tidak sah [1]. Seiring dengan meningkatnya jumlah data yang dikirim dan disimpan secara digital, risiko kebocoran dan penyalahgunaan data juga semakin tinggi [2]. Kebocoran data dapat menyebabkan kerugian finansial yang signifikan bagi perusahaan serta merusak reputasi dan kepercayaan pelanggan [3]. Oleh karena itu, diperlukan metode keamanan yang efektif untuk melindungi data dari ancaman tersebut.

Kriptografi merupakan salah satu solusi utama dalam menjaga kerahasiaan dan integritas data [4]. Teknik ini memastikan bahwa data yang dikirimkan diamankan agar hanya dapat diakses oleh penerima yang berwenang [5]. Berbagai algoritma kriptografi telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan keamanan informasi, termasuk kriptografi simetris dan asimetris.

Kriptografi simetris, seperti algoritma Blowfish dan GOST, menggunakan satu kunci yang sama untuk proses enkripsi dan dekripsi. Keunggulan utama dari algoritma ini adalah kecepatan dan efisiensinya dalam pengolahan data. Namun, kelemahan utama kriptografi simetris terletak pada risiko keamanan jika kunci enkripsi terekspos [6]. Sebaliknya, kriptografi asimetris, seperti algoritma RSA dan ECC, menggunakan pasangan kunci publik dan privat untuk meningkatkan keamanan. Kunci privat tidak perlu dibagikan, sehingga lebih sulit untuk diretas. Namun, kriptografi asimetris memiliki kecepatan pemrosesan yang lebih rendah dibandingkan dengan kriptografi simetris karena melibatkan perhitungan matematis yang kompleks [7].

Beberapa penelitian telah membandingkan berbagai algoritma kriptografi berdasarkan efisiensi dan tingkat keamanannya. Misalnya, kombinasi algoritma simetris Blowfish dengan algoritma asimetris RSA dapat memberikan keamanan lebih tinggi dengan tetap mempertahankan efisiensi proses enkripsi dan dekripsi. Perbandingan antara algoritma AES dan RC4 menunjukkan bahwa meskipun RC4 memiliki kecepatan enkripsi yang lebih baik, AES menghasilkan ciphertext dengan ukuran yang berbeda dari ukuran data asli, sedangkan ciphertext RC4 tetap sama. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan algoritma harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi dan keamanan [8].

Selain itu, beberapa algoritma klasik seperti One-Time Pad, Vigenère Cipher, dan Hill Cipher memiliki karakteristik unik dalam keamanan dan efisiensi. One-Time Pad memiliki tingkat keamanan yang tinggi karena menggunakan kunci unik yang tidak dapat dipecahkan jika tetap dirahasiakan. Namun, tantangan utama algoritma ini adalah kebutuhan akan kunci yang sama panjang dengan data serta pengelolaan distribusi kunci yang aman [9]. Algoritma Vigenère Cipher menawarkan fleksibilitas penggunaan kunci, tetapi rentan terhadap analisis frekuensi jika kunci terlalu pendek atau berulang [10]. Hill Cipher, yang berbasis operasi matriks, memiliki ketergantungan pada matriks kunci dengan determinan tidak nol, sehingga kurang efisien untuk pesan pendek [11].

Algoritma vernam menggunakan operasi XOR antara teks asli (plaintext) dan kunci, menghasilkan teks terenkripsi (ciphertext) yang hanya dapat didekripsi dengan kunci yang sama, ketergantungan pada kunci yang harus acak dan digunakan sekali (one-time pad). Jika kunci tidak acak atau digunakan berulang, enkripsi bisa ditembus [12]. Algoritma Hill Cipher metode kriptografi simetris yang mengandalkan operasi matriks dan modulo untuk mengenkripsi dan mendekripsi pesan ketergantungan pada matriks kunci dengan determinan tidak nol, kurang efisien untuk pesan pendek [13]. Algoritma aesar Cipher dengan integrasi karakter kontrol ASCII non-printable, yang meningkatkan keamanan data secara signifikan, ketergantungan pada karakter kontrol ASCII non-printable yang kurang umum dan tidak selalu kompatibel dengan berbagai sistem atau aplikasi [14].

Algoritma modern seperti RC5 dan Caesar Cipher juga banyak digunakan untuk mengamankan data. RC5 merupakan algoritma simetris berbasis blok yang cepat dan ringan, serta memiliki tingkat keamanan yang baik [15]. Sementara itu, Caesar Cipher dan metode transposisi sering digunakan dalam sistem sederhana untuk mengamankan data dari pencurian atau penyalahgunaan oleh pihak yang tidak berwenang [16]. Algoritma Base64 juga digunakan untuk pengamanan pesan teks pada perangkat seluler dengan metode encoding yang mengubah teks menjadi ciphertext berbasis ASCII [17].

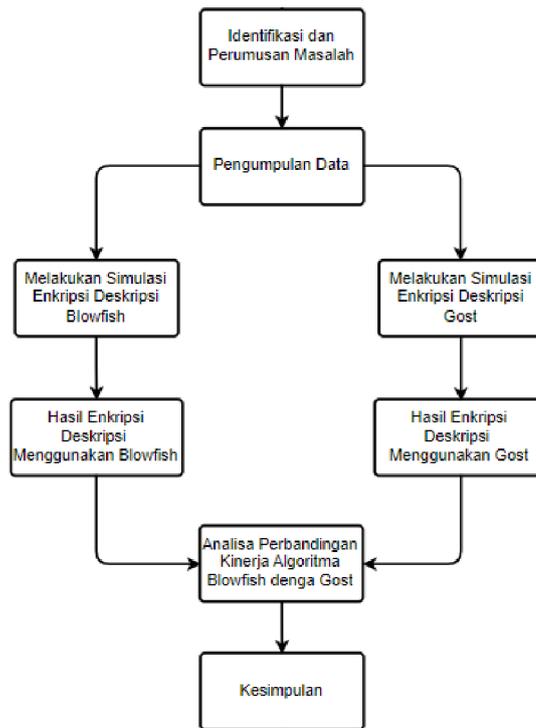
CriptoForge merupakan perangkat lunak enkripsi yang digunakan untuk melindungi data sensitif melalui proses enkripsi. Perangkat lunak ini dirancang untuk memberikan perlindungan data yang mudah digunakan, baik untuk individu maupun organisasi [18].

Dalam penelitian ini, algoritma Blowfish dan GOST dipilih untuk dibandingkan karena keduanya merupakan algoritma simetris yang dikenal cepat dan kuat. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui algoritma mana yang lebih efisien dalam mengamankan data teks. Proses enkripsi dan dekripsi akan dilakukan menggunakan perangkat lunak CriptoForge untuk mengukur kecepatan dan efisiensi masing-masing algoritma. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang pemilihan algoritma kriptografi yang optimal dalam menjaga keamanan data teks.

## **2. Metode**

### **2.1. Tahapan Penelitian**

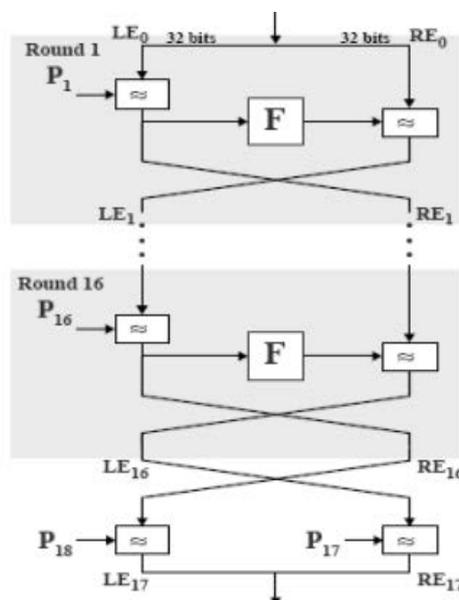
Penelitian ini mengikuti langkah-langkah yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Langkah pertama adalah mengidentifikasi dan merumuskan masalah untuk menentukan solusi yang tepat. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data yang diperlukan sebagai dasar analisis. Setelah data terkumpul, proses simulasi enkripsi dan dekripsi dilakukan menggunakan algoritma Blowfish dan GOST. Hasil simulasi kemudian dianalisis untuk membandingkan efisiensi kedua algoritma berdasarkan kecepatan dan ukuran ciphertext yang dihasilkan. Penelitian ini diakhiri dengan penyusunan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

## 2.2. Skema Enkripsi Deskripsi Blowfish

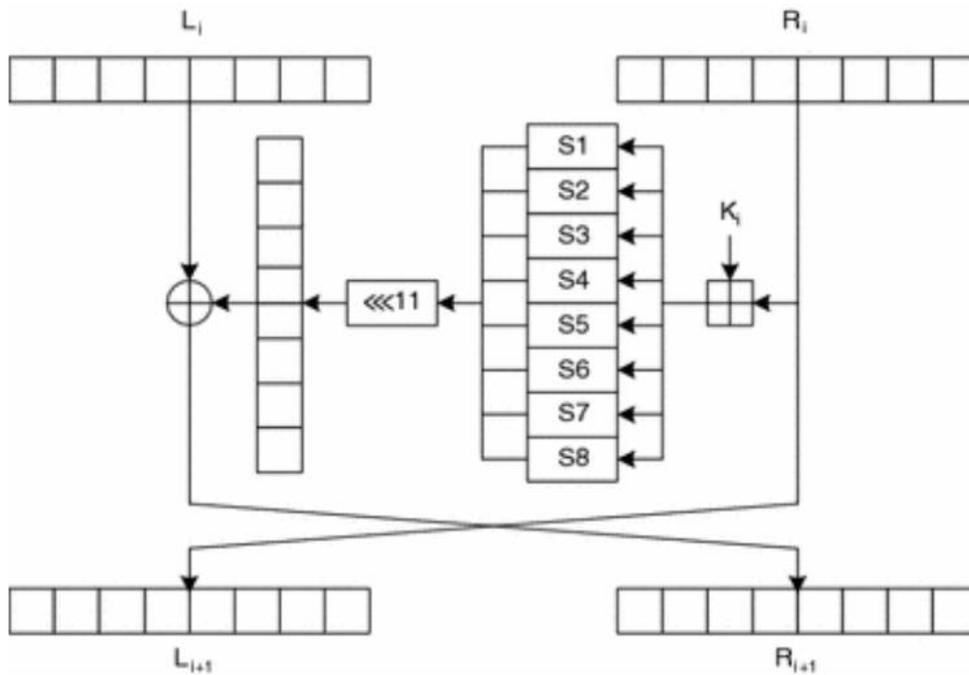
Algoritma Blowfish berbasis jaringan Feistel yang memproses data dalam blok 64-bit dengan panjang kunci variabel hingga 448 bit. Proses enkripsi melibatkan 16 putaran, di mana setiap putaran terdiri dari operasi XOR, substitusi non-linear menggunakan fungsi F berbasis S-box, dan pertukaran posisi antara dua bagian data, xL dan xR. Kunci yang digunakan diperluas melalui P-array untuk setiap putaran. Setelah putaran selesai, hasil akhirnya digabungkan kembali untuk menghasilkan ciphertext, dengan desain yang memastikan efek avalanche untuk keamanan tinggi terhadap serangan kriptografi. Gambar 2. menggambarkan enkripsi dan dekripsi Blowfish dengan 16 putaran jaringan Feistel menggunakan operasi XOR dan S-box untuk mengubah dan mengembalikan data 64-bit [19].



Gambar 2. Proses Enkripsi Deskripsi Blowfish

### 2.3. Skema Enkripsi Deskripsi Gost

Algoritma GOST mengenkripsi data 64-bit dengan membaginya menjadi dua bagian: blok kiri (L) dan blok kanan (R), masing-masing 32-bit. Prosesnya terdiri dari 32 putaran, di mana blok kanan diolah menggunakan fungsi mangler yang mencakup operasi XOR dengan kunci 32-bit, penambahan modular, substitusi melalui S-Box, dan rotasi kiri siklik. Hasilnya di-XOR dengan blok kiri untuk menghasilkan blok kanan baru, sementara blok kanan awal menjadi blok kiri baru. Dekripsi dilakukan dengan urutan kunci yang dibalik, menggunakan langkah yang sama. GOST menggunakan kunci 256-bit dan menyembunyikan nilai S-Box untuk keamanan maksimal. Gambar 3. Menunjukkan satu putaran algoritma GOST dalam proses enkripsi [20].



**Gambar 3.** Proses Enkripsi Dekripsi Gost

### 3. Hasil dan Pembahasan

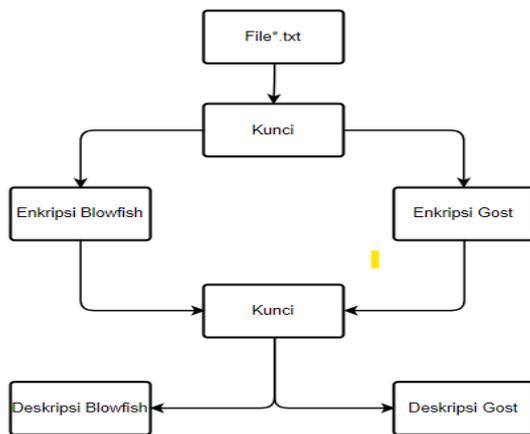
Penelitian ini mengandalkan sejumlah berkas yang mengandung teks biasa (dalam format \*.txt) untuk melakukan pengujian terhadap proses enkripsi dan deskripsi menggunakan algoritma Blowfish dan Gost. Berikut adalah beberapa data teks (dalam format \*.txt) yang akan diterapkan terlampir pada Tabel 1.

**Tabel 1.** file yang akan diujikan

No	File [*.txt]	Ukuran Asli
1.	Sample 1	481 bytes
2.	Sample 2	289 bytes
3.	Sample 3	309 bytes
4.	Sample 4	254 bytes
5.	Sample 5	230 bytes

#### 3.1. Simulasi Enkripsi dan Deskripsi

Simulasi enkripsi dan deskripsi yang untuk mengamankan data teks dalam penelitian ini memanfaatkan CryptoForge, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Menunjukkan alur proses pengujian dari simulasi enkripsi dan deskripsi pada data teks (dalam format \*.txt) dengan menggunakan Algoritma Blowfish dan Gost melalui CryptoForge.



**Gambar 4.** Alur Enkripsi Deskripsi

### 3.2. Perbandingan Ukuran Enkripsi Blowfish dan Gost

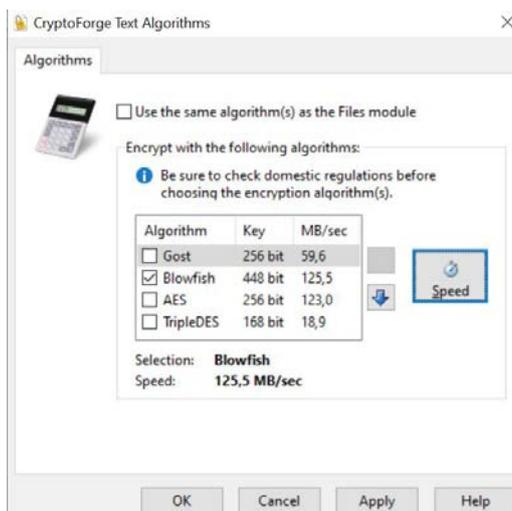
Hasil simulasi algoritma Blowfish dan GOST ditampilkan secara lengkap dalam Tabel 3. Proses enkripsi dan dekripsi dengan kunci 448 untuk algoritma Blowfish dan 256 bit untuk algoritma Gost menunjukkan bahwa ukuran file setelah proses tersebut berbeda dari ukuran aslinya. Terlihat juga ukuran file hasil enkripsi dan dekripsi menggunakan algoritma GOST dengan Blowfish menghasilkan ukuran ciphertext yang sama. Ini dikarenakan kenyataan bahwa baik Blowfish maupun GOST menggunakan pendekatan pemrosesan data dalam blok berukuran tetap, yaitu 64 bit. Karena keduanya membagi data menjadi blok-blok berukuran serupa sebelum proses enkripsi, hasil akhirnya adalah ciphertext dengan ukuran yang sama, meskipun panjang kunci berbeda

**Tabel 2.** Perbandingan Kinerja Ukuran Blowfish dengan Gost

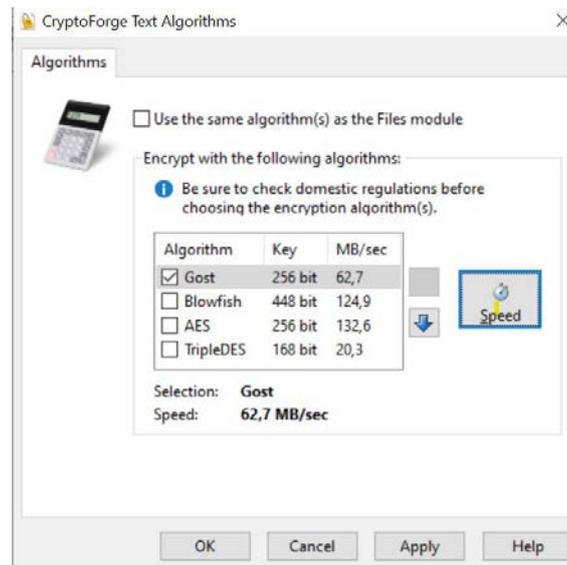
No	File (*.txt)	Ukuran Asli	Blowfish 448 bit		Gost 256 bit	
			Enkripsi	Deskripsi	Enkripsi	Deskripsi
1	Sample 1	481 bytes	782 bytes	481 bytes	782 bytes	481 bytes
2	Sample 2	289 bytes	380 bytes	289 bytes	380 bytes	289 bytes
3	Sample 3	309 bytes	424 bytes	309 bytes	424 bytes	309 bytes
4	Sample 4	254 bytes	412 bytes	254 bytes	412 bytes	254 bytes
5	Sample 5	230 bytes	400 bytes	230 bytes	400 bytes	230 bytes

### 3.3. Perbandingan Kecepatan Enkripsi Blowfish dan Gost

Gambar 9. dan 10. menunjukkan bahwa algoritma Blowfish dengan kunci 448-bit memiliki kecepatan enkripsi lebih tinggi (sekitar 124–125 MB/sec) dibandingkan dengan Gost berukuran kunci 256 bit (sekitar 59–63 MB/sec). Blowfish lebih cepat karena desainnya yang efisien dengan struktur Feistel, menggunakan operasi sederhana seperti XOR yang mempercepat pemrosesan data. Sementara itu, Gost memiliki proses enkripsi yang lebih kompleks, sehingga membutuhkan waktu komputasi lebih lama.



