

RANCANG BANGUN APLIKASI *MOBILE* PEMBELAJARAN HANACARAKA BALI MENGGUNAKAN METODE CNN BERBASIS *CLOUD COMPUTING*

I Nyoman Suwardana¹, Kadek Jodi Acharya², Kadek Dwika Dewanta Wiratama³, Made Sudarma⁴, Duman Care Khrisne⁵, I Made Arsa Suyadnya⁶

^{1, 2, 3} Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{4, 5, 6} Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

nymsuwardana12@gmail.com¹, jodiacharya@gmail.com², dewantadwika@gmail.com³,

msudarma@unud.ac.id⁴, duman@unud.ac.id⁵, arsa.suyadnya@unud.ac.id⁶

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi mobile pembelajaran Hanacaraka Bali yang menarik bagi siswa, guna mengatasi metode pembelajaran konvensional yang kurang diminati. Aplikasi ini memanfaatkan teknologi *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *cloud computing*. Pengembangan sistem menggunakan TensorFlow untuk model CNN, Android Studio untuk pengembangan aplikasi, serta Google Cloud Platform (GCP) dan Firebase untuk layanan *cloud*. Aplikasi ini memiliki empat fitur utama yaitu fitur latihan menulis, kuis, statistik, dan kamus. CNN yang dibangun terbagi menjadi enam model untuk *pengangge* suara Hanacaraka, dengan mendapat nilai akurasi 97-100% dan f1-score 0,94-1. Pengujian menunjukkan aplikasi berfungsi sesuai harapan dengan nilai *System Usability Scale* (SUS) 70,57 yang menunjukkan aplikasi ini diterima pengguna. *Endpoint* API diuji menggunakan Postman dan telah terbukti handal.

Kata kunci : Aplikasi Pembelajaran *Mobile*, Hanacaraka Bali, *Convolutional Neural Network* (CNN), *Cloud Computing*.

ABSTRACT

This research aims to develop a mobile application for learning Balinese Hanacaraka, designed to be engaging for students and to address the shortcomings of conventional learning methods, which are often less appealing. The application leverages Convolutional Neural Network (CNN) technology and cloud computing. TensorFlow is used for developing the CNN model, Android Studio for application development, and Google Cloud Platform (GCP) and Firebase for cloud services. The application offers four main features: writing practice, quizzes, statistics, and a dictionary. The CNN is divided into six models for Hanacaraka speech recognition, achieving an accuracy rate of 97-100% and an F1 score between 0.94-1. Testing results indicate that the application functions as expected, with a System Usability Scale (SUS) score of 70.57, suggesting user acceptance. API endpoints were tested using Postman and found to be reliable.

Key Words : *Mobile Learning Application, Balinese Hanacaraka, Convolutional Neural Network (CNN), Cloud Computing.*

1. PENDAHULUAN

Hanacaraka Bali adalah sistem penulisan dengan 18 aksara yang masih digunakan di Bali untuk berbagai keperluan sehari-hari, seperti menulis catatan, sastra, dan hukum. Pemerintah Bali mewajibkan pengajaran aksara ini di sekolah-sekolah

untuk melestarikan budaya, namun metode pembelajaran yang ada saat ini kurang efektif dan sering membuat siswa bosan.

Salah satu solusi untuk meningkatkan pembelajaran Hanacaraka Bali adalah dengan mengembangkan aplikasi *mobile* pembelajaran Hanacaraka Bali yang

menarik bagi siswa. Menurut data BPS 2022, 40,25% individu di bawah 15 tahun sudah memiliki telepon genggam, menunjukkan akses teknologi yang luas di kalangan anak-anak. Pembelajaran berbasis *mobile* efektif mendukung belajar mandiri siswa, terbukti dengan koefisien korelasi 0,77 dan koefisien determinasi 60,16% [1].

Untuk meningkatkan minat belajar, aplikasi *mobile* pembelajaran Hanacaraka Bali dikembangkan dengan basis Android. Aplikasi ini menggunakan teknologi *Deep Learning* dengan arsitektur CNN VGG-16 untuk membantu siswa mengenal dan menulis aksara Bali dengan cara yang lebih menarik dan interaktif. Aplikasi ini juga memanfaatkan teknologi *cloud computing* untuk menyimpan data pengguna dan menjalankan model CNN, mengurangi beban komputasi dan penyimpanan pada perangkat *mobile*.

Dengan aplikasi ini, diharapkan siswa lebih termotivasi untuk belajar dan melestarikan Hanacaraka Bali. Penggunaan teknologi modern dalam pendidikan juga dapat memastikan aksara Bali tetap hidup dan dipahami oleh generasi mendatang.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Mutakhir

Penelitian Sudarma & Sutramiani [2] berjudul "*The Thinning Zhang-Suen Application Method in the Image of Balinese Scripts on the Papyrus*" membahas penggunaan metode penipisan Zhang-Suen untuk meningkatkan kualitas gambar naskah Bali kuno yang ditulis pada papyrus. Metode penipisan Zhang-Suen terbukti efektif dalam mempertahankan bentuk asli tulisan sambil menipiskan garis-garisnya, dengan keberhasilan 87,04%, yang menunjukkan potensi metode ini dalam tahap segmentasi citra aksara Bali.

Penelitian Ega dkk. [3] berjudul "Rancang Bangun Aplikasi *Mobile* Pengenalan Huruf Jawa (Aksara Jawa) Berbasis Android" membahas pengembangan aplikasi pembelajaran aksara Jawa berbasis Android. Pengembangan aplikasi mengikuti model *Waterfall*. Pengujian menggunakan *Black*

Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fungsi aplikasi beroperasi sesuai rencana.

Penelitian Putra dkk. [4] berjudul "Implementasi Metode *Convolutional Neural Network* Pada Pengenalan Aksara Bali Berbasis *Game* Edukasi" membahas penerapan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam pengenalan aksara Bali melalui aplikasi web berbasis *game* edukasi. Aplikasi ini menerima input karakter tulisan aksara Bali yang diproses melalui tahap *preprocessing*, diikuti pelatihan klasifikasi menggunakan CNN dan *Backpropagation*. Pengujian menggunakan *Black Box Testing*, *accuracy testing*, dan *User Acceptance Test* (UAT) menunjukkan hasil positif, semua fitur berfungsi dengan baik, akurasi mencapai 81,3% dari 460 percobaan, dan responden memberikan tanggapan positif pada UAT.

