

Penerapan Metode Naive Bayes dalam Sistem Monitoring Akuaponik

Made Rahayu Setyaningrum^{a1}, I Komang Ari Mogi^{a2}, Agus Muliantara^{a3},
Ida Ayu Gde Suwiprabayanti Putra^{a4}

^aProgram Studi Informatika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

¹made.rahayu21@gmail.com

²arimogi@unud.ac.id

³muliantara@unud.ac.id

⁴iagsuwiprabayantiputra@unud.ac.id

Abstrak

Akuaponik merupakan gabungan antara budidaya akuakultur dan hidroponik yang menciptakan sistem pertanian yang memanfaatkan ikan dan tanaman secara simbiosis mutualisme. Pentingnya menjaga keseimbangan pH dan ketinggian air dalam akuaponik untuk pertumbuhan yang optimal menjadi fokus utama. Untuk mengatasi tantangan tersebut, sebuah sistem website dirancang untuk memantau parameter seperti suhu, pH, kekeruhan, dan ketinggian air, serta memberikan informasi tentang kondisi lingkungan. Data yang digunakan dikumpulkan melalui node-red dan disimpan dalam PHPMyAdmin. Proses pengolahan data menggunakan algoritma Naive Bayes yang mengklasifikasikan kondisi menjadi normal atau tidak normal, dengan hasil pengujian k-fold cross validation dan confusion matrix menunjukkan akurasi sebesar 92%. Selain itu, pengujian kinerja sistem website dengan black box testing menunjukkan bahwa 7 dari 8 fitur berjalan dengan baik, menunjukkan potensi pengembangan lebih lanjut untuk optimalitas penggunaannya.

Keywords: *Akuaponik, node-red, naive bayes, k-fold cross validation, confusion matrix*

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia dan kemajuan teknologi berdampak pada menyusutnya lahan pertanian. Data BPS Indonesia 2023 menunjukkan peningkatan jumlah penduduk Indonesia menjadi 275 juta jiwa pada 2022, naik 1,13% dari tahun sebelumnya. Perkembangan ini dapat mengancam lahan pertanian, seperti terlihat dari data BPS 2022 tentang penutupan lahan hutan dan non-hutan. Namun, berkat perkembangan zaman, telah muncul teknik pertanian modern, salah satunya adalah teknik akuaponik.

Akuaponik menggabungkan akuakultur dan hidroponik yang menciptakan simbiosis antara ikan dan tanaman. Dalam sistem ini, kotoran ikan menjadi nutrisi bagi tanaman, sementara tanaman memberikan oksigen untuk ikan setelah proses penyaringan. Beberapa parameter penting dalam monitoring sebuah akuaponik yang sekaligus menjadi acuan dalam penelitian ini, yaitu suhu, pH, kekeruhan air, dan ketinggian air. Untuk menjaga keseimbangan parameter-parameter tersebut dalam pertanian akuaponik dapat penggunaan metode Naive Bayes yang dapat memprediksi peluang berdasarkan data input dengan probabilitas dan statistik yang cocok untuk data kategorial dan kontinu dengan kecepatan komputasi tinggi.

Beberapa penelitian terkait sistem monitoring pada akuaponik yang telah dilakukan di antaranya, "Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things" [1], membahas tentang sistem hidroponik yang memanfaatkan komunikasi data melalui Restful Architecture API dan menguji data sensor yang akan dikontrol. Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa waktu optimal untuk mengirimkan satu interval data dari mikrokontroler ke sistem adalah 30 detik. Penelitian selanjutnya berjudul "Implementasi IoT Cerdas Berbasis Inference Fuzzy Tsukamoto Pada Pemantauan Kadar pH dan Ketinggian Air Dalam Akuaponik" [2], membahas informasi tentang penerapan IoT dalam memantau kadar pH dan ketinggian air dalam sistem akuaponik dengan memanfaatkan logika fuzzy untuk mengolah data. Adapun hasil yang didapatkan adalah sensor pH meter memiliki toleransi kesalahan sekitar 6,3% dari pengukuran manual, sedangkan sensor ultrasonik memiliki toleransi kesalahan sekitar 7,8%.