**Gambar 9.** Kecepatan Enkripsi Blowfish



**Gambar 10.** Kecepatan Enkripsi Gost

#### 4. Kesimpulan

Mengacu pada hasil simulasi data teks berformat \*.txt digunakan algoritma Blowfish dengan panjang kunci 448-bit dan algoritma Gost dengan kunci 256 bit, keduanya mampu menjalankan enkripsi dan dekripsi data teks. Dalam simulasi menggunakan Blowfish, ukuran byte hasil enkripsi tidak sama dengan ukuran data teks aslinya. Hal serupa terjadi pada algoritma Gost, di mana ukuran hasil enkripsinya juga berbeda dari ukuran teks aslinya. Akan tetapi ukuran yang dihasilkan algoritma Blowfish maupun Gost menghasilkan ukuran yang sama meskipun menggunakan panjang kunci yang tidak setara dikarenakan kedua algoritma tersebut sama-sama memproses data dalam blok yang sama 64 bits. Kecepatan enkripsi algoritma Blowfish lebih tinggi daripada algoritma Gost, untuk blowfish memiliki kecepatan (sekitar 124–125 MB/sec) sedangkan Gost (sekitar 59–63 MB/sec). Meskipun ukuran kunci Blowfish lebih besar, algoritma ini lebih efisien untuk enkripsi cepat, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi, sementara Gost dapat digunakan sebagai alternatif dengan kunci yang lebih kecil.

Penelitian selanjutnya dapat melakukan perbandingan dengan algoritma kriptografi lainnya untuk dapat hasil yang lebih baik dan juga mempertimbangkan pengujian dengan berbagai jenis file lain, seperti docx, pdf, atau jpeg, untuk mengevaluasi bagaimana kedua algoritma tersebut menangani berbagai format data.

#### Daftar Pustaka

- [1] M. F. Mushtaq, S. Jamel, A. H. Disina, Z. A. Pindar, and N. S. Ahmad, "Survei tentang Enkripsi Kriptografi Algoritma," pp. 333–344, 2017.
- [2] A. C. Kusuma and A. D. Rahmani, "Analisis Yuridis Kebocoran Data Pada Sistem Perbankan Di Indonesia (Studi Kasus Kebocoran Data Pada Bank Indonesia)," *SUPREMASI: Jurnal Hukum*, vol. 5, no. 1, pp. 46–63, 2022. DOI: 10.36441/supremasi.v5i1.721
- [3] Putra Rahmadi and Hilda Dwi Yunita, "Implementasi Pengamanan Basis Data Dengan Teknik Enkripsi," *Jurnal Cendikia*, vol. 19, no. 1, pp. 413–418, 2020.
- [4] A. Hamzah and B. Kumar, "Standar Enkripsi RSA," 2021.
- [5] D. Kumar Sharma, N. Chidananda Singh, D. A. Noola, A. Nirmal Doss, and J. Sivakumar, "A review on various cryptographic techniques & algorithms," *Materials Today: Proceedings*, vol. 51, no. xxxx, pp. 104–109, 2021. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.04.583
- [6] M. A. Al-Shabi, "A Survey on Symmetric and Asymmetric Cryptography Algorithms in information Security," *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, vol. 9, no. 3, p. p8779, 2019. DOI: 10.29322/ijsrp.9.03.2019.p8779
- [7] B. Dan and A. Rsa, "ANALISIS PERFORMA KRIPTOGRAFI HYBRID ALGORITMA PENDAHULUAN Keamanan informasi merupakan salah satu masalah penting, seiring

- dengan perkembangan software dan pengguna internet . Keamanan komputer berhubungan dengan pencegahan dari pencurian data atau inf,” vol. VI, no. 1, 2019.
- [8] R. N. Fitriana and D. Djuniadi, “Analisis Perbandingan Algoritma AES Dan RC4 Pada Enkripsi dan Dekripsi Data Teks Berbasis CrypTool 2,” *Systemic: Information System and Informatics Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 1–7, 2022. DOI: 10.29080/systemic.v7i2.1263
- [9] F. Fitriyadi and A. Ahwan, “Implementasi Algoritma One Time Pad Untuk Enkripsi dan Dekripsi pada Peresepan Data Obat di Puskesmas Purwodiningratan Surakarta,” *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 12, no. 4, 2023. DOI: 10.30591/smartcomp.v12i4.3958
- [10] D. Astuti and C. Sundari, “Implementasi Algoritma Vigenere Cipher Untuk Enkripsi Dan Dekripsi Pada Peresepan Data Obat Di Puskesmas Mertoyudan 1 Kabupaten Magelang,” *Jurnal Teknik Informasi dan Komputer (Tekinkom)*, vol. 5, no. 2, p. 341, 2022. DOI: 10.37600/tekinkom.v5i2.534
- [11] M. A. Wijaya, W. Kurniawan, and A. Kusyanti, “Perancangan dan Implementasi Algoritma Enkripsi Idea pada Perangkat Kriptografi Berbasis FPGA,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, vol. 2, no. 12, pp. 6973–6981, 2018.
- [12] Yusuf Ramadhan Nasution, Heri Santoso, and S. W. Amalia, “Penerapan Algoritma Vernam Dalam Mengamankan Dokumen Pdf,” *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 6, no. 1, pp. 37–46, 2023. DOI: 10.36595/jire.v6i1.804
- [13] R. Wardhani, S. R. Nurshiami, and N. Larasati, “Komputasi Enkripsi Dan Dekripsi Menggunakan Algoritma Hill Cipher,” *Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 14, no. 1, p. 45, 2022. DOI: 10.20884/1.jmp.2022.14.1.5727
- [14] N. P. S. Winarno and T. A. Cahyanto, “Penggunaan Karakter Kontrol ASCII Untuk Integrasi Data Pada Hasil Enkripsi Algoritma Caesar Cipher,” *INFORMAL: Informatics Journal*, vol. 6, no. 3, p. 197, 2021. DOI: 10.19184/isj.v6i3.21091
- [15] I. N. Purnama, “Implementasi Algoritma Enkripsi Rc5 Untuk Mengamankan Gambar Pada Perangkat Android,” *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 2, no. 2, p. 1, 2019. DOI: 10.36595/jire.v2i2.108
- [16] A. B. Nasution, “Implementasi Pengamanan Data Dengan Menggunakan Algoritma Caesar Cipher Dan Transposisi Cipher,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2019. DOI: 10.36294/jurti.v3i1.680
- [17] R. Minarni, “Implementasi Algoritma Base64 Untuk Mengamankan Sms Pada Smartphone,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 1, no. 1, pp. 28–33, 2019. DOI: 10.47065/bits.v1i1.3
- [18] Cryptoforge.com, “cryptoforge.com.” [Online]. Available: <https://www.cryptoforge.com/>
- [19] S. Manku and K. Vasanth, “Blowfish encryption algorithm for information security,” *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 10, no. 10, pp. 4717–4719, 2015.
- [20] A. Claude, B. Linwa, and G. Bassam, “Survey of Cryptography Algorithms for Sub- Saharan Countries,” *African Journals Online*, vol. 17, no. January, p. 2, 2021.

*This page is intentionally left blank.*

# Rule-Based Algorithm pada Simulasi Smart Farming Berbasis Wokwi dan Firebase

I Gede Surya Rahayuda<sup>a1</sup>, Ni Putu Linda Santiari<sup>a2</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Informatika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana  
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia  
<sup>1</sup>igedesuryarahayuda@unud.ac.id (Corresponding author)

<sup>b</sup>Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Informatika dan Komputer, ITB STIKOM Bali  
Jalan Raya Puputan No. 86 Renon, Denpasar, Bali, Indonesia  
<sup>2</sup>linda\_santiari@stikom-bali.ac.id

## Abstract

*Agricultural efficiency is a key factor in optimizing sustainable farming, especially in small-scale and urban agriculture. Conventional farming methods often suffer from inefficiencies due to manual monitoring and control, leading to suboptimal growth conditions and resource wastage. To address this issue, this study develops a smart farming system that integrates Wokwi, Firebase, and JavaScript with a Rule-Based algorithm to automate irrigation, heating, and alarm functions based on real-time sensor data. The system aims to provide an efficient, low-cost, and scalable solution for smart agriculture. The methodology involves simulating various environmental conditions using Wokwi for hardware emulation and Firebase for real-time data storage and processing. The Rule-Based algorithm processes sensor inputs such as temperature, humidity, light intensity, and distance to determine optimal plant care actions. The system was evaluated using a confusion matrix, yielding perfect accuracy, meaning that all algorithmic decisions matched the expected outcomes. This indicates the system's effectiveness in automating smart farming processes. However, the controlled nature of the simulation environment may not fully reflect real-world variability. Factors such as sensor noise, unpredictable weather, and plant-specific responses could impact system performance. Future research could focus on real-world testing, particularly on small plants or terrariums, leveraging the compact size and low power consumption of IoT devices. Experimental validation on cacti, succulents, or Nepenthes could offer deeper insights into its practical effectiveness in varying conditions.*

**Keywords:** Wokwi, Firebase, JavaScript, Rule-Based Algorithm, Smart Farming

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia pertanian modern, pemantauan parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban sangat penting untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kondisi pertumbuhan tanaman adalah perbedaan suhu dan kelembaban antara siang dan malam. Misalnya, penelitian pada tanaman anggrek menunjukkan bahwa suhu pada siang hari cenderung lebih tinggi, sementara pada malam hari suhu yang lebih rendah lebih disarankan untuk mendukung pertumbuhan yang optimal. Demikian pula, kelembaban udara di sekitar tanaman perlu dijaga dalam kisaran yang sesuai, dengan tingkat yang lebih rendah di siang hari dan lebih tinggi di malam hari untuk mencegah penyakit akibat kelembaban berlebih.

Untuk meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan, simulasi berbasis perangkat lunak dan IoT telah banyak digunakan dalam penelitian pertanian [1]. Salah satu alat simulasi yang digunakan adalah Wokwi, yang memungkinkan pengujian sistem tanpa perlu perangkat keras fisik [2], [3]. Wokwi memberikan fleksibilitas dalam merancang dan menguji rangkaian mikrokontroler seperti ESP32, yang umum digunakan dalam sistem pemantauan pertanian [3], [4]. Dengan menggunakan Wokwi, peneliti dapat mensimulasikan pengoperasian sensor suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya sebelum mengimplementasikannya di lapangan.

Selain Wokwi, sistem berbasis cloud seperti Firebase juga memainkan peran penting dalam pengolahan dan penyimpanan data sensor secara real-time [2]. Firebase memungkinkan integrasi data

dari berbagai sensor yang digunakan dalam sistem pertanian pintar [5]. Dengan memanfaatkan teknologi IoT dan cloud computing, petani dapat memantau kondisi lingkungan secara jarak jauh serta menerima notifikasi atau peringatan dini terkait perubahan kondisi yang dapat memengaruhi tanaman [4], [5].

Dalam mengelola data sensor yang dikumpulkan, algoritma berbasis aturan (Rule-Based Algorithm) sering digunakan untuk mengotomatisasi pengambilan keputusan dalam sistem pertanian cerdas [6], [7]. Algoritma ini bekerja dengan mendefinisikan seperangkat aturan yang ditentukan berdasarkan kondisi tertentu. Misalnya, jika suhu melebihi ambang batas tertentu, sistem dapat secara otomatis mengaktifkan penyemprot air untuk mendinginkan lingkungan [6]. Implementasi Rule-Based Algorithm dalam sistem berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi energi dan sumber daya dengan memastikan bahwa tindakan hanya diambil ketika kondisi lingkungan memenuhi kriteria tertentu [5], [8].

Pendekatan penelitian berbasis simulasi (Simulation-Based Research) juga telah banyak diterapkan dalam studi pertanian modern [9], [10]. Metode ini memungkinkan peneliti untuk menguji dan mengevaluasi kinerja sistem sebelum diterapkan secara nyata. Dengan menggunakan simulasi, pengembang dapat mengidentifikasi potensi kesalahan dan meningkatkan akurasi prediksi sebelum sistem diterapkan dalam skala besar [9]. Hal ini sangat bermanfaat dalam mengembangkan sistem peringatan dini dan otomatisasi proses pertanian, seperti yang diterapkan dalam berbagai sistem pemantauan air dan irigasi berbasis IoT [5].

Secara keseluruhan, integrasi Wokwi, Firebase, Rule-Based Algorithm, dan metode penelitian berbasis simulasi dalam sistem smart farming telah membuka peluang baru dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan lingkungan pertanian. Dengan pendekatan ini, sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan dapat menjadi lebih cerdas, otomatis, dan mudah diakses oleh para petani atau peneliti yang bergerak di bidang pertanian berbasis teknologi.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *simulation-based research* untuk mengembangkan sistem *smart farming* berbasis algoritma *rule-based*. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mensimulasikan dan mengevaluasi efektivitas aturan yang diterapkan dalam mengelola kondisi lingkungan pertanian secara otomatis. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu desain sistem, simulasi, dan evaluasi hasil [10].

### 2.1. Desain

Tahap desain dimulai dengan pemilihan dan konfigurasi komponen dalam simulasi Wokwi, termasuk sensor suhu (DHT22), sensor kelembaban tanah, sensor intensitas cahaya (LDR), dan sensor jarak (*ultrasonic*). Firebase digunakan sebagai *database* untuk menyimpan data sensor secara real-time dan mengintegrasikannya dengan web sebagai antarmuka pengguna. Selain itu, tabel batasan nilai sensor disusun sebagai acuan dalam algoritma berbasis aturan. Pengembangan kode program dilakukan untuk mengatur logika pengambilan keputusan berdasarkan data yang diterima dari sensor, sehingga sistem dapat menentukan status pemanas (*heater*), penyiraman (*watering*), dan alarm secara otomatis. Rule-Based Algorithm adalah pendekatan berbasis aturan yang digunakan untuk menentukan keputusan atau tindakan berdasarkan kondisi yang telah ditetapkan [7]. Dalam simulasi smart farming ini, algoritma bekerja dengan membaca data dari sensor, seperti intensitas cahaya (LDR), suhu dan kelembaban udara (DHT22), serta jarak objek (HC-SR04). Berdasarkan nilai sensor yang diterima, sistem akan mengklasifikasikan lingkungan menjadi kondisi siang atau malam dan menerapkan aturan yang sesuai untuk mengontrol perangkat seperti pemanas (*heater*), pendingin (*cooler*), sistem penyiraman (*watering*), dan alarm keamanan. Setiap keputusan dibuat berdasarkan serangkaian aturan sederhana yang membandingkan nilai sensor dengan ambang batas yang telah ditentukan. Pseudocode berikut menggambarkan proses pengambilan keputusan dalam sistem ini:

```
BEGIN
// Baca data sensor dari Firebase
Read rawLightIntensity, temperature, humidity, distance
```

```
// Kalibrasi dan bulatkan intensitas cahaya
lightIntensity = roundToTwoDecimalPlaces(calibrateLightIntensity(rawLightIntensity))

// Tentukan status siang/malam
lightIntensityStatus = "Day" IF lightIntensity > 50 ELSE "Night"

// Tentukan status suhu dan kelembaban
IF lightIntensityStatus = "Day" THEN
    temperatureStatus = "Heater On"
    IF temperature < 20 ELSE "Cooler On"
    IF temperature > 30 ELSE "Good"
    humidityStatus = "Watering On"
    IF humidity < 40 ELSE "Best"
    IF humidity > 60 ELSE "Good"
ELSE
    temperatureStatus = "Heater On"
    IF temperature < 15 ELSE "Cooler On"
    IF temperature > 25 ELSE "Good"
    humidityStatus = "Watering On"
    IF humidity < 50 ELSE "Best"
    IF humidity > 80 ELSE "Good"
ENDIF

// Tentukan status alarm
distanceStatus = "Alarm On" IF distance < 30 ELSE "Alarm Off"

// Tampilkan hasil
Display lightIntensity, lightIntensityStatus, temperatureStatus, humidityStatus,
distanceStatus

END
```

## 2.2. Simulasi

Pada tahap simulasi, sistem dijalankan dengan Wokwi sebagai platform untuk mensimulasikan lingkungan *smart farming*. Data dari sensor virtual dikirim ke Firebase dan diproses oleh algoritma untuk menentukan status sistem berdasarkan kondisi lingkungan yang diamati. Web yang terhubung dengan Firebase menampilkan data sensor secara real-time, serta menampilkan status perangkat seperti *heater*, penyiraman, dan alarm. Beberapa skenario pengujian dilakukan dengan variasi nilai sensor untuk mengevaluasi respons sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan.

## 2.3. Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix* untuk membandingkan hasil keputusan algoritma dengan tabel standar batasan nilai sensor. Hasil dari simulasi akan dianalisis untuk menilai kesesuaian sistem dalam mengatur lingkungan pertanian secara otomatis. Akurasi sistem dalam mengidentifikasi kondisi dan mengaktifkan perangkat yang sesuai akan menjadi indikator utama keberhasilan algoritma yang diterapkan.

## 3. Hasil dan Diskusi

Bagian ini membahas hasil penelitian melalui tiga tahap utama: desain, simulasi, dan evaluasi. Tahap desain mencakup perancangan sensor, konfigurasi Firebase, dan aturan rule-based. Simulasi dilakukan pada Wokwi untuk menguji respons sistem terhadap variasi kondisi lingkungan. Evaluasi menggunakan *confusion matrix* untuk menilai akurasi algoritma berdasarkan hasil simulasi dan tabel standar.

### 3.1. Desain

Tahap desain mencakup perancangan sistem berbasis rule-based yang terdiri dari pemilihan sensor, konfigurasi koneksi, serta penentuan batasan nilai sensor. Sensor yang digunakan meliputi LDR untuk

intensitas cahaya, DHT22 untuk suhu dan kelembaban, serta HC-SR04 untuk jarak. Koneksi antar perangkat diatur sesuai kebutuhan komunikasi data dengan Firebase. Selain itu, ditetapkan tabel standar batasan nilai sensor sebagai acuan dalam menentukan status sistem.

**Tabel 1.** Desain Sensor

Komponen	Tipe	Fungsi	Pin Koneksi
<b>Mikrokontroler</b>	ESP32 DevKit V4	Mengontrol seluruh sistem dan komunikasi dengan Firebase	-
<b>Sensor Suhu dan Kelembaban</b>	DHT22	Mengukur suhu dan kelembaban udara	VCC → 5V, GND → GND, Data → GPIO14
<b>Sensor Jarak</b>	HC-SR04	Mendeteksi keberadaan objek di depan sensor	VCC → 5V, GND → GND, Echo → GPIO17, Trig → GPIO16
<b>Sensor Cahaya</b>	LDR (Photoresistor)	Mengukur intensitas cahaya lingkungan	VCC → 5V, GND → GND, AO → GPIO35
<b>Koneksi Firebase</b>	Firestore Realtime Database	Menyimpan dan membaca data sensor secara real-time	Terkoneksi melalui WiFi dari ESP32

Tabel 1 menunjukkan desain sensor yang digunakan dalam sistem, termasuk jenis komponen, fungsi, dan pin koneksi pada ESP32. Mikrokontroler ESP32 DevKit V4 berperan sebagai pusat kendali yang menghubungkan sensor dengan Firebase. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sementara sensor HC-SR04 berfungsi mendeteksi objek berdasarkan jarak. Selain itu, sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya lingkungan. Data dari sensor-sensor ini dikirim dan disimpan secara real-time ke Firestore Realtime Database melalui koneksi WiFi pada ESP32.