Penelitian Nanda dkk. [5] berjudul "Implementasi *Cloud Computing* Untuk Media Pembelajaran Interaktif Bahasa Inggris Berbasis Android" membahas rancangan dan implementasi media pembelajaran interaktif bahasa Inggris berbasis Android menggunakan teknologi *cloud computing*. Pengujian sistem menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan tingkat kelayakan aplikasi sebesar 94% dari 50 pengguna. Selain itu, pengujian kepuasan menunjukkan bahwa 85% dari 50 responden merasa puas dengan aplikasi ini.

2.2 Tinjauan Pustaka

a. Hanacaraka Bali

Hanacaraka Bali adalah sistem aksara yang masih digunakan dalam bahasa Bali dan berkaitan erat dengan Agama Hindu, sering digunakan dalam sarana upacara yadnya. Aksara ini merupakan turunan dari aksara Brahmi India melalui aksara Kawi. Meskipun mirip dengan Hanacaraka Jawa, aksara Bali memiliki perbedaan bentuk dan jumlah. Hanacaraka Bali, yang terdiri dari 18 huruf, digunakan untuk berbagai keperluan sehari-hari, seperti catatan, kesusastraan, dan surat-menyurat [6]. Karena kemudahan dan frekuensi penggunaannya, Hanacaraka menjadi aksara pertama yang dipelajari saat mempelajari aksara Bali.

b. Aplikasi Android

Aplikasi android merupakan *software* yang dirancang untuk berjalan pada sistem operasi android. Aplikasi android memiliki tujuan dan fungsi yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna seperti ditujukan untuk produktivitas, komunikasi, hiburan dan pendidikan. Format *file extension* pada aplikasi android adalah .apk dan tidak dapat diinstal pada sistem operasi lainnya. Android memungkinkan pengembangan aplikasi yang dapat berjalan di berbagai perangkat seperti *smartphone*, *smartwatch*, *tablet*, dan lainnya dengan satu basis pengembangan [7].

c. *Convolutional Neural Network* (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jenis arsitektur jaringan syaraf tiruan yang secara khusus dirancang untuk mengatasi tugas-tugas pengolahan citra dan visual. CNN pertama kali diperkenalkan untuk pengenalan pola pada citra oleh Yann LeCun pada tahun 1989 dan telah menjadi salah satu komponen kunci dalam kemajuan pesat bidang kecerdasan buatan, khususnya dalam pengolahan gambar dan pengenalan objek [8]. Arsitektur CNN terdiri dari lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, dan lapisan *fully connected*.

d. VGG-16

VGG-16 adalah salah satu arsitektur Jaringan Saraf Konvolusional (CNN) yang mendalam yang dikembangkan oleh Karen Simonyan dan Andrew Zisserman dari Universitas Oxford pada tahun 2014 [9]. Arsitektur ini pertama kali diterapkan untuk mengatasi tantangan pengenalan gambar dalam kompetisi ImageNet. Meskipun memiliki 138 juta parameter, keunggulan utama dari arsitektur VGG-16 adalah kesederhanaannya, yang berasal dari penggunaan filter konvolusional berulang 3x3 di seluruh jaringan.

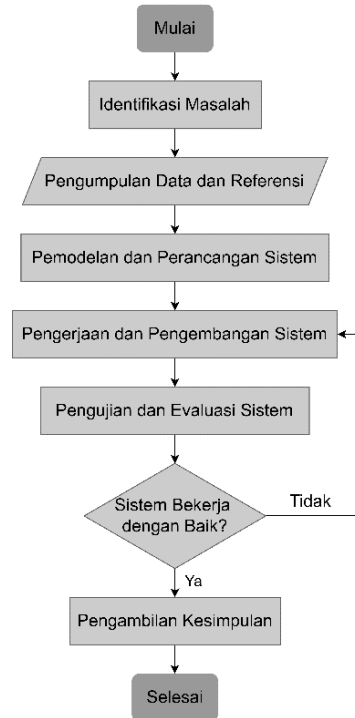
e. *Cloud Computing*

Cloud computing adalah paradigma teknologi di mana layanan komputasi, seperti perangkat keras, perangkat lunak, dan penyimpanan data, disediakan melalui internet. *Cloud computing* memungkinkan akses yang lebih mudah dan fleksibel terhadap sumber daya komputasi melalui internet, dengan jenis layanan seperti SaaS, PaaS, dan IaaS, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pendidikan [5].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan dengan langkah-langkah seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan tahapan penelitian pada gambar 1 adalah sebagai berikut.

a. Identifikasi Masalah

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan akan metode pembelajaran aksara Hanacaraka Bali yang lebih efektif.

b. Pengumpulan Data dan Referensi

Data dan referensi dikumpulkan, termasuk dataset citra Hanacaraka Bali dan literatur yang relevan untuk mendukung pengembangan aplikasi menggunakan metode CNN dan *cloud computing*.

c. Pemodelan atau Perancangan Sistem

Tahap ini melibatkan perancangan arsitektur aplikasi, desain UI, dan model CNN yang digunakan untuk memproses dan mengenali aksara.

d. Pengerjaan dan Pengembangan Sistem

Pengembangan aplikasi dilakukan dengan melakukan *preprocessing* pada

gambar dataset, mengembangkan model CNN sesuai perancangan, mengimplementasikan desain yang telah dibuat menggunakan Android Studio dan integrasi dengan Google Cloud Platform dan Firebase.

e. Pengujian dan Evaluasi Sistem

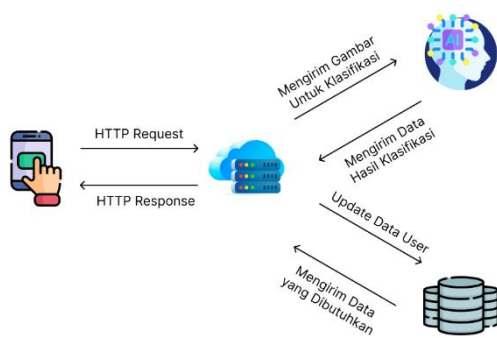
Sistem diuji menggunakan metode *Black Box* dan *System Usability Scale (SUS)* untuk memastikan fungsionalitas dan kepuasan pengguna, *Confusion Matrix* untuk evaluasi model CNN dan pengujian fungsionalitas API menggunakan Postman.

f. Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan hasil pengujian, menentukan apakah aplikasi telah memenuhi tujuan dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.