Penelitian dengan judul “Smart Monitoring dan Kontrol Berbasis Arduino Pada Sistem Akuaponik” [3], membahas terkait monitoring dan kontrol dalam budidaya akuaponik yang terhubung dengan Internet of Things (IoT), di mana data mengenai kondisi sistem yang terkait dengan parameter fisik dikumpulkan melalui sensor-sensor yang dipasang dan disampaikan ke server untuk memberikan informasi kondisi secara real-time kepada pengguna. Adapun hasil yang didapatkan adalah akurasi penggunaan algoritma naive bayes sebesar 70%. Penelitian dengan judul “Rancang Bangun Akuaponik Berbasis Internet of Things” [4], membahas sistem akuaponik yang menggunakan Mikrokontroler Node MCU Esp8266 sebagai kontrol utama, Raspberry Pi 3 B sebagai tampilan visual untuk notifikasi, dan dilengkapi dengan sensor pH 4502C, sensor suhu DS18B20, Motor Servo, serta sensor SRF05. Adapun hasil yang didapatkan adalah hasil rancang bangun akuaponik dengan IoT mendekati hasil yang sebenarnya. Penelitian yang berjudul “Efektivitas Sistem Akuaponik dengan Jenis Tanaman yang Berbeda Terhadap Kualitas Air Media Budidaya Ikan” [5], membahas pengaruh dari sistem akuaponik dengan variasi jenis tanaman terhadap kualitas air dalam media budidaya ikan lele sangkuriang. Adapun hasil yang didapatkan adalah nilai suhu, oksigen terlarut, dan pH berturut-turut adalah 25,1-27,0°C, 6,3-7,5 mg/L, 7,0-7,8. Perlakuan A dengan menggunakan kangkung memiliki nilai amonia terendah, yakni sekitar 0,001 mg/L.

Berdasarkan hal tersebut, penulis bermaksud melakukan penelitian yang dapat membantu dalam melakukan klasifikasi keadaan lingkungan berdasarkan kondisi pH, suhu, kekeruhan, dan ketinggian air dalam sistem akuaponik. Namun, pada penelitian ini, penulis lebih berfokus pada penggunaan metode naive bayes untuk klasifikasi kondisi lingkungan dan data yang digunakan adalah data dummy yang diambil dengan menggunakan node-red.

2. Metode Penelitian

2.1. Metode Pengembangan Sistem

Metode yang akan digunakan untuk mengembangkan sistem adalah SDLC (Software Development Life Cycle). Metode ini terdiri dari beberapa tahapan:

a. Tahap analisis kebutuhan sistem

Pada tahap ini, sistem dianalisis dengan melakukan identifikasi masalah, menganalisis kebutuhan sistem baik yang bersifat fungsional maupun non-fungsional, mempertimbangkan efisiensi, serta memperhatikan aspek-aspek lain yang terkait dengan perancangan sistem.

b. Tahap desain

Tahap ini mencakup penyajian konsep awal, perancangan konseptual, perancangan basis data dan sistem, serta perancangan detail input/output Sistem Informasi. Pada tahap ini, fungsi sistem dipaparkan secara detail, termasuk tata letak antarmuka pengguna, aturan bisnis, diagram alur kerja, dan dokumentasi terkait.

c. Tahap konstruksi

Tahap ini melibatkan penulisan kode program menggunakan bahasa pemrograman seperti HTML dan PHP untuk aplikasi berbasis web, pembuatan dan penghubungan database, pembuatan formulir sistem, dan penyusunan petunjuk pengguna.

d. Tahap implementasi sistem

Tahap ini melibatkan pelaksanaan program dan pengujian sistem untuk memastikan hasil yang sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan.

e. Tahap uji coba

Pada tahap ini, sistem diuji dengan menggunakan data aktual untuk memperoleh hasil tes yang akurat. Uji coba dilakukan untuk mengevaluasi konektivitas dan fungsionalitas sistem, serta menilai kelayakan implementasi program.

2.2. Metode Pengumpulan data

Metode pengumpulan data pelatihan akan menggunakan data dari *Kaggle*, sementara data uji akan dihasilkan dari node-red dan disimpan ke dalam basis data sistem. Data dari *Kaggle* yang akan digunakan merupakan dataset yang disediakan oleh Bobby Siswanto pada tahun 2023 dengan judul ‘A Simple Dataset of Aquaponic Fish Pond IoT’ dan dapat diakses melalui tautan berikut: <https://www.kaggle.com/datasets/bobsis/small-aquaculture-fishpond>.