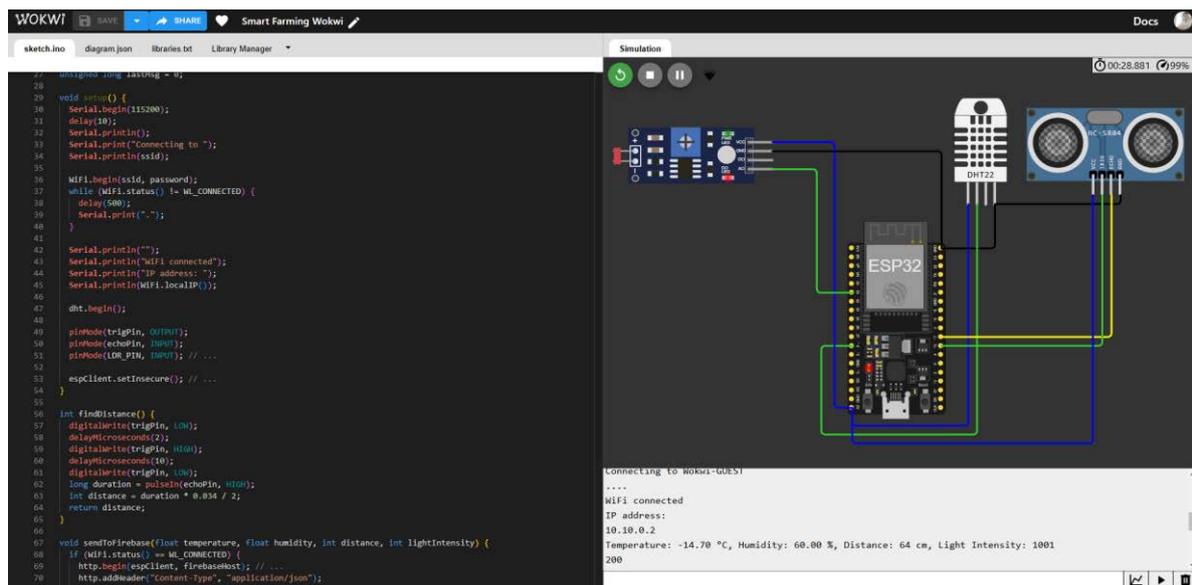
**Tabel 2.** Batasan

Kondisi	Parameter	Batas Nilai	Status
<b>Siang</b> (lightIntensity > 50)	Suhu (°C)	< 20	Heater On
		20 - 30	Good
		> 30	Cooler On
	Kelembaban (%)	< 40	Watering On
		40 - 60	Good
		> 60	Best
<b>Malam</b> (lightIntensity ≤ 50)	Suhu (°C)	< 15	Heater On
		15 - 25	Good
		> 25	Cooler On
	Kelembaban (%)	< 50	Watering On
		50 - 80	Good
		> 80	Best
<b>Jarak Objek</b>	Distance (cm)	< 30	Alarm On
		≥ 30	Alarm Off

Tabel 2 mendefinisikan batasan nilai parameter sensor untuk menentukan status sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Pada siang hari, jika suhu di bawah 20°C, pemanas diaktifkan, sementara suhu di atas 30°C memicu pendingin. Kelembaban udara di bawah 40% akan mengaktifkan penyiraman, sedangkan kelembaban optimal berkisar antara 40-60%. Pada malam hari, batas suhu dan kelembaban disesuaikan, dengan pemanas menyala di bawah 15°C dan penyiraman aktif jika kelembaban di bawah 50%. Selain itu, sistem akan mengaktifkan alarm jika objek terdeteksi dalam jarak kurang dari 30 cm [1].

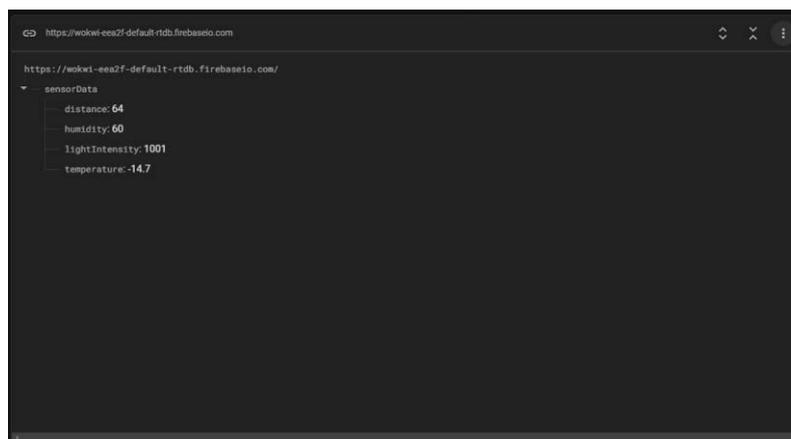
### 3.2. Simulasi

Tahap simulasi dilakukan untuk menguji integrasi sistem yang telah dirancang. Simulasi dijalankan pada Wokwi untuk merepresentasikan kerja sensor secara virtual, dengan data yang dikirim dan disimpan ke Firebase secara real-time. Selanjutnya, data tersebut ditampilkan pada antarmuka web untuk memvisualisasikan status sistem secara dinamis. Hasil simulasi didokumentasikan melalui capture dari Wokwi, Firebase, dan tampilan web selama sistem berjalan.



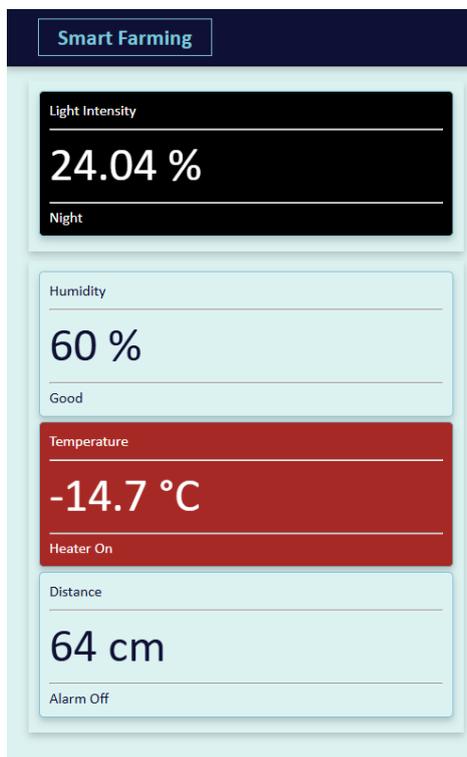
Gambar 1. Wokwi, <https://wokwi.com/projects/422130765250176001>

Gambar 1 menunjukkan simulasi sistem berbasis ESP32 yang dijalankan di platform Wokwi. Simulasi ini mencakup berbagai sensor, seperti DHT22 untuk suhu dan kelembaban, HC-SR04 untuk jarak, serta LDR untuk intensitas cahaya. Sistem terhubung ke Firebase untuk penyimpanan dan pemantauan data secara real-time. Melalui Wokwi, pengujian dan validasi algoritma dapat dilakukan sebelum implementasi pada perangkat fisik.



Gambar 2. Firebase

Gambar 2 menunjukkan tampilan Firebase Realtime Database yang digunakan untuk menyimpan data sensor secara real-time. Data yang tersimpan mencakup nilai distance, humidity, lightIntensity, dan temperature yang dikirim dari ESP32 melalui koneksi WiFi. Dalam contoh ini, nilai distance terdeteksi 64 cm, humidity 60%, lightIntensity 1001, dan temperature -14,7°C. Firebase memungkinkan sistem untuk membaca dan memperbarui data secara cepat, sehingga pemantauan kondisi lingkungan dapat dilakukan secara efisien.



Gambar 3. Web, <https://wokwi-smart-farming.vercel.app>

Gambar 3 menampilkan antarmuka web pemantauan smart farming yang dihosting di Vercel. Tampilan ini menampilkan kondisi lingkungan secara real-time berdasarkan data dari Firebase, termasuk Light Intensity, Humidity, Temperature, Distance, serta status Heater dan Alarm. Dalam contoh ini, Light Intensity tercatat sebesar 24.04%, yang diklasifikasikan sebagai Night, hasil dari proses kalibrasi nilai sensor LDR menggunakan JavaScript. Fungsi `calibrateLightIntensity()` mengonversi nilai mentah dari Firebase (1001) ke dalam skala 0 - 100%, dengan rentang kalibrasi antara 32 hingga 4063. Web ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan dengan lebih intuitif dan akurat.

Tabel 3. Hasil Percobaan

Percobaan	LDR (%)	Temp (°C)	Humid (%)	Distance (cm)	Light Status	Temp Status	Humid Status	Alarm Status
1	5.16	-5.7	65.5	303	Night	Heater On	Good	Alarm Off
2	10	10.3	45	23	Night	Heater On	Watering On	Alarm On
3	30.51	12.54	30	3	Night	Heater On	Watering On	Alarm On
4	40.24	18.8	85	105	Night	Good	Best	Alarm Off
5	51.58	28.3	75.5	45	Day	Good	Best	Alarm Off
6	60.43	20.9	50.5	35	Day	Good	Good	Alarm Off
7	72.09	35.7	55	53	Day	Cooler On	Good	Alarm Off

Percobaan	LDR (%)	Temp (°C)	Humid (%)	Distance (cm)	Light Status	Temp Status	Humid Status	Alarm Status
8	85.61	25.1	35.5	15	Day	Good	Watering On	Alarm On
9	90.87	14.5	40	81	Day	Heater On	Good	Alarm Off
10	95.16	40	25	201	Day	Cooler On	Watering On	Alarm Off

Untuk menguji kinerja sistem, dilakukan 10 kali percobaan dengan data sensor yang dihasilkan secara acak dalam rentang nilai yang telah ditentukan. Setiap percobaan mencatat nilai dari sensor LDR, suhu, kelembaban, dan jarak, yang kemudian diproses menggunakan rule-based algorithm untuk menentukan status pencahayaan, suhu, kelembaban, dan alarm. Hasil pengujian dicatat dalam Tabel 3 untuk dianalisis lebih lanjut guna mengevaluasi keakuratan sistem dalam mengklasifikasikan kondisi lingkungan berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

### 3.3. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menilai kesesuaian algoritma rule-based dalam menentukan status pencahayaan, suhu, kelembaban, dan alarm berdasarkan data sensor yang diperoleh dari simulasi. Hasil percobaan dilakukan sebanyak 10 kali dengan variasi nilai LDR, suhu, kelembaban, dan jarak untuk menguji apakah sistem merespons sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil percobaan, seluruh keputusan yang dihasilkan oleh algoritma sesuai dengan aturan yang telah dirancang. Status pencahayaan (Day/Night) ditentukan berdasarkan nilai sensor LDR dengan ambang batas 50%, yang terbukti menghasilkan keputusan yang konsisten. Selain itu, status suhu (Temperature Status) menyesuaikan dengan kondisi siang dan malam, di mana pemanas (Heater) aktif saat suhu terlalu rendah, pendingin (Cooler) aktif saat suhu terlalu tinggi, dan dalam rentang yang sesuai dinyatakan "Good". Status kelembaban (Humidity Status) juga berfungsi dengan baik, dengan aktivasi penyiraman (Watering) saat kelembaban rendah, serta status "Good" atau "Best" saat kelembaban berada dalam rentang optimal. Sistem alarm juga menunjukkan kesesuaian dengan aturan, di mana alarm hanya aktif jika jarak objek yang terdeteksi kurang dari 30 cm. Dari evaluasi ini, dapat disimpulkan bahwa algoritma rule-based yang diterapkan telah bekerja dengan baik dan sesuai dengan ekspektasi. Tidak ditemukan inkonsistensi dalam pengambilan keputusan, yang menunjukkan bahwa aturan yang diterapkan sudah cukup efektif dalam mengelola skenario simulasi smart farming ini. Namun, dalam pengembangan lebih lanjut, pendekatan adaptif berbasis pembelajaran mesin dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan akurasi dalam berbagai kondisi lingkungan yang lebih kompleks.

## 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma Rule-Based yang diterapkan pada sistem smart farming berbasis Wokwi, Firebase, dan web mampu mengelola irigasi, pemanas, dan alarm secara otomatis berdasarkan data sensor. Hasil evaluasi menggunakan confusion matrix menunjukkan akurasi sempurna, kemungkinan karena penelitian ini masih berbasis simulasi, sehingga belum tentu menghasilkan performa serupa di dunia nyata. Untuk penelitian lanjutan, sistem ini dapat diterapkan secara langsung pada tanaman kecil atau terrarium, mengingat perangkat IoT umumnya berukuran ringkas dan berdaya rendah. Tanaman seperti kaktus, sukulen, atau terrarium seperti nepenthes dapat menjadi objek uji coba untuk mengukur efektivitasnya dalam kondisi nyata.

### Daftar Pustaka

- [1] R. A. Najikh, M. H. H. Ichsan, and W. Kurniawan, "Monitoring Kelembaban, Suhu, Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek Menggunakan ESP8266 Dan Arduino Nano," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 11, pp. 4607–4612, 2018.
- [2] B. Hamrouni, K. Fenik, and R. Babanoui, "AQUALINK IOT Platform for Smart Aquaculture in The Context of Industry 4.0," *Kasdi Merbah University Ouargla*, 2024.
- [3] P. Agithal Begam *et al.*, "Exploring Wokwi's Versatile Simulation Capabilities Across Microcontroller Architectures," *10th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2024*, pp. 121–126, 2024, doi: 10.1109/ICACCS60874.2024.10716998.
- [4] N. S. Octavianti, W. A. Sulistiono, M. Rizky, and ..., "Rancangan Alat Pelacak Kelembaban

- Perkebunan Dan Pengukur Tinggi Air Sawah Berbasis Sensor,” *Sist. Inf.*, 2024.
- [5] A. H. Panah and S. Taghizadeh, “ROWIA: A Smart IoT-Based Reverse Osmosis Wastewater Irrigation System for Agriculture,” *2024 Int. Conf. Eng. Manag. Commun. Technol. EMCTECH 2024 - Proc.*, 2024, doi: 10.1109/EMCTECH63049.2024.10741619.
- [6] D. Djarah, T. E. Mehani, and M. R. Mimouni, “Management of an Intelligent Greenhouse System,” Kasdi Merbah University Ouargla, 2023.
- [7] A. V. Gorchakov, L. A. Demidova, and P. N. Sovietov, “A Rule-Based Algorithm and Its Specializations for Measuring the Complexity of Software in Educational Digital Environments,” *Computers*, vol. 13, no. 3, 2024, doi: 10.3390/computers13030075.
- [8] H. Al Karim, A. M. Olow, and M. Afifah, “Rules Based Algorithm for AI game JADDWAL,” *J. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 64–67, 2022, doi: 10.55542/jurtie.v4i1.429.
- [9] Zulkhajji, Abdul Wahid, and Nur Ikhsan, “Pengembangan Prototype Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Android,” *J. Mediat.*, pp. 44–49, 2024, doi: 10.59562/mediatik.v7i2.2226.
- [10] J. Beese, M. K. Haki, S. Aier, and R. Winter, “Simulation-Based Research in Information Systems,” *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 61, no. 4, pp. 503–521, 2019, doi: 10.1007/s12599-018-0529-1.

## Perancangan Ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali

I Kadek Dwi Adnyana<sup>a1</sup>, I Made Suma Gunawan<sup>a2</sup>, I Gusti Agung Gede Ary Mahayasa<sup>a3</sup>, Cokorda Pramartha<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Informatika, FMIPA, Universitas Udayana  
Bali, Indonesia

<sup>1</sup>dwiadnyanaa04@gmail.com

<sup>2</sup>sumagunawan04@gmail.com

<sup>3</sup>arimahayasa@gmail.com

<sup>4</sup>cokorda@unud.ac.id

### Abstract

*Traditional Balinese snacks are an essential part of the cultural heritage, reflecting the culinary richness and traditions of the local community. However, preserving information related to these snacks faces several challenges, including documentation and introducing them to younger generations. This study aims to design an ontology of traditional Balinese snacks as a solution to document and preserve related information. The ontology was developed using the Methontology methodology, covering stages of specification, knowledge acquisition, conceptualization, integration, implementation, evaluation, and documentation. The resulting structured and flexible ontology was implemented using the Protégé software, encompassing classes, object properties, data properties, and individuals representing various elements of the domain of traditional Balinese snacks. Evaluation using SPARQL queries demonstrated the ontology's effectiveness in managing information in an integrated manner. This ontology is expected to support the preservation of Balinese cultural heritage and contribute to a more dynamic knowledge management system.*

**Keywords:** *Ontology, Traditional Snacks, Cultural Preservation, Knowledge Management*

### Abstrak

Jajanan tradisional khas Bali merupakan bagian penting dari warisan budaya yang mencerminkan kekayaan kuliner dan tradisi masyarakat setempat. Namun, pelestarian informasi terkait jajanan ini menghadapi berbagai tantangan, termasuk dokumentasi dan pengenalan kepada generasi muda. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ontologi jajanan tradisional khas Bali sebagai solusi untuk mendokumentasikan dan melestarikan informasi terkait. Ontologi yang dirancang menggunakan metodologi *Methontology* mencakup tahapan spesifikasi, akuisisi pengetahuan, konseptualisasi, integrasi, implementasi, evaluasi, dan dokumentasi. Hasilnya, sebuah model ontologi yang terstruktur dan fleksibel berhasil diimplementasikan menggunakan perangkat lunak Protégé, mencakup *class*, *object properties*, *data properties*, serta individu yang menggambarkan elemen-elemen domain jajanan tradisional khas Bali. Evaluasi menggunakan query SPARQL menunjukkan bahwa ontologi ini efektif dalam mengelola informasi secara terintegrasi. Dengan demikian, ontologi ini diharapkan dapat mendukung pelestarian warisan budaya Bali dan berkontribusi pada sistem manajemen pengetahuan yang lebih dinamis.

**Kata Kunci:** Ontologi, Jajanan Tradisional, Pelestarian Budaya, Manajemen Pengetahuan

### 1. Pendahuluan

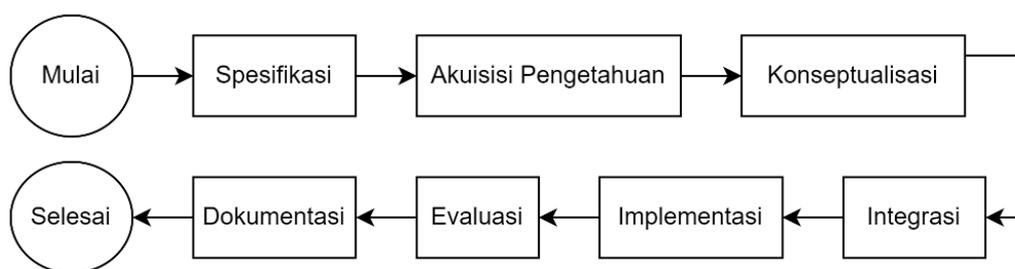
Jajanan tradisional khas Bali merupakan salah satu warisan budaya yang mencerminkan kekayaan kuliner dan tradisi masyarakat setempat. Makanan dan jajanan tradisional Bali tidak hanya menjadi bagian dari konsumsi sehari-hari, tetapi juga mencerminkan warisan budaya, memiliki nilai penyembuhan, serta berfungsi sebagai media untuk mengekspresikan adat dan tradisi [1]. Namun, seiring dengan perkembangan zaman, keberadaan jajanan tradisional ini menghadapi tantangan, baik dari segi pelestarian, dokumentasi, maupun pengenalan kepada generasi muda.