3.2 Gambaran Umum Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri dari aplikasi *mobile* yang terhubung dengan *server* melalui API. Model CNN digunakan untuk klasifikasi gambar aksara Bali yang di-upload oleh pengguna. Hasil klasifikasi dan data lainnya disimpan dalam *database* Firebase, yang juga mengelola autentikasi pengguna. Gambaran umum sistem dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Gambaran Umum Sistem

3.3 Perancangan Sistem

a. Preprocessing

Preprocessing melibatkan serangkaian langkah-langkah yang dirancang untuk mentransformasi citra asli menjadi format yang lebih mudah dikelola dan efisien untuk ekstraksi fitur. Pada penelitian ini, *preprocessing* yang digunakan antara lain *cropping*, *resize* dan *augmentasi*.

Alur *preprocessing* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Alur Preprocessing

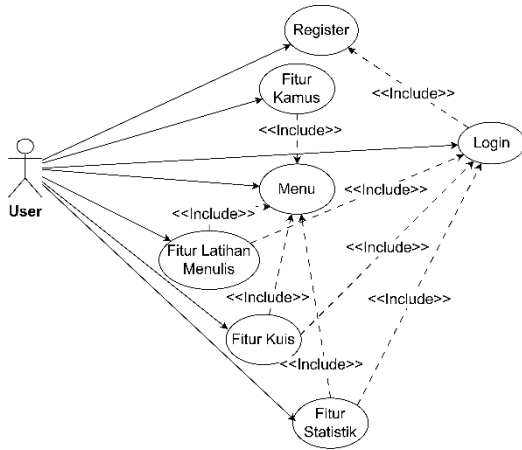
b. Perancangan Model CNN

Model CNN dibagi menjadi enam model berbeda yang masing-masing memiliki 18 kelas yaitu meliputi model Hanacaraka tanpa *pengangge* suara, model Hanacaraka dengan *pengangge* suara ulu, model Hanacaraka dengan *pengangge* suara suku, model Hanacaraka dengan *pengangge* suara taleng, model Hanacaraka dengan *pengangge* suara taleng tedong, dan model Hanacaraka dengan *pengangge* suara pepet.

Metode *transfer learning* digunakan pada penelitian ini untuk meningkatkan akurasi dengan terbatasnya data yang dimiliki. *Pretrained layer* yang digunakan adalah VGG-16 itu sendiri yang diambil dari pustaka keras dan sudah dilatih menggunakan dataset ImageNet. Dalam membangun model VGG-16, dataset yang digunakan adalah gambar *3-channel*.

c. Use Case Diagram

Pada penelitian ini hanya melibatkan satu aktor yaitu *user* yang mampu mengakses halaman *login*, *register*, menu, fitur latihan menulis, fitur kuis, fitur statistik, fitur kamus. Beberapa fitur seperti fitur latihan menulis, fitur kuis, dan fitur statistik memerlukan *login* untuk menggunakannya. *Login* harus melalui *register* terlebih dahulu untuk proses pembuatan akun. *Use case diagram* secara lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar 4.



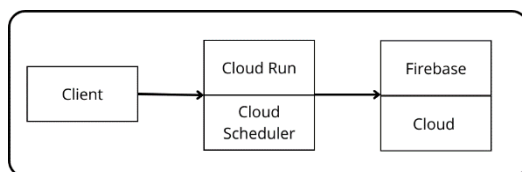
Gambar 4. Use Case Diagram

d. Perancangan Aplikasi *Mobile*

Aplikasi mobile pembelajaran Hanacaraka Bali dibangun menggunakan *software* Android Studio. Desain *wireframe* yang telah dirancang kemudian diimplementasikan dan dikembangkan seperti menambahkan warna, bentuk dan gambar. Selanjutnya logika aplikasi dibuat dengan bahasa pemrograman Kotlin. *Emulator* Android pada *software* Android Studio digunakan untuk melihat apakah aplikasi dapat berjalan sesuai harapan. Aplikasi akan dicoba di perangkat android aslinya untuk dilakukan pengujian dan pemakaian oleh pengguna setelah pengembangan selesai.

e. Infrastruktur *Cloud*

Jasa penyedia *cloud* yang digunakan yaitu Google Cloud Platform dan Firebase. Pada Google Cloud Platform layanan yang digunakan yaitu Cloud Run dan Cloud Scheduler untuk *mendeploy* API. Pada Google Cloud Platform juga menggunakan Google Cloud Scheduler untuk mengatur *update database* setiap harinya. Pada Firebase menggunakan tiga layanan yaitu Firebase Authentication, Firebase Realtime Database, dan Cloud Storage. Infrastruktur *cloud* yang digunakan ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Infrastruktur *Cloud*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Training CNN

Pada penelitian ini menggunakan 6 model CN berbeda yang dibagi berdasarkan *pengangge* suara Hanacaraka Bali dengan masing-masing tiap model merupakan model *multiclass* dengan 18 buah kelas. Masing-masing model menggunakan *hyperparameter training* yang sama yaitu *optimizer* 'adam', fungsi *loss* 'categorical_crossentropy', metrik evaluasi 'accuracy', dan jumlah *epoch* sebanyak 50 yang digunakan dalam melatih model CNN. Berikut merupakan hasil *training* dari masing-masing model CNN yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil *Training* Keenam Model CNN