2.3. Naive Bayes

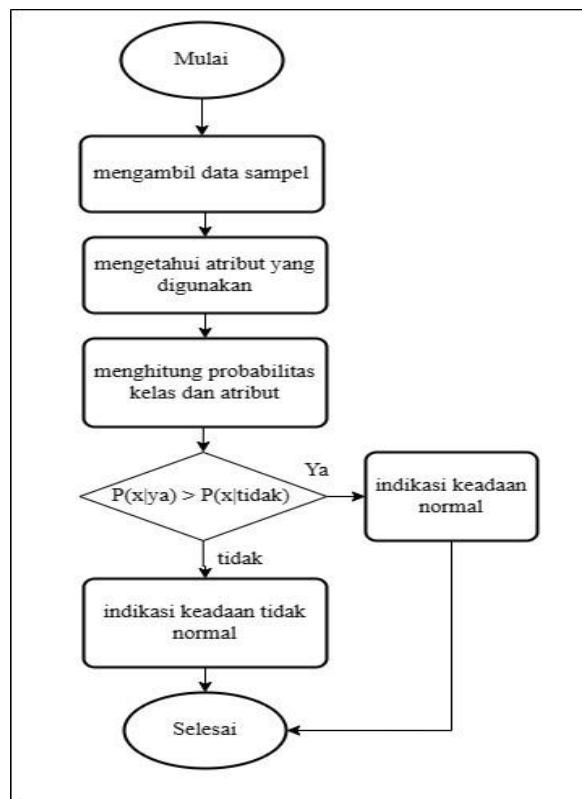
Naive Bayes merupakan salah satu algoritma klasifikasi yang memanfaatkan probabilitas dan statistik untuk meramalkan kemungkinan berdasarkan input yang tersedia. Keuntungan dari Naive Bayes adalah kemampuannya untuk menghitung probabilitas posterior bahkan dengan jumlah atribut yang besar [6]. Prediksi Bayes berasal dari teorema Bayes, yang rumusnya dapat dinyatakan secara umum seperti pada persamaan 1 dengan keterangan seperti yang terlihat pada tabel 1 berikut [7].

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \times P(H)}{P(E)} \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 1. Keterangan Formula Teorema Naive Bayes

Parameter	Keterangan
$P(H E)$	Probabilitas bersyarat akhir dari suatu hipotesis H terjadi dapat dihitung berdasarkan bukti E yang diberikan.
$P(E H)$	Kemungkinan terjadinya suatu bukti E dapat mempengaruhi probabilitas dari hipotesis H.
$P(H)$	Probabilitas awal dari hipotesis H terjadi tanpa memperhatikan bukti apa pun.
$P(E)$	Probabilitas awal dari bukti E terjadi tanpa memperhatikan hipotesis atau bukti lainnya..

Flowchart Naive Bayes.



Gambar 1. Flowchart Naive Bayes

Berdasarkan gambar 1 terkait flowchart naive bayes, adapun langkah pertama yang dilakukan dalam penggunaan algoritma naive bayes adalah pengambilan data sampel. Setelah melakukan pengambilan sampel, langkah berikutnya adalah mengetahui atribut-atribut yang digunakan pada data tersebut. Selanjutnya adalah menghitung probabilitas kelas dan atribut, di mana:

- $P(\text{normal}|\text{indikasi}) > P(\text{tidak normal}|\text{indikasi}) \rightarrow \text{normal.}$
- $P(\text{normal}|\text{indikasi}) < P(\text{tidak normal}|\text{indikasi}) \rightarrow \text{tidak normal.}$

2.4. Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan tabel yang memberikan gambaran detail mengenai kinerja suatu model atau algoritma. Setiap baris dalam tabel mewakili kelas sebenarnya dari data, dan setiap kolom mewakili kelas yang diprediksi oleh model (atau sebaliknya) [8]. Adapun tabel data yang dituangkan ke dalam tabel confusion matrix dapat dilihat melalui tabel 2.

Tabel 2. Confusion Matrix

	<i>Predicted Negative</i>	<i>Predicted Positive</i>
<i>Actual Negative</i>	<i>True Negative</i>	<i>False Positive</i>
<i>Actual Positive</i>	<i>False Negative</i>	<i>True Positive</i>

Melalui empat data seperti yang terlihat pada tabel 2, kita dapat memperoleh informasi tambahan yang sangat bermanfaat untuk mengevaluasi kinerja sebuah model, seperti berikut:

1. Akurasi (*Accuracy*): Menunjukkan seberapa sering model berhasil mengklasifikasikan dengan benar secara keseluruhan. Formula akurasi dapat diungkapkan menggunakan persamaan 2.

$$\frac{TP + TN}{Total} \dots\dots\dots (2)$$

2. Presisi (*Precision*): Menunjukkan seberapa sering prediksi positif model adalah benar ketika model memprediksi suatu instance sebagai positif. Formula presisi dapat diungkapkan menggunakan persamaan 3.

$$\frac{TP}{FP + TP} \dots\dots\dots (3)$$

3. Recall (*Sensitivitas / True Positive Rate*): Menunjukkan frekuensi di mana model memprediksi positif saat kelasnya memang positif. Persamaan untuk menghitung recall dapat dijelaskan dengan rumus 4..

$$\frac{TP}{FN + TP} \dots\dots\dots (4)$$

4. Skor F1 (*F1-Score*): hasil rata-rata harmonik dari Presisi dan Recall. Rumus untuk menghitung skor F1 dapat dijelaskan melalui persamaan 5..

$$2 * \frac{precision * recall}{precision + recall} \dots\dots\dots (5)$$

2.5. K-fold Cross Validation

K-fold cross validation adalah metode yang dipakai untuk menaksir kesalahan prediksi dalam mengevaluasi performa suatu model. Data asal akan dibagi menjadi k bagian dengan ukuran hampir serupa. Model akan dilatih dan diuji sebanyak k kali selama proses klasifikasi. Pada setiap iterasi, satu bagian data akan digunakan sebagai data uji (testing data), sementara yang lainnya sebagai data latih (training data). [9].