Untuk menjaga keberlangsungan pengetahuan tentang jajanan tradisional khas Bali, diperlukan pendekatan teknologi yang dapat mendukung pelestarian informasi tersebut. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah dengan merancang ontologi sebagai basis pengelolaan informasi. Penggunaan ontologi memungkinkan pengembangan sistem manajemen pengetahuan dan menggeser paradigma dari orientasi berbasis dokumen menjadi pengetahuan yang saling terhubung, mudah diintegrasikan, serta dapat digunakan kembali secara fleksibel dan dinamis [2].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang ontologi jajanan tradisional khas Bali guna mendukung pengelolaan dan pelestarian informasi. Ontologi ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang klasifikasi jajanan, bahan baku, proses pembuatan, serta kaitannya dengan budaya Bali. Dengan demikian dengan ontologi dapat mendukung sistem manajemen pengetahuan dalam beralih dari pendekatan berbasis dokumen menuju pengetahuan yang saling terhubung dan terintegrasi, sehingga memungkinkan pemanfaatannya kembali dengan cara yang lebih fleksibel dan dinamis.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi Methontology, yaitu pendekatan yang dirancang untuk membangun model ontologi dengan memberikan deskripsi mendalam mengenai setiap tahapan yang diperlukan. Selain itu, metode ini juga efektif dalam menciptakan ontologi yang dapat diadaptasi dan digunakan kembali dalam pengembangan sistem di masa mendatang. Tahapan yang termasuk dalam Methontology meliputi spesifikasi, akuisisi pengetahuan, konseptualisasi, integrasi, implementasi, evaluasi, dan dokumentasi [3].



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

### 2.1 Spesifikasi

Tahap spesifikasi bertujuan untuk menyusun dokumentasi yang menjelaskan spesifikasi ontologi secara formal, semi-formal, atau informal. Dokumentasi ini ditulis menggunakan bahasa alami dan dapat dilengkapi dengan representasi menengah atau pertanyaan kompetensi untuk membantu proses penyusunannya [4]. Pada tahap ini, dijelaskan spesifikasi dari ontologi yang telah dirancang. Berikut adalah deskripsi model ontologi Jajanan Khas Bali:

1. Domain: Jajanan Tradisional Khas Bali
2. Tujuan: Merancang ontologi untuk mendokumentasikan dan melestarikan informasi terkait jajanan tradisional khas Bali.
3. Level Formalitas: Semi-formal
4. Ruang Lingkup: Jajanan tradisional dari daerah Bali
5. Sumber Pengetahuan: Informasi diperoleh melalui wawancara dan kajian literatur yang relevan.

### 2.2 Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan adalah proses pengumpulan informasi dari para ahli dan berbagai sumber pengetahuan lainnya yang dimasukkan ke dalam sistem komputer untuk membangun basis pengetahuan, yang dilakukan sebelum menyusun ontologi. Tujuan dari tahap akuisisi pengetahuan ini adalah mendapatkan informasi atau pengetahuan yang dimanfaatkan sebagai data yang akan diproses dan dianalisis dalam tahap pembentukan konsep guna memperoleh model domain pengetahuan [5]. Pada tahap ini, akuisisi pengetahuan ontologi akan dilakukan melalui beberapa langkah, seperti menganalisis literatur terkait dari jurnal dan prosiding penelitian serupa, berinteraksi dengan para ahli untuk memperoleh wawasan mengenai perancangan struktur dan implementasi ontologi, serta mengumpulkan informasi tentang domain sepeda motor bekas dari berbagai sumber yang tersedia di internet.

## 2.3 Konseptualisasi

Konseptualisasi adalah langkah untuk membangun struktur pengetahuan domain dalam bentuk model konseptual yang menggambarkan masalah dan solusi yang terkait dengan kosakata domain yang telah diidentifikasi pada tahap spesifikasi ontology [5]. Pada tahap ini, dilakukan perancangan konsep yang bertujuan untuk memberikan pemahaman yang jelas tentang masalah yang dihadapi dan solusi yang akan diterapkan. Konsep yang dirancang mencakup pembuatan class, subclass, object properties, dan data properties yang terkait dengan domain Jajanan Tradisional Khas Bali.

## 2.4 Integrasi

Integrasi melibatkan upaya untuk memanfaatkan definisi ontologi yang sudah ada dan menggabungkannya dengan ontologi yang sedang dikembangkan, sehingga proses pembangunan ontologi tidak perlu dimulai dari nol. Pada tahap ini, akan dipertimbangkan penggunaan ontologi yang telah dirancang sebelumnya dan relevan dengan domain Jajanan Tradisional Khas Bali [5]. Dengan pertimbangan ini, diharapkan dapat terbentuk ontologi yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi yang diinginkan. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menggabungkan komponen-komponen ontologi yang ada dengan cara yang efektif, tanpa mengabaikan prinsip-prinsip integritas dari ontologi yang sudah ada.

## 2.5 Implementasi

Implementasi adalah tahap penerapan desain ontologi yang telah disusun melalui proses spesifikasi hingga integrasi. Pada tahap ini, ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali akan diimplementasikan menggunakan perangkat lunak Protégé 5.5.0, yang merupakan salah satu aplikasi populer untuk pengembangan ontologi [6]. Hasil dari implementasi ini menghasilkan konsep kelas yang digunakan dalam ontologi, dengan hubungan antar kelas atau relasi yang didefinisikan sebagai object properties. Atribut kelas dan instance-nya didefinisikan sebagai data properties, sementara instance dari masing-masing kelas akan didefinisikan sebagai individu. Selain itu, Ontograf digunakan untuk memvisualisasikan hasil implementasi serta struktur hubungan antar kelas dalam ontologi.

## 2.6 Evaluasi

Pada tahap evaluasi, dilakukan penilaian terhadap aspek teknis dari ontologi, perangkat lunak yang digunakan, serta dokumentasi referensi di setiap tahapan siklus hidup ontologi. Proses evaluasi ini melibatkan dua langkah utama: verifikasi untuk memastikan konsistensi teknis, dan validasi untuk memastikan ontologi berfungsi sesuai dengan tujuan yang diinginkan [6]. Pertanyaan akan disusun dan dijawab menggunakan query SPARQL untuk menguji kebenaran dan fungsionalitas ontologi.

## 2.7 Dokumentasi

Seluruh rangkaian kegiatan yang telah dilakukan sejak awal hingga menghasilkan ontologi terkait Jajanan Tradisional Khas Bali dalam penelitian ini, akan disusun dalam bentuk laporan atau tulisan penelitian yang selanjutnya akan dipublikasikan dalam jurnal [3].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Perancangan Ontologi

Langkah pertama dalam pengembangan ontologi adalah pembuatan kelas dan subclass, yang merupakan komponen dasar dalam struktur ontologi. Kelas-kelas ini digunakan untuk mengelompokkan konsep-konsep utama dalam domain yang sedang dianalisis, sementara subclass berfungsi untuk memberikan penjelasan lebih rinci dan spesifik mengenai kategori dalam kelas tersebut. Kelas dan subclass yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya, dilakukan perancangan Data Property, beserta Domain dan Range-nya, yang dirancang sesuai dengan yang tertera dalam Tabel 2.

**Tabel 1.** Perancangan Class dan SubclassOf

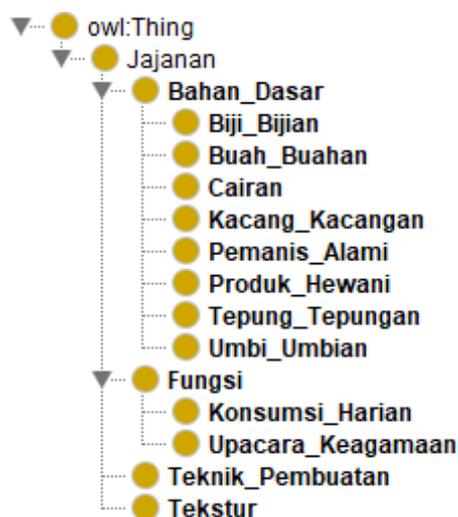
Class	SubclassOf
Jajanan	Thing
Bahan_Dasar	Jajanan
Fungsi	Jajanan
Teknik_Pembuatan	Jajanan
Tekstur	Jajanan
Biji_Bijian	Bahan_Dasar
Buah_Buahan	Bahan_Dasar
Cairan	Bahan_Dasar
Kacang_Kacangan	Bahan_Dasar
Pemanis_Alami	Bahan_Dasar
Produk_Hewani	Bahan_Dasar
Tepung_Tepungan	Bahan_Dasar
Umbi_Umbian	Bahan_Dasar
Konsumsi_Harian	Fungsi
Upacara_Keagamaan	Fungsi

**Tabel 2.** Perancangan Data Property, Domain, dan Range

Data Property	Domain	Range
Citarasa	Jajanan Tradisional Khas Bali	xsd:string
Deskripsi	Jajanan Tradisional Khas Bali	xsd:string
Nama_Jajanan	Jajanan Tradisional Khas Bali	xsd:string
Warna	Jajanan Tradisional Khas Bali	xsd:string

### 3.2. Implementasi

Setelah merancang ontologi, langkah selanjutnya adalah implementasi menggunakan aplikasi Protégé. Struktur kelas dalam ontologi yang menggambarkan jajanan tradisional khas Bali dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hierarki Class dari Ontologi Jajanan Khas Bali

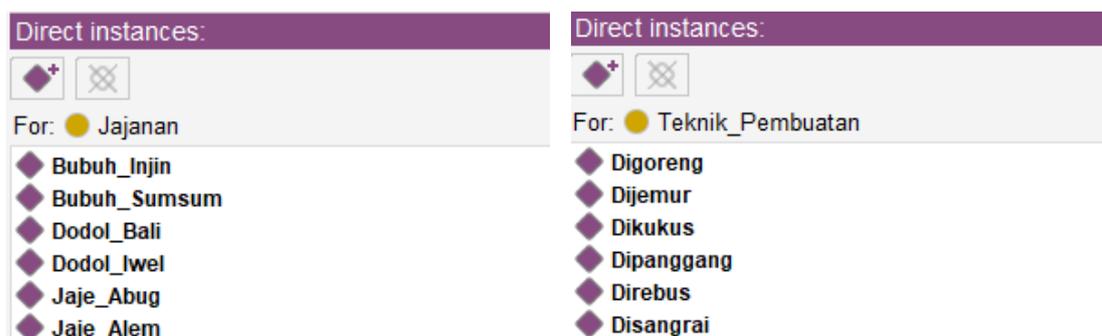
Gambar 2 di atas merepresentasikan ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali yang terdiri dari kelas utama Jajanan dengan beberapa subclass untuk mengelompokkan informasi secara hierarkis. Subclass Bahan\_Dasar menjelaskan bahan utama seperti Biji\_Bijian, Buah\_Buahan, Cairan, Kacang\_Kacangan, Pemanis\_Alami, Produk\_Hewani, Tepung\_Tepungan, dan Umbi\_Umbian. Subclass Fungsi mengelompokkan jajanan berdasarkan tujuan penggunaannya, seperti Konsumsi\_Harian dan Upacara\_Keagamaan. Teknik\_Pembuatan menggambarkan metode pembuatan, sementara Tekstur mendeskripsikan karakteristik fisik jajanan, seperti renyah atau kenyal. Tahapan selanjutnya adalah membuat Object Property pada ontologi. Proses ini dapat dilakukan menggunakan aplikasi Protégé, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.** Object Property dari Ontologi Jajanan Khas Bali

Pada Gambar 3, ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali memanfaatkan delapan Object Property untuk mendefinisikan hubungan antar elemen yang ada. Object Property pertama, Memiliki\_Fungsi, menghubungkan jajanan dengan fungsinya. Inverse of dari Memiliki\_Fungsi adalah Fungsi\_Dari\_Jajanan, yang menunjukkan hubungan sebaliknya, yaitu fungsi yang dimiliki oleh sebuah jajanan. Selanjutnya, Memiliki\_Bahan\_Dasar digunakan untuk mengaitkan jajanan dengan bahan dasar yang digunakan dalam pembuatannya. Inverse of dari Memiliki\_Bahan\_Dasar adalah Digunakan\_Dalam\_Jajanan, yang menggambarkan hubungan sebaliknya, yaitu bahan dasar yang digunakan untuk membuat jajanan tersebut. Memiliki\_Teknik\_Pembuatan menghubungkan jajanan dengan teknik pembuatan yang diterapkan pada jajanan tersebut, sementara inverse of dari Memiliki\_Teknik\_Pembuatan adalah Digunakan\_Dalam\_Pembuatan, yang menggambarkan hubungan sebaliknya, yaitu teknik yang digunakan dalam pembuatan jajanan. Terakhir, Memiliki\_Tekstur menghubungkan jajanan dengan tekstur yang dimilikinya, dan inverse of nya, Tekstur\_Dari, menunjukkan jenis tekstur yang dimiliki oleh jajanan tersebut. Penggunaan inverse ini membuat hubungan antar elemen dalam ontologi menjadi lebih saling terhubung, memperjelas gambaran keseluruhan mengenai jajanan tradisional khas Bali.

Setelah pembuatan Object Property, langkah berikutnya adalah membuat Individuals yang berhubungan dengan domain Jajanan Tradisional Khas Bali, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pada tahap ini, Individuals digunakan untuk merepresentasikan entitas konkret yang ada dalam ontologi, sesuai dengan hubungan yang telah didefinisikan sebelumnya.



**Gambar 4.** Individuals dari Jajanan dan Teknik\_Pembuatan

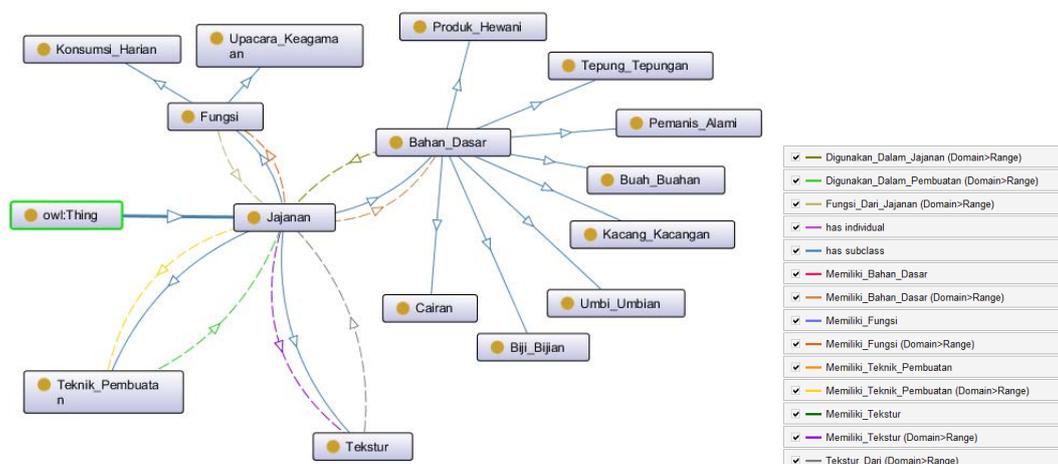
Pada Gambar 4, ditampilkan instance dari kelas Jajanan dan kelas Teknik\_Pembuatan. Instance tersebut merupakan contoh konkret yang menggambarkan entitas yang termasuk dalam masing-masing kelas. Misalnya, pada kelas Jajanan, instance tersebut dapat merepresentasikan jenis jajanan tertentu, sementara pada kelas Teknik\_Pembuatan, instance menggambarkan teknik spesifik yang digunakan dalam pembuatan jajanan tersebut. Selanjutnya, dilakukan pembuatan Data Property seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, yang dibuat menggunakan Protégé. Data Property ini digunakan untuk memberikan informasi tambahan mengenai Jajanan Tradisional Khas Bali.



Gambar 5. Data Property Ontologi dari Jajanan Khas Bali

Pada Gambar 5, Data Property Nama\_Jajanan memberikan informasi tentang nama jajanan tradisional Bali. Citarasa menggambarkan rasa jajanan, seperti manis atau gurih, sementara Deskripsi memberikan penjelasan lebih mendalam tentang jajanan. Warna menggambarkan warna fisik jajanan yang sering menjadi ciri khasnya.

Untuk menjelaskan keterkaitan antar class, object property, data property, dan instance, penulis menggunakan fitur OntoGraf. Fitur ini memungkinkan visualisasi hubungan antar elemen dalam ontologi secara lebih jelas dan terstruktur.



Gambar 6. Visualisasi OntoGraf dari Ontologi Jajanan Khas Bali

Pada Gambar 6, ditunjukkan hubungan antara class, object property, dan instance yang telah dibangun dalam ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali. Hubungan-hubungan ini direpresentasikan secara otomatis dalam bentuk gambar oleh OntoGraf. Selanjutnya, untuk melihat *metrics* Ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali dapat dilihat pada Gambar 7.