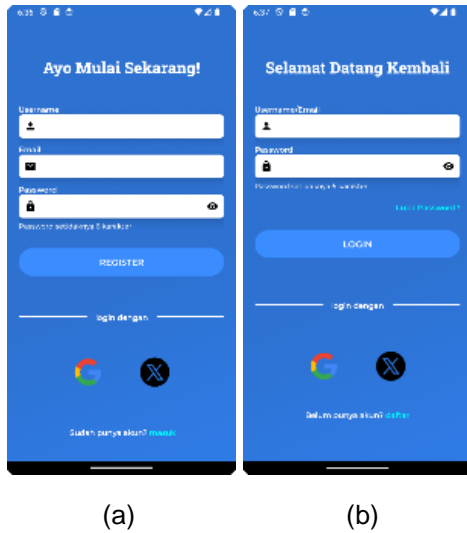
Model	Training Accuracy	Training Loss	Validation Accuracy	Validation Loss
Tanpa Pengangge	98.82%	0.0128	97.5%	0.1097
Pengangge Ulu	99.66%	0.0274	98.12%	0.0526
Pengangge Suku	100%	0.0042	100%	0.0131
Pengangge Taleng	98.68%	0.0684	96.39%	0.0856
Pengangge Taleng Tedong	97.99%	0.1068	97.33%	0.1102
Pengangge Pepet	99.58%	0.0400	99.38%	0.0313

Berdasarkan tabel 1, masing-masing model mendapatkan *training accuracy* sebesar 97-100%, *training loss* sebesar 0.1-0.01, *validation accuracy* sebesar 97-100% dan *validation loss* sebesar 0.1-0.01. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengenali pola dari data pelatihan dan mampu melakukan generalisasi pada data validasi dengan kesalahan yang sangat rendah. Dapat disimpulkan bahwa model yang dibuat memiliki kinerja yang sangat baik dengan *loss* yang rendah dan akurasi yang tinggi pada data training maupun data validasi.

4.2 Implementasi Antarmuka Aplikasi

a. Halaman *Register* dan *Login*

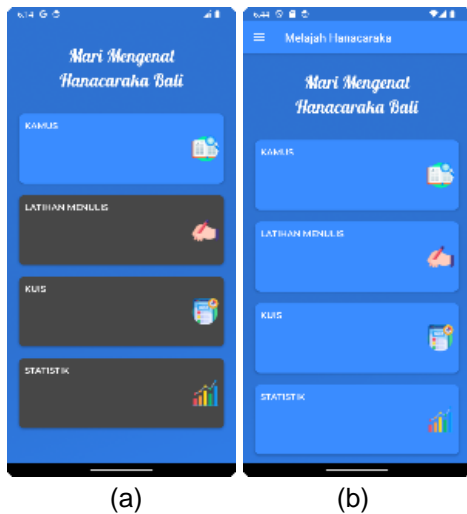
Halaman *register* merupakan halaman yang digunakan *user* dalam pembuatan akun, sedangkan halaman *login* merupakan halaman untuk *user* melakukan *login* aplikasi. Tampilan halaman *register* ditunjukkan pada gambar 6(a) dan halaman *login* ditunjukkan pada gambar 6(b).



Gambar 6. (a) Halaman Register (b) Halaman Login

b. Halaman Menu

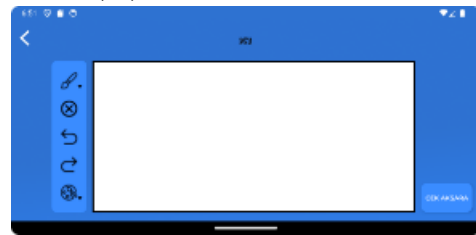
Halaman menu merupakan halaman untuk memilih fitur-fitur dalam aplikasi ini. Tampilan akan sedikit berbeda jika user masuk aplikasi dalam keadaan *offline* dan *online*. Fitur yang hanya dapat diakses pada user masuk aplikasi dalam keadaan *offline* adalah fitur kamus. Halaman menu saat keadaan *online* menampilkan seluruh akses fitur. Tampilan halaman menu saat *offline* ditunjukkan pada gambar 7(a) dan tampilan halaman menu saat *online* ditunjukkan pada gambar 7(b).



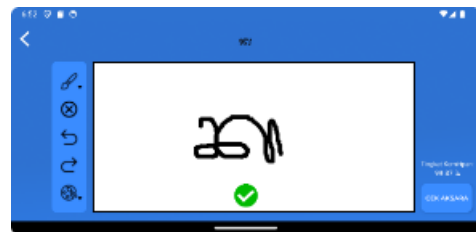
Gambar 7. (a) Halaman Menu saat Offline (b) Halaman Menu saat Online

c. Halaman Fitur Latihan Menulis

Fitur Latihan menulis menampilkan daftar hanacaraka Bali untuk dipilih dan selanjutnya menampilkan tampilan fitur latihan menulis. Jika hasil prediksi benar maka memunculkan *icon* benar, suara Hanacaraka dan tingkat kemiripan huruf. Jika hasil prediksi salah, maka aplikasi menampilkan *icon* salah. Jika dilakukan kesalahan sebanyak kelipatan 3 kali, maka memunculkan *popup* animasi penulisan Hanacaraka. Tampilan fitur latihan menulis, tampilan hasil prediksi benar, tampilan hasil prediksi salah dan tampilan *popup* animasi penulisan Hanacaraka ditunjukkan pada gambar 8, 9, 10 dan 11.