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

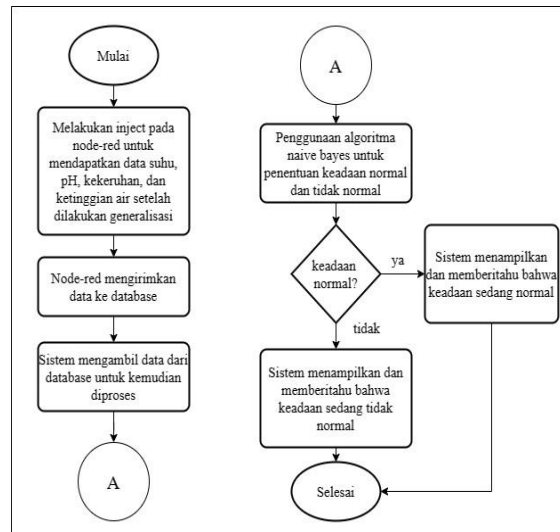
1. Data awal akan terbagi menjadi k bagian yang sama.
2. Pada setiap iterasi, salah satu bagian menjadi data uji dan yang lainnya menjadi data latih. Akurasi dihitung dengan membandingkan hasil prediksi dengan data sebenarnya.
3. Proses tersebut diulang sampai mencapai iterasi ke-k. Setelah itu, rata-rata dari semua akurasi dihitung. Rata-rata tersebut menjadi akurasi final dari k-fold cross validation.

2.6. Blackbox Testing

Pengujian blackbox adalah proses pengujian yang fokus pada fungsi-fungsi perangkat lunak tanpa memperhatikan struktur internalnya. Tujuannya adalah untuk menemukan kesalahan fungsi, antarmuka, struktur data, performa, inisialisasi, dan terminasi. Salah satu teknik yang digunakan adalah partisi ekuivalen, di mana setiap jenis input diuji dan dikelompokkan berdasarkan fungsinya serta validitas hasilnya. Pengujian black box memastikan setiap proses dalam sistem berfungsi sesuai kebutuhan yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan menginterpretasikan rangkaian kondisi masukan dan menguji fungsi khusus dari sistem. Ini dilakukan sebagai bagian dari implementasi program untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan agar sistem dapat dianggap layak digunakan [10].

2.7. Desain Sistem

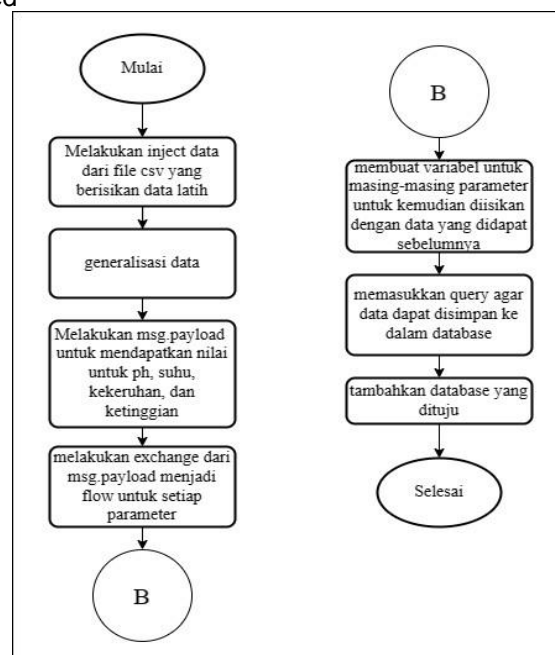
2.7.1. Flowchart Sistem



Gambar 2. Flowchart Sistem

Gambar 2 menunjukkan flowchart inti sistem. Sistem dimulai dengan pengumpulan data dari Node-RED, di mana data suhu, pH, kekeruhan, dan ketinggian air diinjeksikan. Setelah data diperoleh, itu disimpan dalam database. Kemudian, sistem mengambil data dari database untuk diproses. Berdasarkan data tersebut, kondisi lingkungan diklasifikasikan menggunakan metode naive Bayes berdasarkan keempat parameter. Jika kondisi normal, sistem akan memberikan laporan bahwa keadaan normal. Namun, jika tidak normal, sistem akan memberitahu bahwa keadaan tidak normal.