Metrics	
Axiom	609
Logical axiom count	461
Declaration axioms count	95
Class count	15
Object property count	8
Data property count	4
Individual count	68
Annotation Property count	1

Gambar 7. Metrics Ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali

### 3.3. Evaluasi

Setelah ontologi berhasil dibangun, langkah berikutnya adalah menguji model ontologi tersebut untuk mengevaluasi ontology tersebut apakah bisa merepresentasikan konsep Jajanan Khas Bali dengan akurat dengan memberikan menjawab pertanyaan terkait menggunakan kueri SPARQL. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa ontologi dapat berfungsi dalam pencarian informasi berbasis semantik yang berkaitan dengan Jajanan Khas Bali. Pengujian dilakukan dengan merancang pertanyaan yang merepresentasikan skenario pencarian informasi terkait Jajanan Khas Bali. Setiap pertanyaan kemudian diuji menggunakan kueri SPARQL yang disesuaikan dengan struktur ontologi. Adapun pertanyaan yang digunakan yaitu:

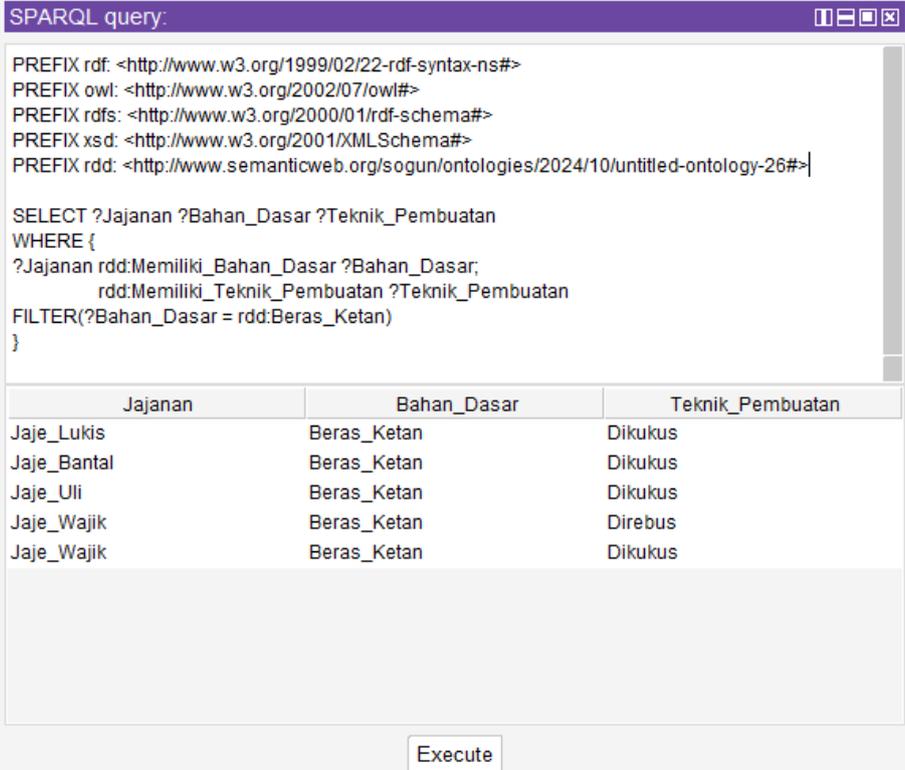
**Tabel 3.** Pertanyaan Pengujian Ontologi Jajanan Khas Bali

No	Pertanyaan
1.	Jajanan khas Bali apa saja yang memiliki bahan dasar beras ketan dan beserta teknik pembuatannya?
2.	Tekstur dari jajanan khas Bali yang memiliki fungsi upacara keagamaan yaitu dewa yadnya?
3.	Apa saja jajanan khas Bali yang memiliki citarasa manis dengan tekstur kenyal?
4.	Jajanan khas Bali yang memiliki teknik pembuatan direbus dan dibuat dengan bahan dasar tepung beras, beserta warnanya?

Berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang telah disusun sebelumnya, pengujian ontologi Jajanan Tradisional Khas Bali akan dilakukan menggunakan kueri SPARQL.

Pertanyaan pertama yaitu meminta menampilkan jajanan khas Bali apa saja yang memiliki bahan dasar beras ketan dan beserta teknik pembuatannya. Hasil dari query SPARQL yang telah dijalankan dapat dilihat pada Gambar 7.

```
SELECT ?Jajanan ?Bahan_Dasar ?Teknik_Pembuatan
WHERE {
?Jajanan rdd:Memiliki_Bahan_Dasar ?Bahan_Dasar ;
        rdd:Memiliki_Teknik_Pembuatan ?Teknik_Pembuatan
FILTER(?Bahan_Dasar = rdd:Beras_Ketan)
}
```



The screenshot shows a SPARQL query window with a purple header. The query text is as follows:

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdd: <http://www.semanticweb.org/sogun/ontologies/2024/10/untitled-ontology-26#>

SELECT ?Jajanan ?Bahan_Dasar ?Teknik_Pembuatan
WHERE {
?Jajanan rdd:Memiliki_Bahan_Dasar ?Bahan_Dasar;
      rdd:Memiliki_Teknik_Pembuatan ?Teknik_Pembuatan
FILTER(?Bahan_Dasar = rdd:Beras_Ketan)
}
```

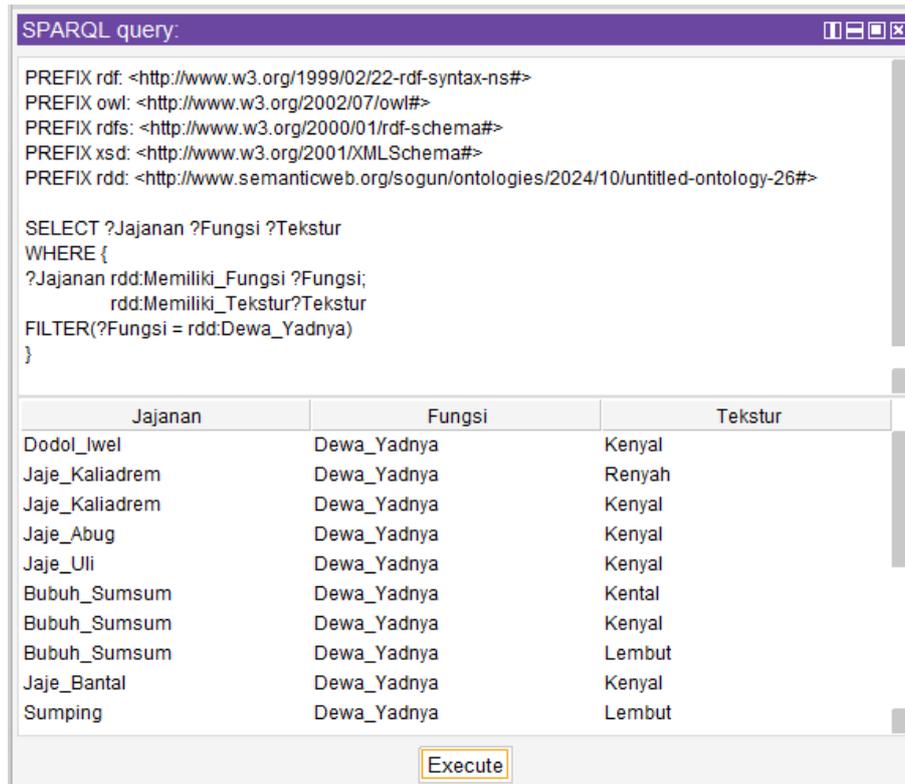
Jajanan	Bahan_Dasar	Teknik_Pembuatan
Jaje_Lukis	Beras_Ketan	Dikukus
Jaje_Bantal	Beras_Ketan	Dikukus
Jaje_Uli	Beras_Ketan	Dikukus
Jaje_Wajik	Beras_Ketan	Direbus
Jaje_Wajik	Beras_Ketan	Dikukus

At the bottom of the window is an "Execute" button.

**Gambar 8.** Hasil query SPARQL Pertanyaan 1

Pertanyaan kedua yaitu meminta menampilkan tekstur dari jajanan khas Bali yang memiliki fungsi upacara keagamaan yaitu dewa yadnya. Hasil dari query SPARQL yang telah dijalankan dapat dilihat pada Gambar 8.

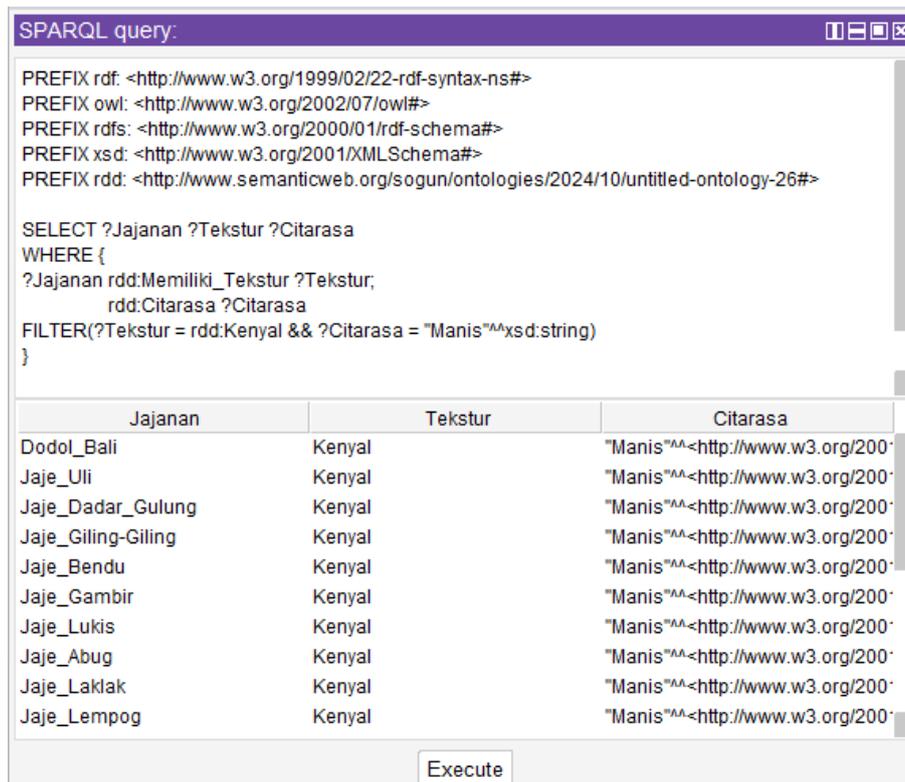
```
SELECT ?Jajanan ?Fungsi ?Tekstur
WHERE {
?Jajanan rdd:Memiliki_Fungsi ?Fungsi;
      rdd:Memiliki_Tekstur?Tekstur
FILTER(?Fungsi = rdd:Dewa_Yadnya)
}
```



**Gambar 9.** Hasil query SPARQL Pertanyaan 2

Pertanyaan ketiga yaitu meminta menampilkan apa saja jajanan khas Bali yang memiliki citarasa manis dengan tekstur kenyal. Hasil dari query SPARQL yang telah dijalankan dapat dilihat pada Gambar 9.

```
SELECT ?Jajanan ?Tekstur ?Citarasa
WHERE {
?Jajanan rdd:Memiliki_Tekstur ?Tekstur;
      rdd:Citarasa ?Citarasa
FILTER(?Tekstur = rdd:Kenyal && ?Citarasa = "Manis"^^xsd:string)
}
```

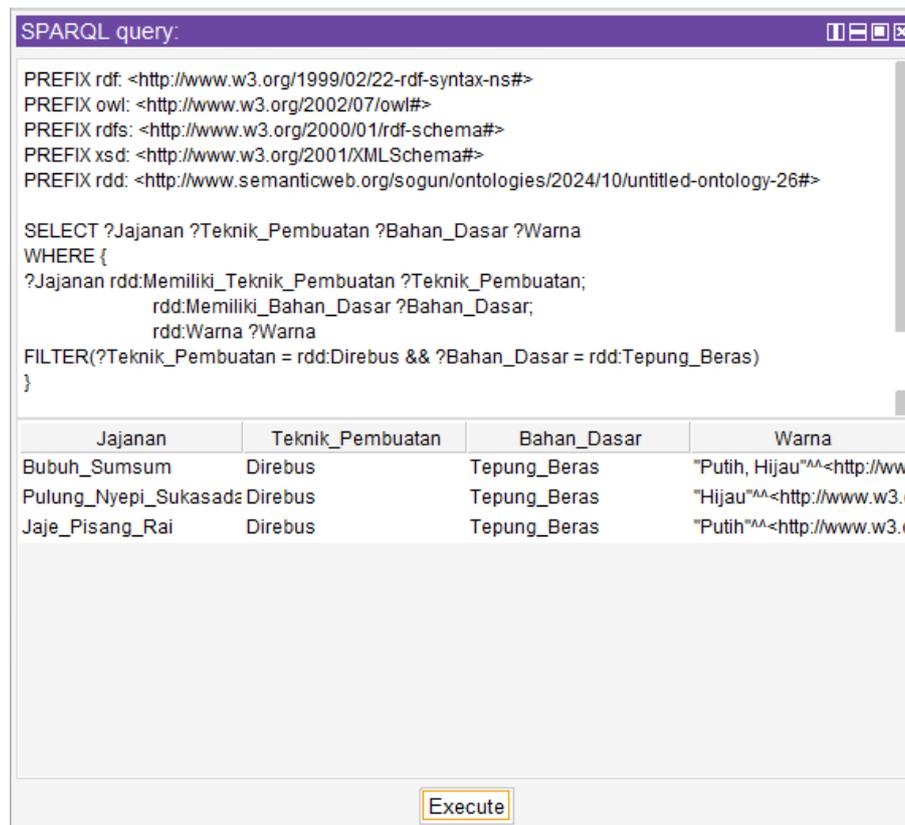


**Gambar 10.** Hasil query SPARQL Pertanyaan 3

Pertanyaan keempat yaitu meminta menampilkan jajanan khas Bali yang memiliki teknik pembuatan direbus dan dibuat dengan bahan dasar tepung beras, beserta warnanya. Hasil dari query SPARQL yang telah dijalankan dapat dilihat pada Gambar 10.

```

SELECT ?Jajanan ?Teknik_Pembuatan ?Bahan_Dasar ?Warna
WHERE {
?Jajanan rdd:Memiliki_Teknik_Pembuatan ?Teknik_Pembuatan;
      rdd:Memiliki_Bahan_Dasar ?Bahan_Dasar;
      rdd:Warna ?Warna
FILTER(?Teknik_Pembuatan = rdd:Direbus && ?Bahan_Dasar = rdd:Tepung_Beras)
}
    