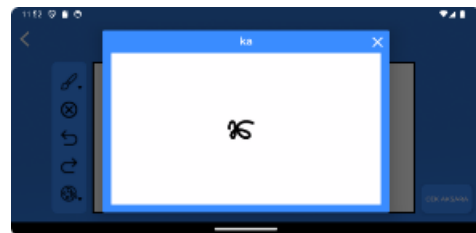
Gambar 8. Fitur Latihan Menulis



Gambar 9. Hasil Prediksi Benar



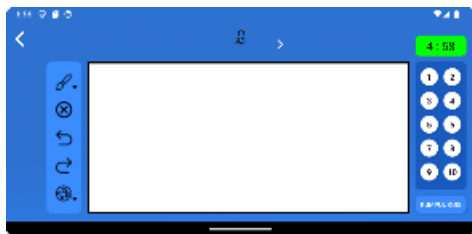
Gambar 10. Hasil Prediksi Salah



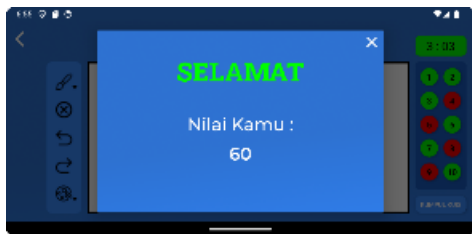
Gambar 11. Popup Animasi Penulisan Hanacaraka

d. Halaman Fitur Kuis

Fitur kuis merupakan fitur untuk menguji kemampuan *user* menulis Hanacaraka Bali. Tampilan antarmuka fitur kuis yang hampir sama dengan tampilan pada fitur latihan menulis. Setelah seluruh tulisan huruf Hanacaraka berhasil diprediksi maka akan menampilkan *popup window* dengan nilai dari *user*. Tampilan fitur kuis ditunjukkan pada gambar 12, dan tampilan popup hasil kuis ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 12. Halaman Fitur Kuis



Gambar 13. *Popup* Hasil Kuis

e. Halaman Fitur Statistik

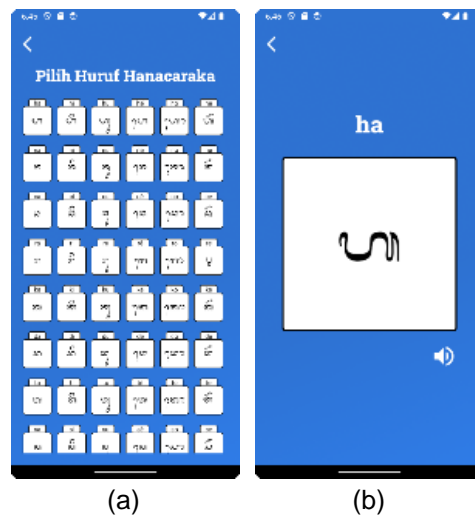
Halaman fitur statistik menampilkan sebuah grafik perkembangan pengguna yang merupakan grafik banyaknya huruf benar saat *user* latihan menulis pada fitur latihan menulis di hari tersebut. Terdapat informasi mengenai kuis tertinggi, dan banyaknya huruf benar pada *pengangge* tertentu selama 7 hari terakhir yang berada di bawah grafik. Tampilan halaman fitur statistik ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Halaman Fitur Statistik

f. Halaman Fitur Kamus

Halaman fitur kamus merupakan fitur untuk mengetahui bentuk Hanacaraka Bali beserta terjemahan huruf dalam tulisan latin. Halaman kamus Hanacaraka Bali menampilkan daftar seluruh Hanacaraka Bali beserta kombinasinya yang tersedia pada aplikasi ini yang berjumlah 108 buah. Aplikasi selanjutnya menampilkan tampilan yang lebih jelas beserta terjemahan huruf Hanacaraka Bali dan juga *icon sound* yang jika di klik mengeluarkan suara Hanacaraka Bali. Tampilan pilihan huruf Hanacaraka ditunjukkan pada gambar 15(a), dan tampilan halaman fitur kamus ditunjukkan pada gambar 15(b).



Gambar 15. (a) Pilihan Huruf Hanacaraka
(b) Halaman Fitur Kamus

4.3 Integrasi *Cloud Computing*

Integrasi *cloud computing* dilakukan menggunakan 2 *platform* yaitu Firebase dan Google Cloud Platform.

a. Firebase Authentication

Firebase Authentication digunakan untuk mengelola proses autentikasi pengguna. Dalam aplikasi ini menggunakan tiga metode autentikasi yaitu email/kata sandi, Google, dan Twitter.

b. Firebase Realtime Database

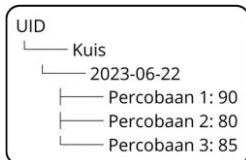
Firebase Realtime Database digunakan dalam pengelolaan data untuk aplikasi yang mencakup hasil prediksi gambar dan latihan karakter Hanacaraka. Berikut merupakan struktur *database* yang digunakan pada aplikasi ini.

1. Struktur UID

Pada tingkat teratas, *database* disusun berdasarkan UID (*user ID*) dari masing-masing pengguna.

2. Node Kuis

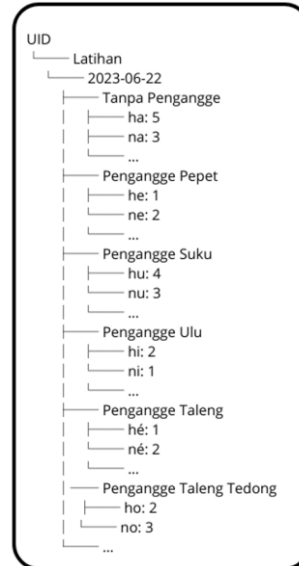
Data kuis disimpan dalam *node* Kuis, yang diorganisir berdasarkan tanggal dan waktu. Contoh struktur dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Node Kuis

3. Node Latihan

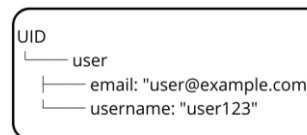
Node latihan menyimpan data latihan pengguna, yang diorganisir berdasarkan tanggal dan waktu. Di dalam *node* ini, data latihan dipecah lagi berdasarkan jenis *pengangge*. Setiap jenis *pengangge* mencatat jumlah karakter yang benar dari latihan tersebut. Contoh struktur dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Node Latihan

4. Node User

Node user menyimpan informasi dasar pengguna, seperti *email* dan *username*. Contoh struktur dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Node User

c. Firebase Storage

Firebase Storage digunakan untuk menyimpan beberapa jenis file yaitu model CNN, animasi, hasil dan tulisan *user*. Model CNN digunakan untuk mengenali karakter Hanacaraka dari gambar yang diunggah pengguna. Firebase Storage juga digunakan untuk menyimpan file animasi penulisan Hanacaraka. Kegunaan lainnya adalah menyimpan gambar hasil tulisan pengguna kemudian dikirimkan ke *cloud* untuk diproses lebih lanjut.