2.7.2. Flowchart node-red



Gambar 3. Flowchart Node-red

Gambar 3 menunjukkan flowchart Node-RED. Langkah pertama adalah melakukan injeksi data timestamp dengan interval waktu 1 menit. Setelah itu, *msg.payload* digunakan untuk mendapatkan

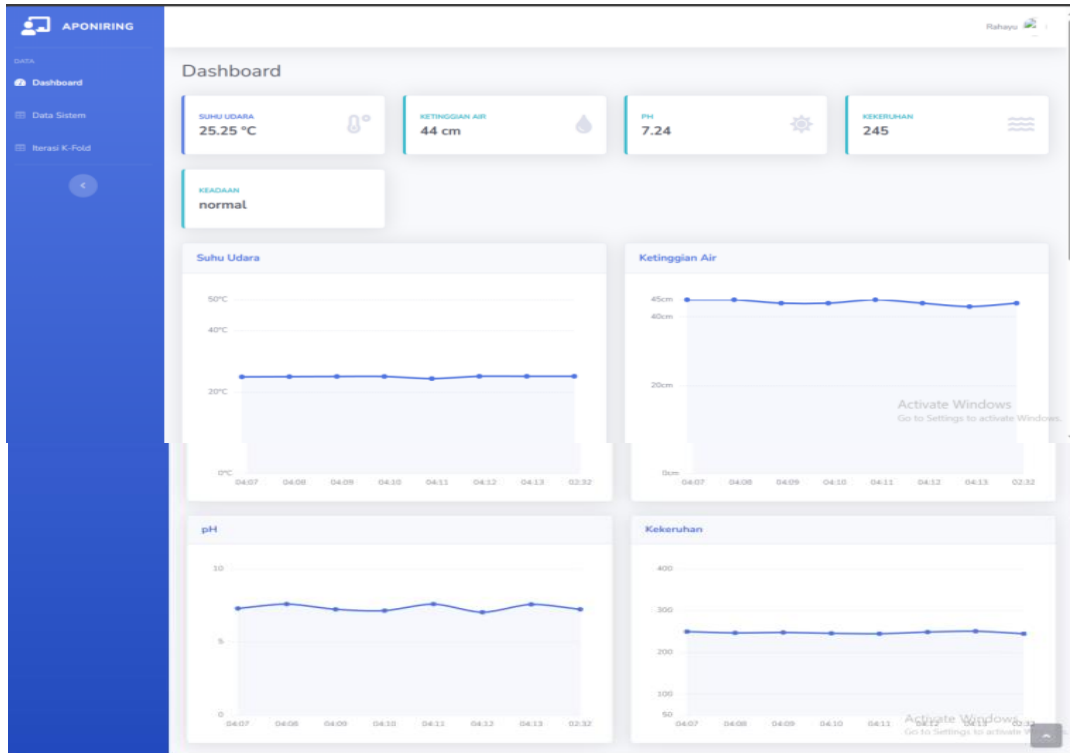
nilai pH, suhu, kekeruhan, dan ketinggian. Data tersebut kemudian diubah dari *msg.payload* menjadi flow untuk setiap parameter agar dapat disimpan dalam variabel. Selanjutnya, variabel untuk masing-masing parameter diisi dengan data yang diperoleh dari payload. Langkah berikutnya adalah membuat query untuk menyimpan data ke dalam database, dengan menambahkan database yang dituju agar data dapat disimpan di sana.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Rancangan Website

Setelah melalui proses perancangan terhadap sistem, adapun hasil perancangan website dapat dilihat seperti pada gambar 4 sampai gambar 6 berikut.

a. Halaman Dashboard



Gambar 4. Halaman Dashboard

Berdasarkan gambar 4 di atas, pada halaman dashboard, user dapat melihat informasi suhu, ketinggian air, pH, kekeruhan, dan keadaan kondisi lingkungan baik secara grafik maupun informasi kondisi terkini.