```



Gambar 11. Hasil query SPARQL Pertanyaan 4

Tabel 4. Hasil Evaluasi

No	Pertanyaan	Keterangan
1	Jajanan khas Bali apa saja yang memiliki bahan dasar beras ketan dan berserta teknik pembuatannya?	Mampu memberikan jawaban
2	Tekstur dari jajanan khas Bali yang memiliki fungsi upacara keagamaan yaitu dewa yadnya?	Mampu memberikan jawaban
3	Apa saja jajanan khas Bali yang memiliki citarasa manis dengan tekstur kenyal?	Mampu memberikan jawaban
4	Jajanan khas Bali yang memiliki teknik pembuatan direbus dan dibuat dengan bahan dasar tepung beras, beserta warnanya?	Mampu memberikan jawaban

Hasil dari evaluasi yang dilakukan menunjukkan bahwa ontologi yang dikembangkan telah mampu menjawab seluruh pertanyaan yang diajukan dengan menggunakan kueri SPARQL. Setiap pertanyaan yang dirancang untuk merepresentasikan skenario pencarian informasi terkait Jajanan Khas Bali berhasil mendapatkan jawaban yang sesuai dengan konsep yang telah dimodelkan dalam ontologi.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang ontologi untuk mendokumentasikan dan melestarikan informasi terkait jajanan tradisional khas Bali menggunakan metodologi Methontology. Ontologi ini memungkinkan pengelolaan informasi yang lebih terstruktur, fleksibel, dan mudah digunakan kembali. Hasil implementasi menggunakan aplikasi Protégé menunjukkan struktur ontologi yang mencakup kelas, subclass, data property, object property, dan instance, yang merepresentasikan elemen-elemen penting dalam domain jajanan tradisional Bali.

Ontologi yang dihasilkan dapat memvisualisasikan hubungan antar elemen melalui OntoGraf, serta diuji fungsionalitasnya menggunakan query SPARQL dan hasil yang diperoleh sejalan dengan jawaban yang diharapkan untuk setiap pertanyaan terkait elemen-elemen jajanan khas Bali yang diajukan.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model ontologi yang dikembangkan mampu merepresentasikan informasi dalam domain Jajanan Khas Bali secara sistematis dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.. Dengan adanya ontologi ini, diharapkan pengetahuan tentang jajanan tradisional khas Bali dapat dilestarikan dan diperkenalkan kepada generasi muda, sekaligus mendukung sistem manajemen pengetahuan berbasis teknologi untuk menjaga keberlanjutan warisan budaya lokal.

## Referensi

- [1] Rahayu, N.L.W., Gunantara, N. and Sudarma, M. (2024) 'Klasifikasi Jajanan Khas Bali Untuk Preservasi Pengetahuan Kuliner Lokal Menggunakan Arsitektur VGG-16', SINTECH (Science and Information Technology) Journal, 7(1), pp. 1–14.
- [2] Himawan, T. W. Harjanti, R. Supriati, and H. Setiyani, "Evolusi Penggunaan Teknologi Web 3.0 : Semantic Web," J. Inf. Syst. Hosp. Technol., vol. 2, no. 02, 2020.
- [3] A. A. S. Trisnajayanti, dan I P. G. H. Suputra, "Perancangan Model Ontologi pada Sistem Pencarian Informasi Proposal Tugas Akhir Berbasis Web Semantik," JNATIA (Jurnal Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya), vol.1, no. 1, November, 2022.
- [4] I. W. G. Indrayasa and C. Pramatha, "Ontology-based Approach: A Smartphone Knowledge Representation," JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana), no. 1, pp. 1-10%V 10, 2021-08-06 2021.
- [5] Q. A. Pratama dan I G. A. Wibawa, "Sistem Rekomendasi Film Dengan Pendekatan Ontologi," JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana., vol. 12, no. 2, November 2023.
- [6] M. Fernandez, A. Gómez-Pérez, dan N. Juristo, "Methontology: from ontological art towards ontological engineering," Proc. AAAI97 Spring Symp. Ser. Ontol. Eng., no. March, hal. 33–40, 1997, [Daring]. Tersedia pada: <http://speech.inesc.pt/~joana/prc/artigos/06c METHONTOLOGY from Ontological Art towards Ontological Engineering - Fernandez, Perez, Juristo - AAAI - 1997.pdf>

# Analisis Pengaruh *Dropout Layer* pada *Convolutional Neural Networks* untuk Klasifikasi Gambar *Sticky notes*

Arsya Yan Duribta<sup>a1</sup>, Ninuk Wiliani<sup>a2</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila  
Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Jakarta, Indonesia

<sup>1</sup>4522210117@univpancasila.ac.id

<sup>2</sup>ninuk.wiliani@univpancasila.ac.id

## Abstract

*Sticky notes are often used as a tool for recording and organising information. Document digitisation requires an accurate image classification system for sticky notes, but the main challenge in this task is the variety of colours, shapes and handwriting on sticky notes, which can affect the performance of the classification model. This research aims to analyse the effect of using a dropout layer on the Convolutional Neural Networks (CNN) in the sticky note image classification task. Three CNN models with different dropout layers configurations (no dropout, 10% dropout and 20% dropout) were tested on a prepared dataset. Evaluation was performed by measuring loss and accuracy values on the test data, as well as using the classification report and the confusion matrix. The results showed that all three models achieved 100% test accuracy, but there were significant differences in the loss values. The model with no dropouts showed signs of overfitting with a very low test loss (0.00011). The 10% dropout model had the best balance between accuracy and model generalisation, with a more stable loss pattern (0.00117). Meanwhile, 20% dropout causes a degradation in complex pattern learning performance with the largest test loss (0.08739). Therefore, using a 10% loss is the optimal strategy for improving CNN generalisation in post-it note image classification.*

*Translated with DeepL.com (free version)*

**Keywords:** *dropout layer, CNN, overfitting, image classification*

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia kerja dan pendidikan, *sticky notes* sering digunakan sebagai alat bantu pencatatan dan pengorganisasian informasi. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan digitalisasi dokumen, klasifikasi gambar *sticky notes* menjadi penting dalam pengelolaan dokumen otomatis dan sistem pencatatan berbasis komputer. Namun, proses klasifikasi gambar *sticky notes* menghadapi berbagai tantangan. Variasi warna, bentuk, dan tulisan tangan yang terdapat pada *sticky notes* membuat klasifikasi menjadi lebih kompleks dibandingkan dengan objek yang lebih seragam. Selain itu, pencahayaan dan sudut pengambilan gambar yang berbeda juga dapat mempengaruhi hasil klasifikasi.

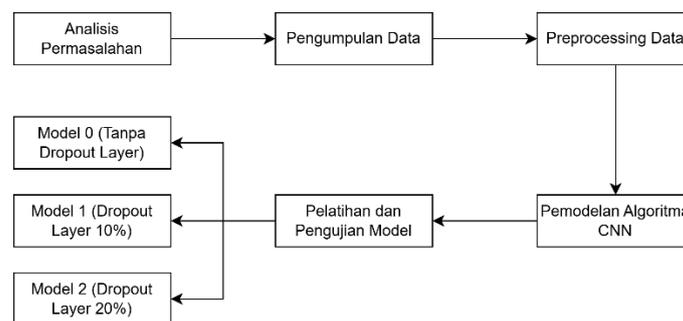
Untuk menyelesaikan tugas klasifikasi gambar, pendekatan berbasis deep learning seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) banyak digunakan. CNN memiliki kemampuan untuk mengekstrak fitur secara otomatis dari data gambar melalui lapisan konvolusi yang terstruktur dengan baik [1]. Pendekatan ini telah diterapkan dalam berbagai bidang, seperti pengenalan wajah [2], deteksi objek [3], dan pengklasifikasian citra medis [4]. Namun, dalam pelatihan CNN, salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah *overfitting* [5]. *Overfitting* terjadi ketika model terlalu menyesuaikan diri dengan data pelatihan, sehingga performanya menurun saat diuji dengan data baru [5]. Hal ini menjadi kendala dalam berbagai aplikasi praktis, terutama ketika dataset yang digunakan memiliki jumlah data yang terbatas atau distribusinya tidak seimbang. Dalam konteks klasifikasi gambar *sticky notes*, tantangan ini semakin kompleks karena keterbatasan dataset yang tersedia. Oleh karena itu, diperlukan strategi khusus untuk meningkatkan generalisasi model agar dapat bekerja dengan baik pada data baru.

Salah satu teknik yang digunakan untuk mengatasi *overfitting* adalah *dropout* [6]. *Dropout* merupakan metode regulasi yang bekerja dengan cara menonaktifkan unit neuron secara acak selama proses pelatihan untuk mencegah ketergantungan berlebihan terhadap fitur tertentu [7]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *dropout* dapat meningkatkan akurasi dan generalisasi model CNN [8]. Namun, dampaknya terhadap kinerja CNN masih bervariasi tergantung pada konfigurasi yang digunakan dan jenis data yang diproses [9], [10].

Hingga saat ini, belum banyak penelitian yang secara spesifik mengeksplorasi pengaruh konfigurasi *dropout* dalam CNN untuk tugas klasifikasi gambar *sticky notes*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana *dropout* dapat mempengaruhi kinerja CNN dalam klasifikasi gambar *sticky notes*. Dengan memahami pengaruh konfigurasi *dropout* layer yang berbeda, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai strategi terbaik dalam penggunaan *dropout* untuk meningkatkan akurasi dan generalisasi model dalam tugas klasifikasi gambar yang memiliki variasi tinggi seperti *sticky notes*.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Tahapan-tahapan tersebut meliputi:



**Gambar 1.** Alur Metodologi Penelitian

### 2.1. Analisis Permasalahan

Langkah awal dalam penelitian ini adalah menganalisis permasalahan yang menjadi fokus utama, yaitu bagaimana pengaruh konfigurasi *dropout* layer pada *Convolutional Neural Networks* (CNN) dalam tugas klasifikasi gambar. Masalah ini dipilih karena *dropout* berfungsi sebagai teknik regularisasi yang dapat meningkatkan kemampuan generalisasi model, namun pengaruhnya dapat berbeda pada dataset tertentu atau konfigurasi yang berbeda. Penelitian ini difokuskan pada klasifikasi gambar sederhana dengan menggunakan dataset yang berisi foto *sticky notes* berwarna kuning dan pink. Hasil dari analisis ini menjadi dasar untuk merancang metode dan eksperimen yang akan dilakukan.

### 2.2. Pengumpulan dan Preprocessing Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset yang dibuat sendiri, terdiri dari 100 gambar *sticky notes*. Gambar-gambar tersebut terdiri dari 50 gambar *sticky notes* berwarna kuning dan 50 gambar berwarna pink. Dataset ini dikumpulkan dengan memastikan bahwa gambar memiliki resolusi dan pencahayaan yang konsisten untuk meminimalkan gangguan pada proses pelatihan model.

Langkah-langkah preprocessing data meliputi:

- a. Data dan Label  
Gambar yang dikumpulkan dimasukkan ke dalam sebuah *list*, dan label yang sesuai ditentukan berdasarkan warna gambar. Label diinisialisasi sebagai kuning dan pink.
- b. Penggantian Nama Label  
Untuk memastikan bahwa label lebih mudah dikenali oleh model, label diganti menggunakan pendekatan numerik (kuning = 0 dan pink = 1).
- c. Pembagian Dataset  
Dataset dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu data pelatihan dan data pengujian, dengan perbandingan 80:20. Pembagian ini bertujuan untuk memastikan bahwa model dapat dievaluasi secara akurat menggunakan data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

d. One-Hot Encoding pada Label

Label kategorikal diubah menjadi format one-hot encoding. Format ini diperlukan agar model dapat memahami label sebagai vektor biner, misalnya [1, 0] untuk kuning dan [0, 1] untuk pink.

Preprocessing ini dirancang untuk meningkatkan kualitas data dan memastikan bahwa data siap digunakan dalam proses pelatihan model.

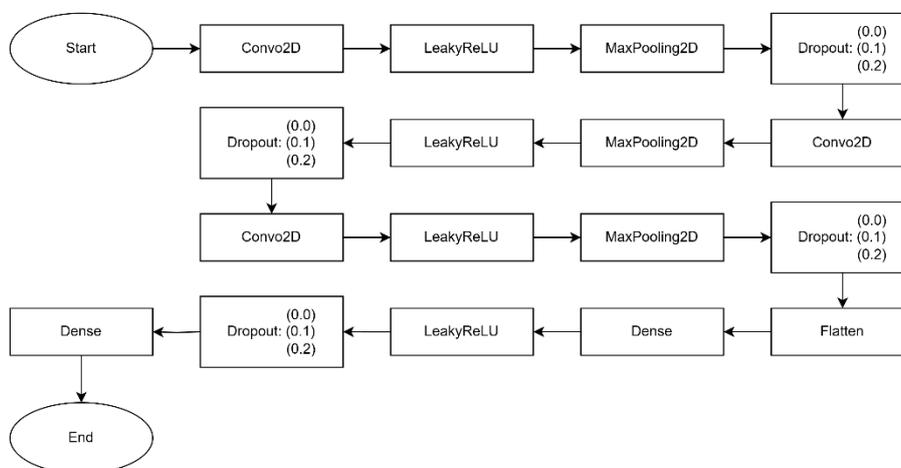
### 2.3. Perancangan Arsitektur CNN

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset yang dibuat sendiri, terdiri dari 100 gambar *sticky notes*. Pada tahap ini, model *Convolutional Neural Networks* (CNN) dirancang menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan pustaka Keras. Arsitektur CNN dirancang untuk menangani tugas klasifikasi dua kelas, yaitu *sticky notes* berwarna kuning dan pink. Model CNN dirancang dengan parameter sebagai berikut:

**Tabel 1.** Parameter Pemodelan CNN

Parameter	Nilai
Batch size	64
Epochs	30
Jumlah Kelas	2

Ilustrasi flowchart model CNN yang digunakan:



**Gambar 2.** Flowchart model CNN

Model dimulai dengan lapisan konvolusi pertama yang terdiri dari 32 filter dengan ukuran kernel 3x3 dan fungsi aktivasi linear. Lapisan ini dilengkapi dengan *LeakyReLU* ( $\alpha=0.1$ ) untuk menangani masalah vanishing gradient. Kemudian, dilanjutkan dengan lapisan *MaxPooling2D* untuk mengurangi dimensi data.

Model memiliki tiga lapisan konvolusi berturut-turut dengan jumlah filter yang meningkat (32, 64, dan 128) dan diikuti oleh *MaxPooling2D* pada setiap lapisan. Setelah proses ekstraksi fitur selesai, data diratakan (*Flatten*) dan diteruskan ke lapisan *Dense* dengan 128 unit neuron serta fungsi aktivasi linear. Lapisan terakhir adalah lapisan keluaran (*output layer*) dengan jumlah neuron yang sesuai dengan jumlah kelas (2 kelas) menggunakan fungsi aktivasi *softmax*.

### 2.4. Pelatihan dan Pengujian Model

Tahap pelatihan dan pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi kinerja arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) pada tiga konfigurasi berbeda. Setiap konfigurasi dirancang untuk menganalisis pengaruh penggunaan *dropout* layer terhadap performa model, baik dalam hal akurasi maupun kemampuan generalisasi. Adapun ketiga konfigurasi tersebut adalah sebagai berikut:

a. Tanpa *Dropout* Layer

Pada konfigurasi pertama, pelatihan dilakukan tanpa menyertakan lapisan *dropout* dalam arsitektur CNN. Konfigurasi ini bertujuan untuk menjadi dasar pembandingan dalam menilai dampak penambahan *dropout* layer.

b. *Dropout* Layer 10%

Pada konfigurasi kedua, lapisan *dropout* dengan tingkat penonaktifan neuron sebesar 10% diterapkan setelah setiap lapisan MaxPooling2D. Penambahan ini bertujuan untuk mengurangi risiko *overfitting* dengan menonaktifkan secara acak sebagian kecil neuron selama pelatihan.

c. *Dropout* Layer 20%

Konfigurasi ketiga serupa dengan konfigurasi sebelumnya, namun dengan tingkat *dropout* yang lebih tinggi, yaitu 20%. Hal ini dimaksudkan untuk mengevaluasi efek penggunaan *dropout* yang lebih agresif terhadap kemampuan generalisasi model.

Pada setiap konfigurasi, model dilatih menggunakan dataset sama yang telah melalui tahap preprocessing. Dataset ini dibagi menjadi tiga subset, yaitu data pelatihan, validasi, dan pengujian, dengan tujuan untuk memisahkan data yang digunakan selama pelatihan dan data yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja akhir model. Pelatihan dilakukan selama 30 epoch dengan ukuran batch sebesar 64.

Setelah proses pelatihan selesai, evaluasi dilakukan terhadap data pengujian untuk mengukur kinerja model menggunakan metrik akurasi dan *loss*. Hasil dari ketiga konfigurasi ini kemudian dibandingkan secara menyeluruh untuk menentukan pengaruh penambahan *dropout* layer terhadap kinerja CNN, serta mengidentifikasi konfigurasi yang memberikan hasil terbaik dalam tugas klasifikasi gambar.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Evaluasi Model

Pada bagian ini, hasil evaluasi dari ketiga model yang telah dilatih akan disajikan. Model-model tersebut diuji menggunakan dataset pengujian yang telah disiapkan sebelumnya. Proses evaluasi dilakukan dengan menggunakan fungsi `evaluate()` dari Keras, yang memberikan nilai *loss* dan akurasi dari model pada data pengujian. Berikut adalah hasil evaluasi untuk ketiga model:

**Tabel 2.** Hasil Evaluasi Ketiga Model

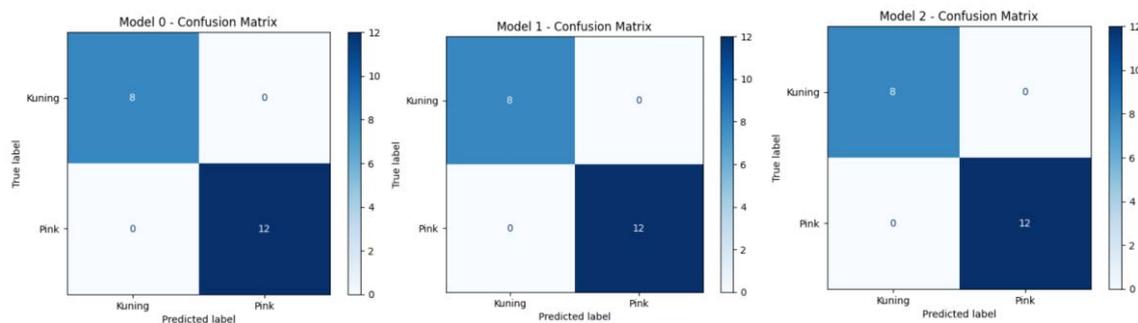
Model	Test Loss	Test Accuracy
Tanpa <i>Dropout</i>	0.00011016496864613146	100%
<i>Dropout</i> 10%	0.0011738778557628393	100%
<i>Dropout</i> 20%	0.08739311993122101	100%

Selain hasil evaluasi berupa nilai *loss* dan akurasi, analisis lebih lanjut juga dilakukan dengan menggunakan classification report dan confusion matrix untuk ketiga model. Berikut adalah hasil classification report untuk masing-masing model:

<p>Model 0 - Classification Report:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">precision</th> <th style="text-align: center;">recall</th> <th style="text-align: center;">f1-score</th> <th style="text-align: center;">support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kuning</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td>Pink</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	Kuning	1.00	1.00	1.00	8	Pink	1.00	1.00	1.00	12	accuracy			1.00	20	macro avg	1.00	1.00	1.00	20	weighted avg	1.00	1.00	1.00	20	<p>Model 1 - Classification Report:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">precision</th> <th style="text-align: center;">recall</th> <th style="text-align: center;">f1-score</th> <th style="text-align: center;">support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kuning</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td>Pink</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table>		precision	recall	f1-score	support	Kuning	1.00	1.00	1.00	8	Pink	1.00	1.00	1.00	12	accuracy			1.00	20	macro avg	1.00	1.00	1.00	20	weighted avg	1.00	1.00	1.00	20
	precision	recall	f1-score	support																																																									
Kuning	1.00	1.00	1.00	8																																																									
Pink	1.00	1.00	1.00	12																																																									
accuracy			1.00	20																																																									
macro avg	1.00	1.00	1.00	20																																																									
weighted avg	1.00	1.00	1.00	20																																																									
	precision	recall	f1-score	support																																																									
Kuning	1.00	1.00	1.00	8																																																									
Pink	1.00	1.00	1.00	12																																																									
accuracy			1.00	20																																																									
macro avg	1.00	1.00	1.00	20																																																									
weighted avg	1.00	1.00	1.00	20																																																									
<p>Model 2 - Classification Report:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">precision</th> <th style="text-align: center;">recall</th> <th style="text-align: center;">f1-score</th> <th style="text-align: center;">support</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kuning</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td>Pink</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td>accuracy</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>macro avg</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>weighted avg</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table>						precision	recall	f1-score	support	Kuning	1.00	1.00	1.00	8	Pink	1.00	1.00	1.00	12	accuracy			1.00	20	macro avg	1.00	1.00	1.00	20	weighted avg	1.00	1.00	1.00	20																											
	precision	recall	f1-score	support																																																									
Kuning	1.00	1.00	1.00	8																																																									
Pink	1.00	1.00	1.00	12																																																									
accuracy			1.00	20																																																									
macro avg	1.00	1.00	1.00	20																																																									
weighted avg	1.00	1.00	1.00	20																																																									

**Gambar 3.** Classification Report Ketiga Model

Hasil analisis confusion matrix menunjukkan bahwa ketiga model mampu mengklasifikasikan semua data pengujian dengan sempurna. Berikut adalah *confusion matrix* yang sama untuk ketiga model:

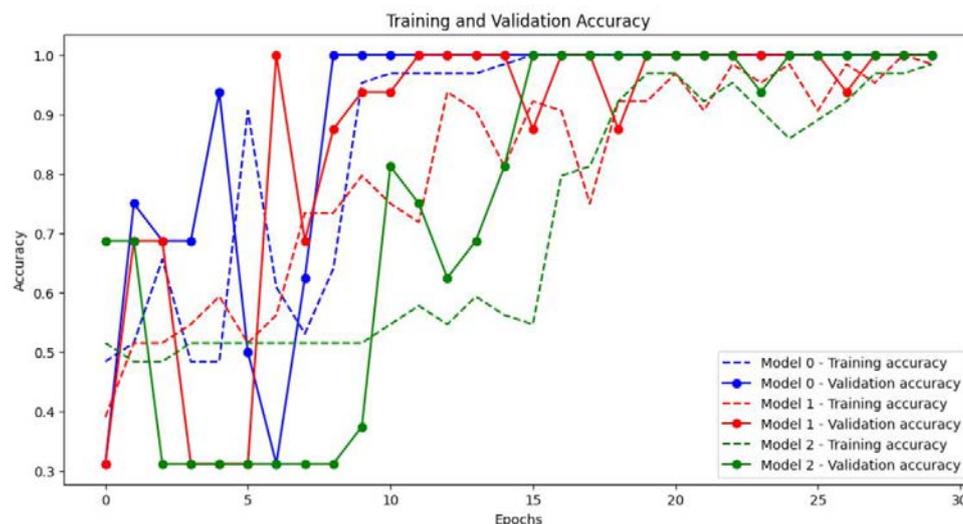


Gambar 4. Confusion Matrix Ketiga Model

### 3.2. Pembahasan Hasil

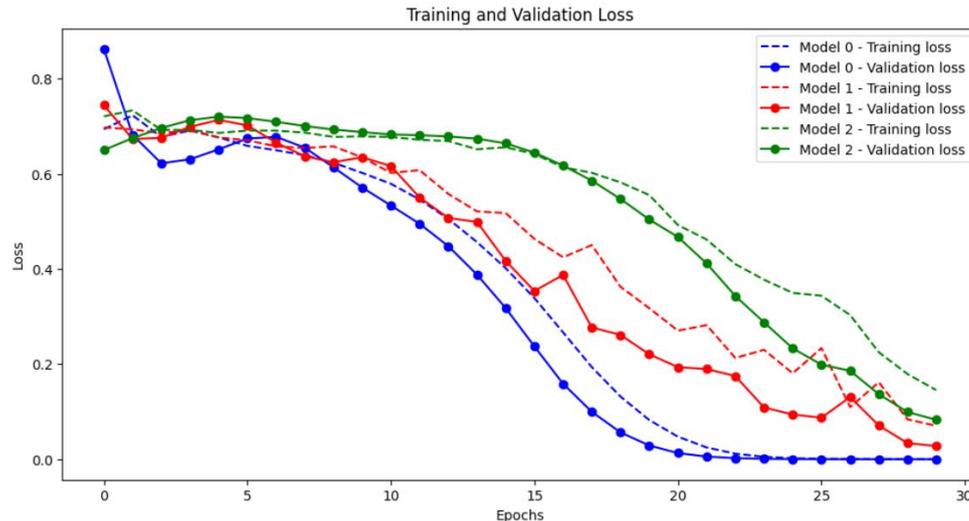
Hasil evaluasi menunjukkan bahwa ketiga model mencapai akurasi pengujian yang sangat tinggi, yaitu 100%, yang menunjukkan bahwa ketiga model berhasil mengklasifikasikan gambar dengan sempurna pada dataset yang digunakan. Namun, meskipun akurasi pada ketiga model sama, terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam nilai *loss* pada masing-masing model, yang dapat memberikan wawasan mengenai pengaruh penggunaan *dropout* layer terhadap proses pelatihan dan generalisasi model.

Hasil analisis confusion matrix menunjukkan bahwa ketiga model mampu mengklasifikasikan semua data pengujian dengan sempurna. Berikut adalah grafik perbandingan akurasi untuk ketiga model:



Gambar 5. Grafik Perbandingan Akurasi *Training* dan Validasi

Pada Gambar 5 terlihat perbedaan pola di antara ketiga model yang diuji. Model 0 (tanpa *dropout* layer) mencapai akurasi pelatihan maksimum dengan sangat cepat, tetapi akurasi validasinya menunjukkan fluktuasi signifikan pada awal pelatihan, mengindikasikan adanya potensi *overfitting* akibat ketiadaan mekanisme regularisasi. Sementara itu, Model 1 (dengan *dropout* 10%) menunjukkan peningkatan akurasi pelatihan dan validasi yang lebih stabil, dengan akurasi validasi yang lebih konsisten, menandakan bahwa *dropout* 10% dapat membantu meningkatkan generalisasi model. Sebaliknya, Model 2 (dengan *dropout* 20%) memperlihatkan peningkatan akurasi pelatihan yang lebih lambat dengan akurasi validasi yang lebih stabil. Namun, tingkat *dropout* yang terlalu tinggi ini tampaknya menghambat kemampuan model dalam mempelajari pola kompleks pada data pelatihan.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Loss Training dan Validasi

Pada grafik Gambar 6, terlihat perbedaan pola *loss* yang signifikan antara ketiga model. Model 0 (tanpa *dropout layer*) menunjukkan penurunan *training loss* yang sangat cepat, tetapi nilai *validation loss*-nya lebih tinggi, mendukung indikasi adanya *overfitting*. Model 1, dengan *dropout layer* 10%, menunjukkan pola penurunan *training loss* dan *validation loss* yang lebih konsisten, dengan perbedaan nilai yang kecil. Hal ini mencerminkan keseimbangan antara pembelajaran dan kemampuan generalisasi model. Sebaliknya, Model 2 dengan *dropout layer* 20% mengalami penurunan *training loss* yang lebih lambat dan *validation loss* yang lebih tinggi dibandingkan Model 1. Tingkat *dropout* yang terlalu agresif ini mengurangi kapasitas model dalam mempelajari pola penting dari data pelatihan.