d. Google Cloud Run

Cloud Run digunakan sebagai *server* yang menangani *request* dari *user* dengan spesifikasi yang terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Cloud Run

Aspek	Detail
REGION	asia-southeast1
URL	https://flask-Prediction-app-k3u6xopzkq-as.a.run.app
Container	flask-Prediction-app-1
Image	gcr.io/capstone-423306/flask-Prediction-app
Port	8080
Memory	4Gi
CPU	1000m
Startup Probe	TCP every 240s
Startup Probe Port	8080
Initial Delay	0s
Timeout	240s
Failure Threshold	1
Probe Type	Default
Concurrency	80
Max Instances	5
Request Timeout	300s

Aplikasi ini di-host di Asia Tenggara dengan URL <https://flask-Prediction-app-k3u6xopzkq-as.a.run.app>, berjalan pada container bernama "flask-Prediction-app-1" dengan image "gcr.io/capstone-423306/flask-Prediction-app". Aplikasi beroperasi pada port 8080 dengan memori 4Gi dan CPU 1000m. Startup probe menggunakan metode TCP dijalankan setiap 240 detik, dengan batas satu kali kegagalan. Sistem dapat menangani 80 permintaan secara bersamaan dan menjalankan maksimal 5 instans. Setiap permintaan dibatasi waktu respons selama 300 detik.

Aplikasi memiliki endpoint /Predict untuk memprediksi karakter Hanacaraka yang ditulis oleh pengguna. JSON request berisi userID, penganggeSuara, hanacarakaLabel, dan imageFilename. Berdasarkan nilai penganggeSuara, sistem memilih model dan memproses gambar dari Firebase Storage untuk prediksi. Jika label dan probabilitas prediksi cocok dan melebihi 60%, hasil dianggap benar.

Selanjutnya, endpoint /Predict-kuis yang digunakan pada fitur kuis untuk memprediksi karakter Hanacaraka yang ditulis oleh pengguna. Data yang diterima dalam request JSON mencakup userID, daftar penganggeSuara, daftar hanacarakaLabel, dan daftar imageFilename. Untuk setiap gambar berdasarkan nilai penganggeSuara, sistem memilih model yang sesuai dari model yang

ada pada Firebase Storage. Hasil prediksi berupa label yang diprediksi dan probabilitas kesesuaian. Jika label yang diprediksi cocok dengan label yang diharapkan dan probabilitasnya melebihi 60%, maka hasil prediksi dianggap benar. Jika tidak, maka hasil prediksi dianggap salah. Setelah itu, nilai kuis dihitung berdasarkan jumlah prediksi yang benar. Hasil prediksi dikembalikan dalam format JSON, dan database di update dengan nilai kuis tersebut.

Untuk pembaruan database harian, digunakan endpoint /Update-Daily-Database. Proses pada endpoint ini dimulai dengan inialisasi data latihan dan kuis. Sistem mengambil snapshot dari Firebase Realtime Database dan untuk setiap pengguna diatur pada data latihan dan kuis dengan nilai awal.

e. Google Cloud Scheduler

Cloud Scheduler digunakan untuk memperbarui data latihan atau kuis pengguna setiap hari. Target dari Cloud Scheduler adalah endpoint HTTP yang menangani logika pembaruan data. Endpoint ini dapat berupa URL dari layanan yang di-host di Google Cloud Run atau App Engine. Dalam kasus ini, URL endpoint adalah <https://flask-Prediction-app-k3u6xopzkq-as.a.run.app>. Untuk menjalankan tugas setiap hari pada tengah malam menggunakan format cron yaitu `0 0 * * *`.

4.4 Evaluasi Model CNN

Evaluasi model CNN dilakukan dengan menggunakan confusion matrix untuk menampilkan jumlah prediksi benar dan salah setiap kelas. Pada confusion matrix dapat dihitung masing-masing metrics menggunakan rumus untuk mendapatkan metrics accuracy, precision, recall dan f1-score sehingga memberikan gambaran tentang performa model. Evaluasi model CNN menggunakan data test sebanyak 180 buah gambar dengan masing-masing 10 gambar per kelasnya di setiap model. Berikut merupakan hasil evaluasi model menggunakan confusion matrix.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Model CNN

Model	Rata-Rata Accuracy	Rata-Rata Precision	Rata-Rata Recall	Rata-Rata F1-Score
Tanpa Pengangge	1.0	1.0	1.0	1.0
Pengangge Ulu	0.999	0.990	0.989	0.989
Pengangge Suku	0.996	0.966	0.961	0.963
Pengangge Taleng	0.994	0.957	0.950	0.953
Pengangge Taleng Tedong	0.991	0.938	0.918	0.928
Pengangge Pepet	0.998	0.976	0.983	0.980

Berdasarkan tabel 3, seluruh model CNN mendapat rata-rata *accuracy* sebesar 0.99-1.0, rata-rata *precision* sebesar 0.93-1.0, rata-rata *recall* sebesar 0.91-1.0 dan rata-rata *f1-score* sebesar 0.92-1.0.

4.5 Pengujian Langsung Gambar Hanacaraka

Pengujian gambar secara langsung dilakukan dengan menguji gambar pada model yang dibuat kemudian dilakukan prediksi sehingga mendapatkan nilai dari *array* probabilitas model. Setelah model melakukan prediksi, selanjutnya diambil probabilitas tertinggi dari *array*. Kemudian, persentase kemiripan dihitung dengan mengalikan probabilitas tertinggi *array* dengan 100. Berikut merupakan hasil pengujian beberapa gambar pada model untuk mencari 5 nilai tertinggi dari *array* probabilitas model ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Prediksi Lima Tingkat Kemiripan Tertinggi