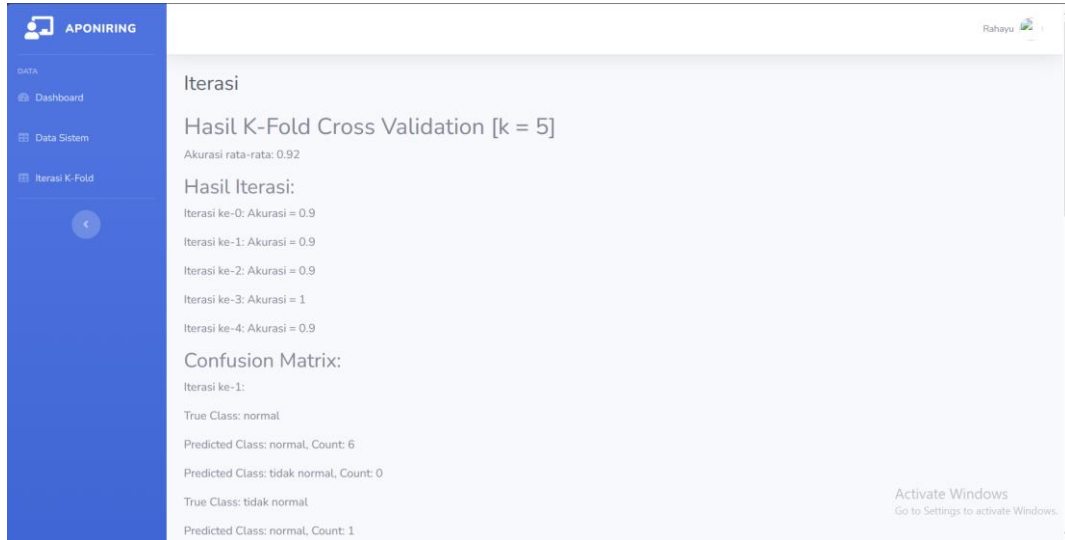
b. Halaman Data Sistem

Waktu	Suhu °C	Ketinggian Air (cm)	pH	Kekeruhan	Status
2024-05-08 00:50:39	25.25	45	7.24	251	
2024-05-08 00:49:05	25.31	45	7.15	251	
2024-05-08 00:48:45	25.31	44	7.6	248	
2024-05-08 00:47:37	25.25	45	7.3	246	
2024-05-08 00:46:37	25.25	45	7.11	249	
2024-05-08 00:45:04	25.25	44	7.09	251	

Gambar 5. Halaman Data Sistem

Berdasarkan gambar 5 di atas, pada halaman data sistem, user dapat melihat informasi suhu, ketinggian air, pH, kekeruhan dalam bentuk tabel. Selain itu, user dapat melakukan pencarian serta penghapusan data melalui halaman data sistem ini.

c. Halaman Iterasi K-Fold

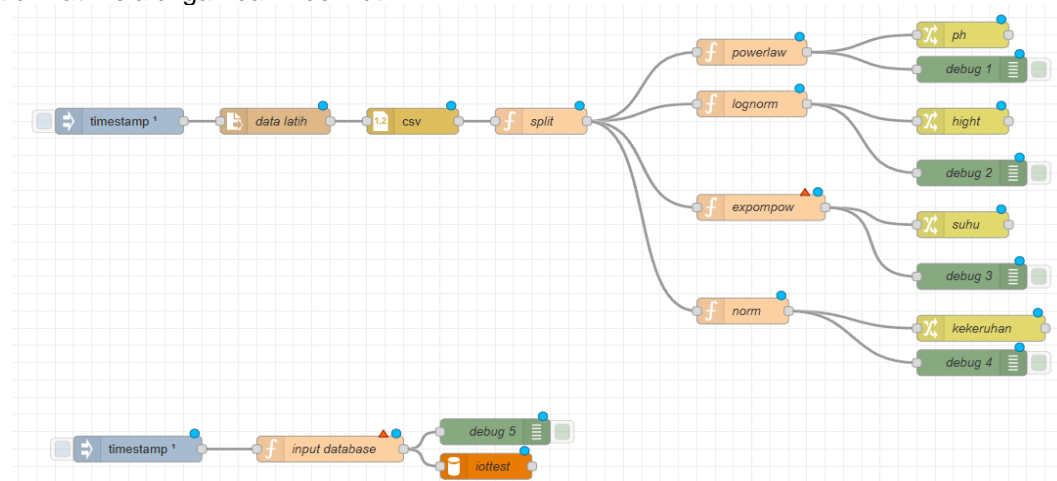


Gambar 6. Halaman Iterasi K-fold

Berdasarkan gambar 6 di atas, pada halaman iterasi k-fold, user dapat melihat informasi akurasi hasil pengujian naive bayes dengan *k-fold cross validation* dan *confusion matrix*.

3.2. Pengimplementasian Node-red

Pembuatan flow sistem pada node-red untuk mendapatkan data baru dari hasil generate data latih dapat dilihat melalui gambar 7 berikut.