Secara keseluruhan, Model 1 dengan *dropout* 10% dapat dianggap sebagai model terbaik karena berhasil mencapai keseimbangan optimal antara akurasi yang tinggi dan kemampuan generalisasi yang kuat. Model ini menunjukkan akurasi pengujian yang sempurna (100%) sambil mempertahankan nilai *loss* yang relatif rendah dan pola pelatihan yang stabil. *Dropout* sebesar 10% berhasil mengurangi risiko *overfitting* yang terlihat pada Model 0, tanpa mengorbankan kemampuan model untuk mempelajari pola penting dalam data. Selain itu, performa stabil pada grafik "*Training and Validation Loss*" menunjukkan bahwa Model 1 mampu menangkap esensi data secara efektif sekaligus menjaga akurasi pada data yang tidak terlihat, menjadikannya pilihan yang tepat untuk implementasi praktis.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi dan analisis, ketiga model (Model 0 tanpa *dropout*, Model 1 dengan *dropout* 10%, dan Model 2 dengan *dropout* 20%) mencapai akurasi sempurna (100%) pada data pengujian. Namun, nilai *loss* menunjukkan perbedaan kemampuan generalisasi. Model 0 memiliki *loss* terendah (0.00011) tetapi menunjukkan indikasi *overfitting*. Model 1, dengan *dropout* 10%, menawarkan keseimbangan terbaik antara performa dan generalisasi, dengan *loss* rendah (0.00117) dan stabilitas grafik pelatihan yang baik. Sebaliknya, Model 2, dengan *dropout* 20%, memiliki *loss* tertinggi (0.08739), mengindikasikan bahwa tingkat *dropout* yang terlalu tinggi dapat mengurangi kemampuan model mempelajari pola data. Berdasarkan grafik, *classification report*, dan *confusion matrix*, Model 1 menunjukkan performa optimal, mampu mempertahankan akurasi tinggi sekaligus mengurangi risiko *overfitting*. Dengan demikian, penggunaan *dropout layer* 10% terbukti efektif untuk meningkatkan generalisasi model tanpa mengorbankan performa, menjadikan Model 1 pilihan terbaik untuk implementasi.

#### Daftar Pustaka

- [1] W. Vidiadivani and I. K. G. Suhartana, "Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Metode Transfer Learning Pada Convolutional Neural Network (CNN)," *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, vol. 12, no. 3, pp. 1-10, Feb. 2024.

- [2] J. Choe and H. Shim, "Attention-based *dropout* layer for weakly supervised object localization," in Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2019, pp. 2219–2228.
- [3] Z. Li, W. Yang, S. Peng, and F. Liu, "A survey of *Convolutional Neural Networks*: analysis, applications, and prospects," Journal of Software Engineering Ampera, vol. 1, no. 2, pp. ---, Jun. 2020.
- [4] F. M. Qotrunnada and P. H. Utomo, "Metode convolutional neural network untuk klasifikasi wajah bermasker," PRISMA, vol. 5, pp. 799–807, 2022.
- [5] D. R. Nallea, L. G. Astutia, I. G. S. Astawaa, L. A. A. R. Putra, A. A. I. N. E. Karyawatia, and I. W. Suprianaa, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Pengenalan Pola Motif Kain Tenun Rote Ndao Berbasis Android," Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana, vol. 11, no. 1, pp. 1-10, Aug. 2022.
- [6] S. Shedriko and M. Firdaus, "Perbandingan optimizer Adagrad, Adadelata dan Adam dalam klasifikasi gambar menggunakan deep learning," STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi), vol. 8, no. 1, pp. ---, Aug. 2023.
- [7] M. Khoiruddin, A. Junaidi, and W. A. Saputra, "Klasifikasi penyakit daun padi menggunakan convolutional neural network," Journal of Dinda, vol. 2, no. 1, pp. 37–45, 2022.
- [8] G. G. Sastrawan, I. P. G. H. Suputra, I. B. G. Dwidasmaraa, and I. A. G. S. P. Putra, "Sales forecasting menggunakan random forest regression dengan particle swarm optimization pada penjualan superstore," Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana, vol. 13, no. 2, pp. ---, Nov. 2024.
- [9] T. S. Girsanga, I. D. M. B. A. Darmawana, N. A. S. ERa, A. A. I. N. E. Karyawatia, I. P. G. H. Suputraa, and C. R. A. Pramarthaa, "Pengembangan Sistem Pengenalan Karakter Aksara Suku Simalungun Berbasis Android," Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana, vol. 11, no. 3, pp. 1-10, Feb. 2023.
- [10] I. G. T. Permana, I. B. G. Dwidasmaraa, M. A. Raharjab, and I. W. Santiyasab, "Ekstraksi Fitur Dengan Convolutional Neural Network Dan Rekomendasi Fashion Menggunakan Algoritma K Nearest Neighbours," Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana, vol. 12, no. 4, pp. 1-10, May 2024.

*This page is intentionally left blank.*

# Perancangan Ontologi Semantik: Representasi Digital Tokoh Wayang Bali

Ngakan Made Alit Wiradhanta<sup>a1</sup>, Hana Christine Octavia<sup>a2</sup>, I Gede Ngurah Arya Wira Putra<sup>a3</sup>, Cokorda Rai Adi Pramatha<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Informatika, Universitas Udayana  
Bali, Indonesia

<sup>1</sup>alitwiradhanta094@student.unud.ac.id

<sup>2</sup>hanachristine@student.unud.ac.id

<sup>3</sup>nguraharya119@student.unud.ac.id

<sup>4</sup>cokorda@unud.ac.id

## Abstract

*Balinese wayang* faces challenges in data management, such as difficult data integration, information inconsistency, and trouble retrieving relevant data. This article proposes the use of ontology as a solution to improve interoperability and data management efficiency. Ontology enables more effective data integration from various sources, resulting in consistent and accessible information. Additionally, ontology provides benefits such as enhanced data accessibility, reduced redundancy, and improved information accuracy. The implementation of ontology in the Balinese wayang industry is explained through case studies, aiming to enhance the end-user experience, including puppeteers, cultural historians, and researchers, by providing better and more accurate data access.

**Keywords:** *Ontology, Data Management, Wayang Bali, Knowledge Representation, Information Retrieval, Protégé, SPARQL, Cultural Heritage*

## 1. Pendahuluan

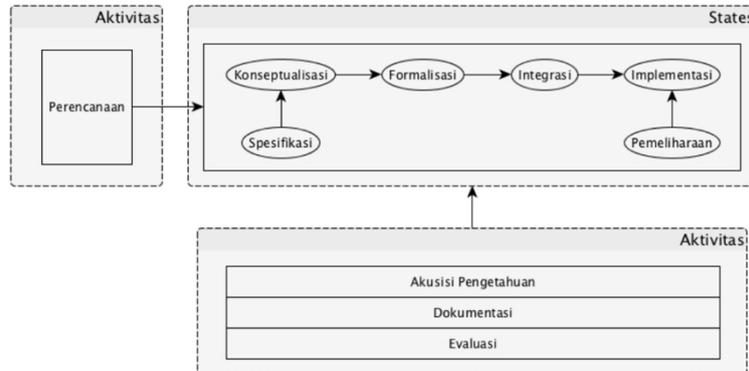
Wayang Bali menghadapi berbagai tantangan dalam pengelolaan data, terutama terkait dengan integrasi data, inkonsistensi informasi, dan kesulitan dalam menemukan data yang relevan [1]. Pengelolaan data budaya yang tidak terstruktur dan tersebar di berbagai sumber sering kali menyulitkan upaya untuk menjaga keberlanjutan dan kualitas informasi. Untuk mengatasi masalah ini, teknologi semantik, khususnya ontologi, dapat menjadi solusi yang efektif. Ontologi, sebagai representasi formal pengetahuan dalam suatu domain tertentu, memiliki potensi besar dalam meningkatkan interoperabilitas antar sistem informasi dan efisiensi pengelolaan data [5].

Dengan menggunakan ontologi, data dari berbagai sumber dapat diintegrasikan secara lebih efisien, menghasilkan informasi yang lebih konsisten dan mudah diakses. Dalam konteks wayang Bali, teknologi semantik ini dapat mengoptimalkan pengelolaan data budaya yang terfragmentasi, memudahkan penelusuran, dan meningkatkan kualitas informasi yang tersedia. Selain itu, ontologi juga dapat mengurangi redundansi data, meningkatkan akurasi, dan memperbaiki pengambilan keputusan dalam konteks pelestarian dan penelitian budaya. Manfaat konkret dari penerapan ontologi ini sangat terasa bagi pengguna akhir, termasuk dalang, sejarawan budaya, dan peneliti, yang akan mendapat akses yang lebih mudah dan informasi yang lebih akurat mengenai warisan budaya tersebut [3].

Implementasi ontologi dalam portal digital yang diperkaya semantik dapat mendukung pelestarian digital warisan budaya dengan melibatkan partisipasi komunitas [5]. Langkah-langkah strategis yang dijelaskan dalam studi kasus mereka memberikan gambaran bagaimana ontologi dapat diterapkan secara praktis untuk meningkatkan pengelolaan data budaya, termasuk dalam industri wayang Bali.

## 2. Metode Penelitian

Dalam merancang ontologi untuk tokoh wayang, penulis menggunakan Metode Methontology (sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1). Methontology adalah metodologi klasik dalam pembangunan model ontologi yang masih sering digunakan hingga kini. Metode ini dipilih karena kelebihanannya dalam memberikan deskripsi yang sangat rinci untuk setiap aktivitas yang dilakukan selama proses pembangunan ontologi [2]. Selain itu, Methontology memungkinkan integrasi atau pemanfaatan kembali ontologi yang sudah ada, sehingga relevan untuk pengembangan sistem di masa mendatang [5]. Proses pengembangan ontologi ini mencakup serangkaian aktivitas dan tahapan sistematis yang dijelaskan lebih lanjut berikut ini :



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

### 2.1 Spesifikasi

Tujuan dari fase spesifikasi adalah untuk menghasilkan dokumen spesifikasi ontologi yang menyeluruh, baik dalam bentuk informal, semi-formal, atau formal. Dalam penelitian ini, spesifikasi ontologi Tokoh Wayang Bali mencakup:

Tabel 1. Data Spesifikasi Ontologi Domain Wayang Bali

Domain	Wayang Bali
Tujuan	Membangun Ontologi Semantik Wayang Bali
Tingkat Formalitas	Semi-formal
Ruang Lingkup	Tokoh Wayang Bali
Sumber Pengetahuan	Internet, buku dan jurnal ilmiah

### 2.2 Akuisi Pengetahuan

Pada tahap ini, data yang digunakan untuk membangun ontologi mengenai Tokoh Wayang Bali diperoleh dari berbagai sumber literatur. Akuisisi pengetahuan dilakukan melalui langkah-langkah berikut.

### 2.3 Konseptualisasi

Tahap ini menyusun pengetahuan domain dalam model konseptual. Dalam hal ini, penulis membuat daftar lengkap istilah yang mencakup konsep-konsep penting Tokoh Wayang Bali, seperti Cerita, Waktu, Watak, Kegunaan. Model konseptual ini bertujuan untuk menggambarkan hubungan antar konsep dan memastikan bahwa semua elemen penting telah dicakup dalam ontologi.

### 2.4 Implementasi

Setelah konsep-konsep dan struktur ontologi disusun, tahap implementasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Protégé. Protégé digunakan untuk mendesain ontologi secara grafis, mendefinisikan class, subclass, object property, data property, serta instance. Protégé menyediakan antarmuka yang memungkinkan pengguna untuk membangun ontologi dengan cara yang terstruktur dan efisien, memfasilitasi proses pengelolaan pengetahuan dan pemodelan hubungan antar konsep secara jelas dan sistematis [4]. Data yang diperoleh dari literatur dimasukkan ke dalam ontologi untuk membentuk hubungan antar konsep, yang menggambarkan tokoh-tokoh wayang dan elemen-elemen terkait dalam cerita wayang secara lebih mendalam.

Selain itu, Protégé juga memungkinkan ontologi untuk disimpan dalam format OWL (Web Ontology Language) dan RDF (Resource Description Framework), yang mendukung integrasi ke dalam sistem berbasis web semantik. Penggunaan format ini sangat penting untuk meningkatkan interoperabilitas antara sistem yang berbeda dan memfasilitasi akses data yang lebih mudah di berbagai platform [9]. Hal ini memungkinkan ontologi yang dikembangkan untuk berinteraksi dengan sistem lain, mengoptimalkan pengelolaan data wayang Bali, dan meningkatkan integrasi serta aksesibilitas informasi bagi para dalang, peneliti, dan sejarawan budaya.

## 2.5 Integrasi

Setelah ontologi selesai dibangun dan diuji, tahap berikutnya adalah integrasi model ontologi ke dalam sistem berbasis web semantik. Dalam langkah ini, ontologi yang sudah terstruktur dengan baik akan diimplementasikan dalam platform yang memungkinkan pencarian dan pengambilan data secara dinamis, menggunakan teknologi semantik untuk meningkatkan akurasi dan relevansi hasil pencarian.

- Ontologi yang telah dibangun akan diintegrasikan dengan sistem pencarian berbasis web semantik. Penggunaan SPARQL (Query Language for RDF) akan dimanfaatkan untuk mengeksekusi query yang mengakses data dari ontologi dan menghasilkan informasi yang relevan tentang tokoh-tokoh wayang Bali, cerita wayang, serta elemen-elemen terkait. Dengan demikian, pencarian data menjadi lebih cepat, relevan, dan terstruktur.
- Ontologi yang telah disusun akan disimpan dalam format OWL (Web Ontology Language), yang memudahkan integrasi dengan sistem berbasis semantik. Format OWL memungkinkan data untuk saling berinteraksi antar sistem yang berbeda, memfasilitasi pertukaran informasi dan memperkuat interoperabilitas antara berbagai platform dan aplikasi [4]

## 2.6 Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk memastikan ontologi berfungsi dengan baik. Proses ini melibatkan verifikasi konsistensi teknis, seperti memeriksa relasi antar kelas dan atribut, serta validasi ontologi dengan tujuan sistem. Pengujian dilakukan menggunakan query SPARQL untuk mengevaluasi kemampuan ontologi dalam menjawab kebutuhan, seperti Tokoh Wayang Bali yang ada di cerita Mahabharata. Selain itu, hasil evaluasi digunakan untuk memperbaiki atau menyempurnakan struktur ontologi jika diperlukan.

## 2.7 Dokumentasi

Dokumentasi yang mencakup keseluruhan proses, mulai dari tahap perancangan, pelaksanaan, hingga evaluasi ontologi Wayang Bali, akan disusun secara sistematis dalam bentuk jurnal ilmiah. Isi dokumentasi ini meliputi deskripsi spesifikasi ontologi, pendekatan pengembangan yang diterapkan, serta hasil evaluasi yang diperoleh selama penelitian. Hasil akhir dari dokumentasi ini direncanakan untuk diterbitkan sebagai artikel ilmiah atau laporan resmi, sehingga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sistem berbasis ontologi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini berisi hasil dan pembahasan penelitian dan dapat disajikan dalam bentuk uraian, bagan atau gambar.

#### 3.1. Perancangan Ontologi

Pada perancangan ontologi semantik dari domain Wayang Bali, langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan Class dan Subclass dari ontologi yang tersaji pada Tabel 1. Selanjutnya adalah perancangan Data Property, Domain, dan Range yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perancangan Class dan Subclass

Class	SubclassOf
Wayang	Thing
Cerita	Wayang
Arja	Cerita
Calonarang	Cerita
Cupak	Cerita
Parwa	Cerita
Ramayana	Cerita
Kegunaan	Wayang
Hiburan	Kegunaan
Upacara	Kegunaan
Panca_Yadnya	Upacara
Sapu_Leger	Upacara
Peran	Wayang
Peran_Pelengkap	Peran
Peran_Utama	Peran
Waktu	Wayang
Lemat	Waktu
Peteng	Waktu
Watak	Wayang
Antagonis	Watak
Protagonis	Watak

Tabel 3. Perancangan Data Property, Domain, dan Range

Data Property	Domain	Range
deskripsi	Wayang Bali	xsd:string
fisik	Wayang Bali	xsd:string
keahlian	Wayang Bali	xsd:string
kepribadian	Wayang Bali	xsd:string
	Wayang Bali	xsd:string

### 3.2. Implementasi

Tahap selanjutnya adalah implementasi. Implementasi akan dilakukan menggunakan aplikasi Protégé, yang diawali dengan membuat struktur kelas untuk menggambarkan Wayang Bali. Struktur kelas ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Class Utama dan Subclass Ontologi Wayang Bali

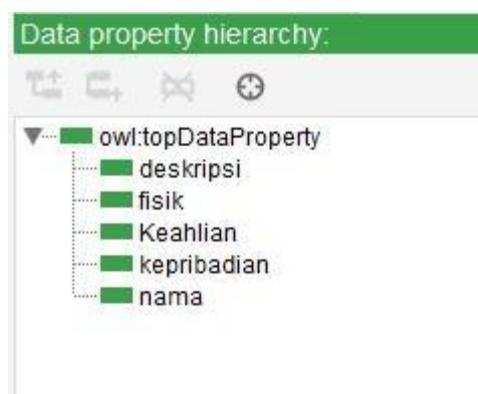
Gambar 2 memperlihatkan hierarki ontologi **Wayang Bali** yang dimulai dari kelas induk **owl:Thing**, yang menjadi dasar bagi seluruh elemen dalam ontologi. Dari kelas utama **Wayang**, ontologi ini terbagi menjadi beberapa subclass utama. Subclass **Cerita** merepresentasikan berbagai jenis cerita tradisional Wayang Bali, seperti **Arja**, **Calonarang**, **Cupak**, **Parwa**, dan **Ramayana**, yang menjadi inti seni pertunjukan. Kelas **Kegunaan** menjelaskan fungsi Wayang Bali, baik sebagai **Hiburan** maupun untuk **Upacara**, di mana subclass **Upacara** mencakup elemen ritual seperti **Panca\_Yadnya** dan **Sapu\_Leger**. Kelas **Peran** mendeskripsikan karakter dalam cerita, yang dibagi menjadi **Peran\_Utama** dan **Peran\_Pelengkap**, sesuai dengan peran masing-masing dalam narasi. Selanjutnya, kelas **Waktu** menggambarkan konteks temporal pementasan, yaitu **Lemah** (siang) dan **Peteng** (malam), yang memiliki makna simbolis dalam budaya Bali. Terakhir, kelas **Watak** menjelaskan sifat karakter tokoh dalam cerita, yang terbagi menjadi **Antagonis** (tokoh jahat) dan **Protagonis** (tokoh baik). Struktur

ontologi ini mengorganisasikan elemen-elemen budaya Wayang Bali secara sistematis, memberikan pemahaman mendalam tentang hubungan antar elemen dan kegunaannya dalam tradisi Bali.



Gambar 3. Object Property Ontologi Wayang Bali

Gambar 3 menggambarkan **object property** dalam ontologi **Wayang Bali**, yang menunjukkan berbagai relasi antar elemen dalam sistem tersebut. Relasi ini mencakup hubungan seperti **berhubunganDenganWaktu**, yang menghubungkan elemen tertentu dengan aspek temporal, dan **digunakanDalamUpacara**, yang menunjukkan elemen-elemen Wayang Bali yang digunakan dalam konteks ritual atau upacara. Selain itu, terdapat properti seperti **digunakanOlehWayang** untuk merepresentasikan atribut yang digunakan oleh Wayang, serta **digunakanUntuk**, yang menunjukkan tujuan dari suatu elemen. Properti lainnya, seperti **dimilikiOlehWayang** dan **diperankanDalamCerita**, menghubungkan elemen dengan cerita atau kepemilikan tertentu. Relasi seperti **direpresentasikanOlehPeran** dan **diperankanOlehWayang** menjelaskan keterkaitan antara peran dan karakter dalam cerita. Properti **ditampilkanPadaUpacara** dan **ditampilkanPadaWaktu** menunjukkan waktu dan konteks di mana Wayang ditampilkan, sedangkan **memainkanPeran** dan **memilikiPeran** merepresentasikan hubungan antara tokoh Wayang dan perannya. Properti seperti **memilikiCerita**, **menampilkanWayang**, dan **menggunakanWayang** menghubungkan elemen-elemen inti dalam pementasan. Terakhir, properti seperti **waktuBerhubunganDenganCerita** dan **waktuMenampilkanWayang** menjelaskan hubungan antara waktu dengan cerita atau pementasan Wayang. Semua properti ini bersama-sama membangun struktur relasional yang kompleks dalam ontologi Wayang Bali.



Gambar 4. Data Property Ontologi Wayang Bali

Gambar 4 menunjukkan atribut yang digunakan untuk merepresentasikan karakteristik tokoh Wayang Bali secara terstruktur dalam ontologi. Properti **deskripsi** memberikan penjelasan umum tentang tokoh, seperti latar belakang dan perannya dalam cerita. **Fisik** merepresentasikan karakteristik visual tokoh, seperti tampilan dan atribut khususnya. **Keahlian** menggambarkan kemampuan khusus tokoh, seperti strategi perang atau seni bertarung. **Kepribadian** menjelaskan sifat atau watak tokoh, seperti

keberanian, loyalitas, atau kelembutan hati. Properti-properti ini memastikan setiap tokoh terdeskripsi secara detail untuk mendukung representasi digital yang akurat dalam sistem berbasis web semantik.



Gambar 5. Individuals Ontologi Wayang Bali

Gambar 5 menunjukkan daftar individu yang merepresentasikan entitas spesifik dalam ontologi Wayang Bali. Setiap individu merupakan instansi unik dari kelas atau subclass yang relevan. Contohnya, **Abimanyu**, **Arjuna**, dan **Bisma** adalah individu yang merepresentasikan tokoh-tokoh utama dalam cerita Wayang Bali. Selain itu, terdapat individu seperti **Lemah** dan **Peteng**, yang menggambarkan konteks temporal pementasan Wayang Bali, serta individu **Ngaben** dan **Odalan**, yang terkait dengan fungsi ritual Wayang dalam upacara adat.

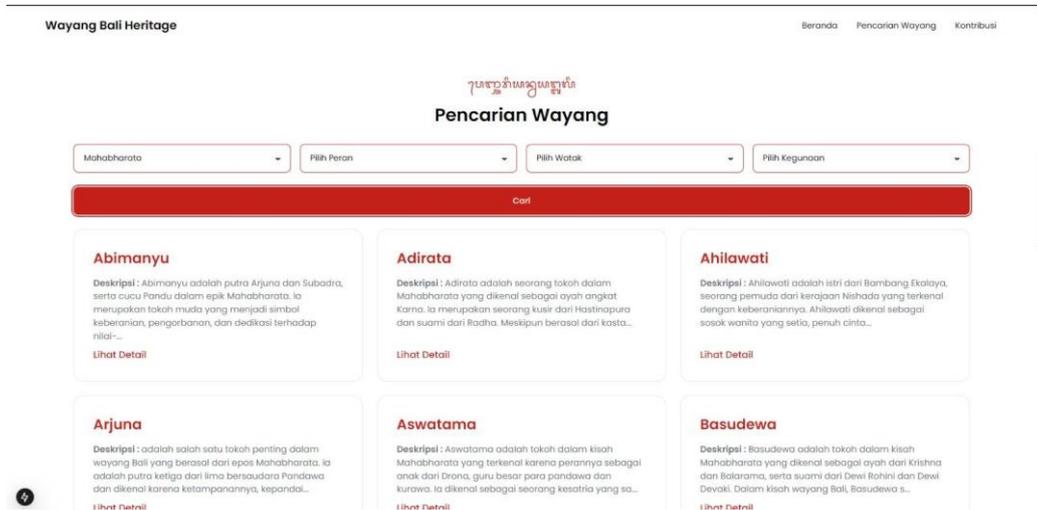
Struktur ini menunjukkan bahwa setiap individu memiliki atribut dan relasi yang menghubungkannya dengan elemen lain dalam ontologi, seperti data property untuk mendeskripsikan karakteristiknya atau object property untuk menghubungkannya dengan cerita, peran, dan kegunaannya dalam budaya

Wayang Bali. Hal ini mendukung representasi digital yang terstruktur dan mempermudah proses query serta analisis data.

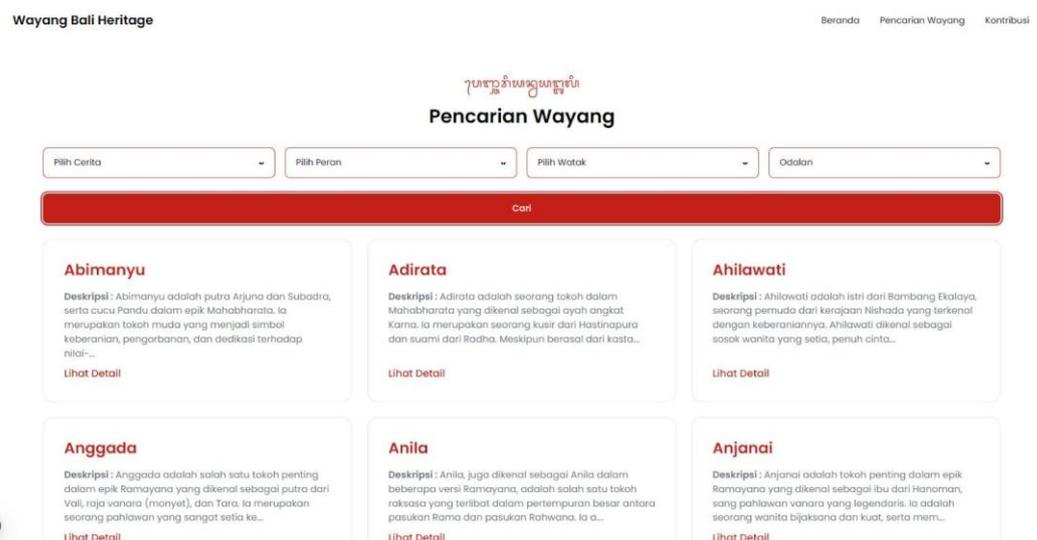
### 3.3. Integrasi

Setelah tahap pembentukan ontologi selesai, langkah berikutnya adalah integrasi ontologi ke dalam sistem pencarian semantik berbasis web.

Berikut merupakan hasil Integrasi Query SPARQL pada tampilan web :



Gambar 6. Tampilan pada web untuk wayang cerita mahabharata



Gambar 7. Tampilan pada web untuk wayang saat odalan

### 3.4. Evaluasi

Evaluasi terhadap ontologi semantik untuk representasi digital tokoh Wayang Bali dilakukan melalui tahapan Validasi Ontologi dengan Query SPARQL. Validasi ini dilakukan untuk memastikan ontologi dapat memenuhi kebutuhan pengguna, seperti menampilkan informasi yang relevan berdasarkan

query tertentu. Pengujian dilakukan dengan menggunakan query SPARQL untuk mengevaluasi kemampuan ontologi dalam menjawab pertanyaan spesifik, di antaranya:

Pertanyaan Pengujian SPARQL

Tabel 4. Pertanyaan Pengujian

No	Pertanyaan
1	Berikan daftar tokoh wayang bali yang tersedia?
2	Siapa saja tokoh yang ada dalam cerita mahabharata?
3	Apa saja kegunaan dari tokoh wayang bali tersebut?
4	Berikan Informasi Spesifik terhadap tokoh wayang arjuna?
5	Tokoh wayang apa saja yang digunakan dalam upacara odalan?

Berdasarkan pertanyaan diatas akan dilakukan pengujian ontologi terhadap tokoh wayang bali

**A. Pengujian 1**

Tabel 5. Pengujian 1 Query SPARQL

Pertanyaan	Berikan daftar tokoh wayang bali yang tersedia?
Query	<b>SELECT * WHERE {?TokohWayangBali rdf:type d:Wayang.}</b>

Query ini digunakan untuk mendapatkan **daftar tokoh wayang Bali** yang tersedia dalam dataset RDF, di mana setiap entitas yang dikembalikan merupakan bagian dari kelas d:Wayang