No	Gambar	Hasil prediksi
1.		<ul style="list-style-type: none"> Kelas sa : 96.12% Kelas ca : 3.31% Kelas la : 0.19% Kelas ra : 0.19% Kelas ha : 0.06%
2.		<ul style="list-style-type: none"> Kelas ca : 100.00% Kelas ra : 0.00% Kelas wa : 0.00% Kelas da : 0.00% Kelas na : 0.00%
3.		<ul style="list-style-type: none"> Kelas nga : 96.31% Kelas ra : 3.61% Kelas la : 0.04% Kelas ca : 0.02% Kelas ja : 0.01%
4.		<ul style="list-style-type: none"> Kelas nya : 96.87% Kelas da : 3.99% Kelas la : 0.02% Kelas nga : 0.02% Kelas na : 0.00%

4.6 Pengujian Black Box

Pengujian fungsional aplikasi pembelajaran Hanacaraka Bali dilakukan menggunakan metode pengujian *Black Box*. Pengujian *Black Box* merupakan teknik pengujian fungsional dengan mendesain berdasarkan dengan informasi dari spesifikasi [10]. Skenario uji dibuat lalu diujikan pada aplikasi untuk melihat hasil yang terjadi apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Setelah itu dapat diambil kesimpulan dari pengujian tersebut. Hasil pengujian *Black Box* ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Black Box

No.	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Status
1.	Membuka aplikasi saat <i>online</i> .	Menampilkan halaman <i>register</i> .	Valid, seperti gambar 6(a).
2.	Mengklik tulisan "masuk" pada halaman <i>register</i> .	Menampilkan halaman <i>login</i> .	Valid, seperti gambar 6(b).
3.	Membuka aplikasi saat <i>offline</i> .	Menampilkan halaman menu saat <i>offline</i> .	Valid, seperti gambar 7(a).
4.	Berhasil melakukan <i>login</i> pada halaman <i>login</i> .	Menampilkan halaman menu saat <i>online</i> .	Valid, seperti gambar 7(b).
5.	Mengakses fitur latihan menulis pada halaman menu dan Memilih salah satu hanacaraka pada daftar pilihan hanacaraka.	Menampilkan tampilan fitur latihan menulis.	Valid, seperti gambar 8.
6.	Melakukan pengecekan aksara dan mendapat hasil prediksi benar.	Menampilkan <i>icon</i> status benar, tingkat kemiripan dan suara hanacaraka.	Valid, seperti gambar 9.
7.	Melakukan pengecekan aksara dan mendapat hasil prediksi salah.	Menampilkan <i>icon</i> status salah.	Valid, seperti gambar 10.
8.	Mendapatkan kesalahan berulang sebanyak kelipatan 3 kali.	Menampilkan animasi penulisan hanacaraka Bali sesuai huruf yang dipilih.	Valid, seperti gambar 11.
9.	Mengakses fitur kuis pada halaman menu.	Menampilkan halaman fitur kuis.	Valid, seperti gambar 12.
10.	Melakukan pengumpulan kuis.	Menampilkan <i>popup</i> hasil kuis.	Valid, seperti gambar 13.
11.	Mengakses fitur statistik pada halaman menu.	Menampilkan halaman fitur statistik.	Valid, seperti gambar 14.
12.	Mengakses fitur kamus pada halaman menu.	Menampilkan daftar pilihan hanacaraka.	Valid, seperti gambar 15(a).
13.	Memilih salah satu huruf pada daftar pilihan hanacaraka.	Menampilkan halaman fitur kamus.	Valid, seperti gambar 15(b).

4.7 Pengujian System Usability Scale (SUS)

Pengujian *System Usability Scale* (SUS) dilakukan untuk mendapatkan penilaian dari *user* terkait sistem yang dikembangkan. Hingga saat ini, SUS banyak digunakan untuk mengukur *usability* dan menunjukkan beberapa keunggulan [11]. Jawaban terhadap setiap pernyataan dalam

bentuk skala Likert dengan lima opsi yaitu sangat setuju, setuju, netral, tidak setuju dan sangat tidak setuju. Pernyataan ketergunaan aplikasi untuk responden atau pengujian sistem ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Pernyataan Ketergunaan Aplikasi

No.	Pernyataan
1.	Saya merasa akan sering menggunakan aplikasi ini.
2.	Saya merasa aplikasi ini sulit untuk digunakan.
3.	Saya merasa aplikasi ini mudah untuk digunakan.
4.	Saya membutuhkan bantuan seseorang untuk menggunakan aplikasi ini.
5.	Saya merasa aplikasi ini bekerja dengan baik.
6.	Saya merasa bingung menggunakan aplikasi ini.
7.	Saya dapat belajar menggunakan aplikasi ini dengan cepat.
8.	Saya merasa kesal saat menggunakan aplikasi ini.
9.	Saya merasa nyaman menggunakan aplikasi ini.
10.	Saya harus belajar banyak sebelum bisa menggunakan aplikasi ini.

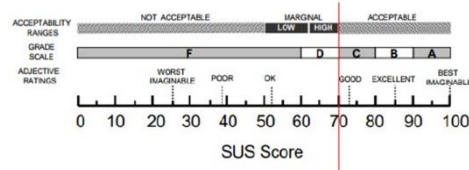
Pengujian melibatkan 12 siswa SD kelas 3 hingga 6 dan 1 guru SD mata pelajaran Bahasa Bali. Hasil pengujian dihitung dengan mengurangi 1 pada pernyataan ganjil, dan mengurangi nilai responden dari 5 pada pernyataan genap. Seluruh nilai kemudian dijumlahkan dan dikalikan 2,5 untuk mendapatkan skor akhir SUS tiap responden. Hasil akhir ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Akhir Sus Tiap Responden

Responden	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10	Jumlah	Nilai (x2.5)
Responden 1	2	3	3	3	3	3	3	4	3	2	29	72,5
Responden 2	4	3	4	1	4	4	4	3	3	2	32	80
Responden 3	3	2	2	2	4	3	3	3	4	3	29	72,5
Responden 4	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	28	70
Responden 5	3	2	4	1	4	2	4	4	3	2	29	72,5
Responden 6	4	4	4	1	4	3	3	4	4	2	33	82,5
Responden 7	4	3	3	1	4	3	3	4	4	0	29	72,5
Responden 8	2	2	2	2	3	2	4	2	3	2	24	60
Responden 9	3	2	2	3	3	2	2	3	2	0	22	55
Responden 10	3	3	4	0	3	2	4	3	4	0	26	65
Responden 11	3	2	2	3	3	2	2	3	3	3	26	65
Responden 12	2	3	3	2	3	3	3	2	4	2	27	67,5
Responden 13	3	3	4	2	4	4	3	4	4	2	33	82,5
TOTAL												917,5

Hasil akhir SUS untuk aplikasi ini dihitung dengan menggunakan nilai rata-rata dari seluruh nilai akhir SUS tiap

respondennya dan mendapatkan nilai 70,57. Nilai tersebut diinterpretasikan dengan bagan penilaian SUS [12]. Berikut merupakan interpretasi nilai SUS pada gambar 19.