Gambar 7. Flow Node pada Node-red

Berdasarkan gambar 7 di atas, flow diawali dengan melakukan inject timestamp untuk melakukan running flow sekali tiap satu menit. Kemudian, menambahkan node file in yang digunakan untuk membaca file data latih yang digunakan. Setelah file berhasil dibaca, akan dilakukan pengambilan string pada data dengan menggunakan node csv. Tahap selanjutnya adalah melakukan pemisahan data berdasarkan kolom yang dipisahkan oleh titik koma (;) dengan menggunakan node function. Setelah data berhasil dipisahkan, akan dilakukan generate data berdasarkan distribusi data pada masing-masing parameter agar mendapatkan data baru yang dilakukan dengan menggunakan node function. Setelah mendapatkan data baru, dilakukan penggantian properti value dengan menggunakan node change agar dapat digunakan pada node selanjutnya. Setelah melakukan penggantian properti value, data disimpan ke dalam database dengan menggunakan node function dan node mysql sebagai node yang mengonfigurasi database tujuan.

3.3. Hasil Pengimplementasian Naive Bayes

Adapun data dalam pengimplementasian naive bayes ini adalah data yang didapatkan dari hasil generate data di node-red sebanyak 50 data yang disimpan pada database. Beberapa data yang sudah didapatkan dapat dilihat melalui gambar 8 berikut.

time	pH	kekeruhan	ketinggian	suhu
2024-05-07 23:51:31	7.24	246	44	25.19
2024-05-07 23:52:36	7.6	246	44	25.13
2024-05-07 23:53:08	6.98	248	44	25.06
2024-05-07 23:54:20	7.32	250	45	25.06
2024-05-07 23:55:12	7.6	246	45	24.31

Gambar 8. Data yang didapatkan dari Node-red

Gambar 8 di atas menunjukkan beberapa data hasil generate data dari node-red yang akan diproses dengan menggunakan metode naive bayes untuk mengetahui indikasi kondisi lingkungan saat itu. Setelah melalui pemrosesan dengan menggunakan metode naive bayes, adapun hasil yang didapatkan seperti pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Implementasi Naive Bayes

No	pH	Kekeruhan	Ketinggian	Suhu	Indikasi
1	7.24	246	44	25.19	Normal
2	7.6	246	44	25.13	Normal
3	6.98	248	44	25.06	Normal
4	7.32	250	45	25.06	Normal
5	7.6	246	45	24.31	Tidak Normal

Berdasarkan tabel 3 di atas, didapatkan bahwa hasil implementasi metode naive bayes pada masing-masing data yang sudah didapatkan sebelumnya pada gambar 8 secara berturut-turut adalah normal, normal, normal, normal, dan tidak normal.

3.4. Pengujian dengan Confusion Matrix dan K-fold Cross Validation

Proses pengujian menggunakan k=5, yang berarti akan ada 5 iterasi pengujian dan hasil akhir akan diambil rata-rata dari 5 pengujian tersebut. Dataset terdiri dari 50 entri, dimana 10 digunakan untuk pengujian dan 40 untuk pelatihan. Pembagian antara data latih dan data uji menggunakan 5-fold cross validation, artinya dataset akan dibagi menjadi 5 bagian dari total 50 data. Setiap iterasi, satu bagian (data uji) akan digunakan untuk pengujian, sementara bagian lainnya digunakan untuk data latih. Adapun visualisasi pembagian data testing dan data training dapat dilihat melalui tabel 4 dan tabel 5 berikut.

Tabel 4. Pembagian Data Testing

ID Data Testing	Jumlah Data
K-1	10
K-2	10
K-3	10
K-4	10
K-5	10

Berdasarkan tabel 4, pada tiap iterasi yang dilakukan, akan digunakan 10 data dari 50 data yang ada sebagai data testing.

Tabel 5. Pembagian Data Training

ID Data Training	Jumlah Data
K-1	40
K-2	40
K-3	40
K-4	40
K-5	40

Berdasarkan tabel 5, pada tiap iterasi yang dilakukan, akan digunakan 40 data dari 50 data yang ada sebagai data training.

Adapun hasil pengujian ini dapat dilihat melalui gambar 9 berikut.



Gambar 9. Hasil Pengujian Naive Bayes

Berdasarkan gambar 9 di atas, didapatkan akurasi sebesar 92%. Di mana pada iterasi ke-0 didapatkan akurasi sebesar 0,9. Iterasi ke-1 didapatkan akurasi sebesar 0,9. Iterasi ke-2 didapatkan akurasi sebesar 0,9. Iterasi ke-3 didapatkan akurasi sebesar 1. Iterasi ke-4 didapatkan akurasi sebesar 0,9.