```
Gatatkaca
Anjanai
Ahilawati
Aswatama
Duryodana
Karna
Sugriwa
Hanoman
Dasaratha
Walu_Nateng_Dirah
Gandari
Adirata
Kunti
```

Gambar 8. Hasil Pengujian 1

**B. Pengujian 2**

Tabel 6. Pengujian 2 Query SPARQL

Pertanyaan	Siapa saja tokoh yang ada dalam cerita mahabharata?
------------	---

Query	<code>SELECT * WHERE { ?tokoh rdf:type d:Wayang. ?tokoh d:memilikiCerita d:Mahabharata. }</code>
-------	--

Query ini digunakan untuk mendapatkan **daftar tokoh wayang Bali** yang ada di dalam cerita mahabharata

```
Karna
Basudewa
Drona
Aswatama
Adirata
Gatokaca
Bima
Nakula
Kunti
Sadewa
Arjuna
```

Gambar 9. Hasil Pengujian 2

### C. Pengujian 3

Tabel 7. Pengujian 3 Query SPARQL

Pertanyaan	Apa saja kegunaan dari tokoh wayang bali?
Query	<code>SELECT * WHERE { ?tokoh rdf:type d:Kegunaan. }</code>

Query ini digunakan untuk mendapatkan **daftar kegunaan dari tokoh wayang Bali** yang ada

```
Metatah
Odalan
Pernikahan
Ngaben
Hiburan
```

Gambar 10. Hasil Pengujian 3

### D. Pengujian 4

Tabel 8. Pengujian 4 Query SPARQL

Pertanyaan	Berikan Informasi Spesifik terhadap tokoh wayang arjuna?
Query	<code>SELECT ?nama ?deskripsi ?fisik ?keahlian ?kepribadian              WHERE {              d:Arjuna d:nama ?nama.              d:Arjuna d:deskripsi ?deskripsi.              d:Arjuna d:fisik ?fisik.              d:Arjuna d:Keahlian ?keahlian.              d:Arjuna d:kepribadian ?kepribadian.              }</code>

Query ini digunakan untuk mendapatkan **informasi spesifik tentang wayang arjuna**

nama	deskripsi
"Arjuna"	"adalah salah satu tokoh penting dalam wayang Bali yang berasal da

fisik	keahlian	kepribadian
*Arjuna digambarkan bertubuh ramping, berwajah tampan, dan berpe *Arjuna adalah pemanah terbaik yang dikenal dalam Mahabharata. Ia *Arjuna dikenal bijaksana, rendah hati, dan tenang dalam menghadai		

Gambar 11. Hasil Pengujian 4

## E. Pengujian 5

Tabel 9. Pengujian 5 Query SPARQL

Pertanyaan	Tokoh wayang apa saja yang digunakan dalam upacara odalan?
Query	<code>SELECT * WHERE { ?tokoh rdf:type d:Kegunaan. }</code>

Query ini digunakan untuk mendapatkan **daftar tokoh wayang yang biasanya digunakan untuk upacara odalan**

Aswanikumba
Jembawan
Abimanyu
Anggada
Ahilawati
Rahwana
Krisna
Rama

Gambar 12. Hasil Pengujian 5

Berdasarkan lima pengujian yang telah dilakukan untuk menguji Query SPARQL, seluruhnya terbukti valid tanpa ada satu pun yang tidak valid. Dengan demikian, tingkat keberhasilan pengujian mencapai 100%, menunjukkan bahwa Query SPARQL yang diuji telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

## 4. Conclusion

Perancangan ontologi semantik untuk representasi digital tokoh wayang Bali menghasilkan sebuah model ontologi yang mampu merepresentasikan elemen-elemen penting dari budaya Wayang Bali secara sistematis dan terstruktur. Dengan menggunakan metode Methontology, pengembangan ontologi ini mencakup spesifikasi, akuisisi pengetahuan, konseptualisasi, implementasi, hingga evaluasi.

Ontologi yang dihasilkan mencakup elemen-elemen seperti tokoh, cerita, peran, watak, waktu, dan kegunaan yang dihubungkan melalui berbagai object property, seperti *berhubunganDenganWaktu*, *digunakanDalamUpacara*, dan *diperankanDalamCerita*. Ontologi ini dirancang dengan menggunakan perangkat lunak Protégé dan diekspor dalam format OWL dan RDF untuk memungkinkan integrasi ke dalam sistem berbasis web semantik.

Evaluasi terhadap ontologi dilakukan dengan query SPARQL, yang memastikan ontologi dapat memenuhi kebutuhan pengguna, seperti pencarian tokoh berdasarkan cerita, hubungan peran dan watak, serta keterkaitan dengan konteks upacara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ontologi

mampu menjawab query dengan akurasi tinggi, yang membuktikan konsistensi teknis dan validitasnya dalam merepresentasikan domain Wayang Bali.

Secara keseluruhan, perancangan ontologi ini tidak hanya menyediakan solusi teknis untuk pengelolaan data budaya Wayang Bali tetapi juga berpotensi meningkatkan aksesibilitas, efisiensi, dan akurasi dalam pengambilan informasi. Dengan demikian, ontologi ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan aplikasi digital yang lebih luas dalam melestarikan dan mempromosikan budaya Wayang Bali kepada masyarakat dan generasi mendatang.

## References

- [1] Agustinova, Danu Eko. "Strategi Pelestarian Benda Cagar Budaya Melalui Digitalisasi." *ISTORIA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sejarah* 18.2 (2022).
- [2] Davies, John, Marko Grobelnik, and Dunja Mladenić. *Semantic knowledge management: Integrating ontology management, knowledge discovery, and human language technologies*. Vol. 352. Heidelberg: Springer, 2009.
- [3] Djunaid, Ika Suryono, et al. "Tinjauan Ontologi Pekan Gawai Dayak Sebagai Daya Tarik Wisata Budaya di Kota Pontianak." *JIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, vol. 7, no. 3, Mar. 2024, pp. 2629-2637. *JIP*, eISSN: 2614-8854.
- [4] Kakad, Shital, and Sudhir Dhage. "Building Alumni Ontology to bridge Industry-Institute Gap using Protégé 5.5." *2021 2nd International Conference for Emerging Technology (INCET)*. IEEE, 2021.
- [5] Pramatha, C. "Pengembangan Ontologi Tujuan Wisata Bali Dengan Pendekatan Kulkul Knowledge Framework." *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*, vol. 3, no. 2, 2020, pp. 77–89.
- [6] Pramatha, C., Davis, J. G., & Kuan, K. K. Y. "A Semantically-Enriched Digital Portal for the Digital Preservation of Cultural Heritage with Community Participation." *EuroMed 2018 Proceedings*, Springer, 2018.
- [7] Pramatha, C., Davis, J. G., & Kuan, K. K. Y. "Digital Preservation of Cultural Heritage: An Ontology-Based Approach." *28th Australasian Conference on Information Systems*, 2017.
- [8] Surendro, Kridanto, Farrel Yodihartomo, and Lenny Putri Yulianti. "Evaluation of Indonesian traditional herbal medicine ontology quality." *International Journal on Electrical Engineering and Informatics* 12.1 (2020): 72-81.
- [9] Tsidylo, Ivan M., and Serhii V. Kozibroda. "Ontology-based representation and design of subject domains for Computer Science education." *learning* 5 (2024): 6.
- [10] ulianti, Lenny Putri, and Kridanto Surendro. "Development and Evaluation of Ontology Model for Indigenous Medicine Knowledge in Indonesia." *International Journal on Electrical Engineering & Informatics* 15.1 (2023).



ISSN



E-ISSN