Gambar 19. Interpretasi Penilaian SUS [12]

Berdasarkan gambar 19, nilai SUS diwakili oleh garis merah yang berarti aplikasi pembelajaran Hanacaraka Bali mendapatkan hasil *acceptable* pada *acceptability ranges*, nilai C pada *grade scale* dan nilai ok pada *adjective ratings*. Ini menandakan bahwa aplikasi pembelajaran Hanacaraka Bali memiliki kegunaan yang cukup baik, meskipun masih ada aspek yang bisa ditingkatkan untuk mencapai hasil yang lebih tinggi.

4.8 Pengujian Fungsionalitas API

Pengujian fungsionalitas API ini dilakukan untuk memastikan performa, keakuratan, dan kehandalan dari tiga endpoint utama dalam aplikasi. Pengujian ketiga *endpoint* dilakukan menggunakan metode POST untuk mengirim data ke *endpoint*. Ketiga *endpoint* mendapat *status code* tanggapan 200 OK menandakan bahwa permintaan berhasil diproses. *Endpoint /Predict* mendapat total waktu 5,02 detik dan *endpoint /Predict-Kuis* mendapat total waktu 28,40 detik untuk pengujian kinerja. Hasil pengujian *endpoint* menggunakan Postman ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Endpoint*

Url	Metode	Status Code	Total Waktu
/Predict	POST	200 OK	5.02 s
/Predict-kuis	POST	200 OK	28.40 s
/Update-Daily-Database	POST	200 OK	-

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan aplikasi mobile pembelajaran Hanacaraka Bali berhasil dikembangkan. Pengujian *Black Box*

menunjukkan aplikasi berfungsi sesuai harapan, dan pengujian *System Usability Scale* (SUS) memberikan nilai 70,57 yang dimana mendapatkan hasil *acceptable* pada *acceptability ranges*, nilai C pada *grade scale* dan nilai ok pada *adjective ratings*. Ini menunjukkan aplikasi diterima dengan kegunaan yang cukup baik.

2. Evaluasi menunjukkan model CNN memiliki akurasi yang baik dengan *metrics* seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score*, serta mampu mengklasifikasikan gambar dengan benar di atas *threshold* 60%.
3. Model CNN mencapai akurasi 96,11% hingga 100% dan *f1-score* 0,94 hingga 1, menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam mengenali dan mendeteksi tulisan tangan aksara Hanacaraka.
4. Implementasi aplikasi pembelajaran Hanacaraka Bali berbasis *cloud computing* menggunakan Firebase serta Google Cloud Platform menunjukkan performa dan keandalan yang tinggi pada *endpoint /Predict*, */Predict-kuis*, dan */Update-Daily-Database*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra, R. S. 2017. Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Aplikasi Android terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, Vol. 11, No 2, Hal 6-9.
- [2] Sudarma, S. 2014. "The Thinning Zhang-Suen Application Method in the Image of Balinese Scripts on the Papyrus". *International Journal of Computer Applications*, Vol. 91, No. 1, Hal. 9-13.
- [3] Ega, F. R. 2020. Rancang Bangun Aplikasi *Mobile* Pengenalan Huruf Jawa (Aksara Jawa) Berbasis Android. *Jurnal Computer Science and Information Technology*, Vol. 1, No 2, Hal. 93-100.
- [4] Putra, D. M. 2023. Implementasi Metode *Convolutional Neural Network* Pada Pengenalan Aksara Bali Berbasis *Game* Edukasi. *SINTECH Journal*, Vol. 6, No. 1, Hal. 1-15.
- [5] Nanda, A. H. 2023. Implementasi *Cloud Computing* Untuk Media Pembelajaran Interaktif Bahasa Inggris Berbasis Android. *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, Vol. 3, No. 2, Hal. 44-49.
- [6] SARTINI, I. D. 2012. Pengembangan Text to Digital Image Converter Untuk Dokumen Aksara Bali. *KARMAPATI (Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika)*, Vol. 1, No. 4, Hal. 784-796.
- [7] Dewi, N. K. 2018. Rancang Bangun Aplikasi Mobile Siska Berbasis Android. *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*, Vol 1, No 2, Hal. 100-107.
- [8] Bhatt, D., Patel, C., Talsania, H., Patel, J., Vaghela, R., Pandya, S., Modi, K., & Ghayvat, H. 2021. "CNN Variants for Computer Vision: History, Architecture, Application, Challenges and Future Scope." *Electronics*, Vol. 10, No. 20, Hal. 1-28.
- [9] Tammina, S. 2019. "Transfer Learning Using VGG-16 with Deep Convolutional Neural Network for Classifying Images." *International Journal of Scientific and Research Publications*, Vol. 9, No. 10, Hal. 143-150.
- [10] Nidhra, S. &. 2012. Black Box and white box testing techniques-a literature review. *International Journal of Embedded Systems and Applications (IJESA)*, Vol. 2, No. 2, Hal. 29-50.
- [11] HN, I. A. 2015. Pengujian usability website menggunakan System Usability Scale. *JURNAL IPTEKKOM (Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Informasi)*, Vol. 17, No. 1, Hal. 31-38.
- [12] Handayani, F. S., & Adelin. 2019. "Interpretasi Pengujian Usabilitas Wibatara Menggunakan System Usability Scale." *Techno.COM*, Vol. 18, No. 4, Hal. 340-347.