3.5. Pengujian Blackbox

Dalam melakukan pengujian performa terhadap sistem yang telah dirancang dapat dilakukan dengan melakukan blackbox testing. Adapun hasil pengujian seperti pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Blackbox*

No	Pengujian	Hasil yang diharapkan	Keterangan
1	Penginputan data dari node-red ke <i>database</i>	Data berhasil diinputkan dari node-red ke <i>database</i>	Sesuai
2	Akses halaman <i>dashboard</i>	Berhasil mengakses halaman <i>dashboard</i>	Sesuai
3	Akses halaman data sistem	Berhasil mengakses halaman data sistem	Sesuai
4	Akses halaman iterasi k-fold	Berhasil mengakses halaman iterasi k-fold	Sesuai
5	Halaman <i>dashboard</i> menampilkan data sesuai <i>database</i>	Berhasil menampilkan data sesuai <i>database</i> pada halaman <i>dashboard</i>	Sesuai
6	Halaman <i>dashboard</i> menampilkan gambar profil pengguna	Berhasil menampilkan gambar profil pengguna	Tidak sesuai
7	Melakukan pencarian pada halaman data sistem	Data berhasil ditampilkan sesuai kata kunci yang diinputkan	Sesuai
8	Melakukan penghapusan data pada halaman data sistem	Data berhasil dihapus baik pada <i>website</i> maupun <i>database</i>	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6 di atas, didapatkan bahwa 7 dari 8 fitur dapat berjalan dengan baik namun masih terdapat hal yang perlu disempurnakan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap: perancangan, pengujian, dan pencarian akurasi. Tahap perancangan menggunakan berbagai alat seperti Node-RED, Visual Studio Code, XAMPP, dan database PHPMyAdmin. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah PHP. Pengujian dan pencarian akurasi dilakukan melalui dua pengujian: *k-fold cross validation* dan *confusion matrix* untuk pengujian naive Bayes, serta *blackbox testing* untuk pengujian sistem website.

2. Berdasarkan hasil pengujian naive Bayes, ditemukan bahwa akurasi rata-rata mencapai 92%, menunjukkan bahwa algoritma tersebut dapat berjalan dengan baik.
3. Hasil pengujian blackbox menunjukkan bahwa 7 dari 8 fitur berjalan lancar. Namun, beberapa fitur masih memerlukan perbaikan dan pengembangan di masa mendatang.

Referensi

- [1] Rivaldo, K.L., Mogi, I.K.A., Suputra, P.G.H., Sanjaya, N.A., Darmawan, B.A., dan Dwidasmara, B.G., "Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things", *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, Vol. 11, No. 1, p. 101-110, 2022.
- [2] Kuswinta, A.J., Wedashwara, W., dan Arimbawa, A., "Implementasi IoT Cerdas Berbasis Inference Fuzzy Tsukamoto Pada Pemantauan Kadar pH dan Ketinggian Air Dalam Akuaponik", *J-COSINE*, Vol. 3, No. 1, p. 65-74, 2019.
- [3] Jagat, L., Sundari, E.M., dan Apriani W., "Smart Monitoring dan Kontrol Berbasis Arduino Pada Sistem Akuaponik", *JASISFO*, Vol. 3, No. 1, p. 260-267, 2022.
- [4] Widiantara, K., Linawati, dan Wiharta, D.M., "Rancang Bangun Akuaponik Berbasis Internet of Things" *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 8, No. 1, p. 243-253, 2021.
- [5] Zidni, I., Rizal, A., Andriani, Y., dan Ramadan, R., "Efektivitas Sistem Akuaponik dengan Jenis Tanaman yang Berbeda Terhadap Kualitas Air Media Budidaya Ikan", *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, Vol. 9, No. 1, p. 81-94, 2019.
- [6] Firmansyah, A., Syangy, D., dan Prasetyo, B.H., "Implementasi Algoritma Naive Bayes pada Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Air Akuarium Ikan Mas Koki", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. 6, No. 9, p. 4128-4135, 2022.
- [7] Azizah, N., Goejantoro, R., dan Sifriyani, "Metode Naive Bayes dengan Pendekatan Dstribusi Gauss untuk Klasifikasi Peminatan Peserta Didik" pada *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*, Samarinda, 2019, vol. I, pp. 8-14.
- [8] Kurniawan, I.B., Candiasa, I.M., dan Aryanto, K.Y.E., "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Mahasiswa Berprestasi di Universitas Dhyana Pura Menggunakan Metode AHP, Electre, dan Topsis", *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia*, Vol. 4, No.1, p. 22-33, 2019.
- [9] Mardiana, L., Kusnandar, D. dan Satyahadewi, N., "Analisis Diskriminan dengan K-Fold Cross Validation untuk Klasifikasi Kualitas Air di Kota Pontianak", *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya*, Vol. 11, No. 1, p. 97-102, 2022.
- [10] Wijaya, Y.D., dan Astuti, M.W., "Pengujian Blackbox Sistem Informasi Penilaian Kinerja Karyawan PT Inka (Persero) Berbasis Equivalence Partitions", *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, Vol. 4, No. 1, p. 22-26, 2021.

This page is intentionally left blank.