



Sistem Pakar Berbasis AI dengan *Artificial Neural Networks* untuk Identifikasi Hama & Penyakit Jamur Tiram

Dian Mirnawaty Sultan¹, Nursuci Putri Husain², Muh. Ichwan K³, Andi Alya Faiza Soraya⁴

^{1,3,4}Fakultas Pertanian, Prodi Kehutanan, Universitas Islam Makassar, Makassar, Indonesia

²Fakultas Teknik, Prodi Teknik Informatika, Universitas Islam Makassar, Makassar, Indonesia

Email: ¹dian-ms.dty@uim-makassar.ac.id, ^{2,*}nursuciputrihusain.dty@uim-makassar.ac.id, ³muhihchwank.dty@uim-makassar.ac.id

Abstrak- Budidaya jamur tiram merupakan salah satu sektor pertanian yang memiliki potensi ekonomi tinggi, namun produktivitasnya seringkali terganggu oleh serangan hama dan penyakit. Penanganan yang tidak tepat akibat keterbatasan pengetahuan petani dapat menyebabkan kerugian besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar diagnosis hama dan penyakit jamur tiram berbasis *Artificial Neural Networks* (ANN), guna membantu identifikasi dini terhadap jenis gangguan yang muncul. Dataset terdiri dari 150 sampel yang mencakup kombinasi gejala dan label penyakit, dikumpulkan dari dua lokasi budidaya berbeda. Terdapat beberapa tahapan pada penelitian ini yakni proses *preprocessing* yang mencakup *encoding label*, normalisasi fitur menggunakan *Z-score*, dan pembagian data dalam rasio 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian. Model ANN dirancang menggunakan *Multi-Layer Perceptron* (MLP) dengan dua *hidden layer* berisi masing-masing 10 neuron, fungsi aktivasi ReLU, solver Adam, dan iterasi maksimum sebanyak 1000. Hasil pengujian menunjukkan model memiliki tingkat akurasi sebesar 97%, dengan nilai presisi dan recall sempurna pada sebagian besar kelas penyakit. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan ANN mampu mengenali pola gejala penyakit jamur tiram secara efektif. Sistem ini dapat menjadi alat bantu diagnosis yang efisien dan adaptif, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai solusi teknologi pertanian cerdas.

Kata Kunci: *Artificial Neural Networks*; Sistem Pakar; Jamur Tiram; MLP; Diagnosa Penyakit

Abstract- *Oyster mushroom cultivation is an agricultural sector with high economic potential, but its productivity is often disrupted by pests and diseases. Inappropriate management due to farmers' limited knowledge can cause significant losses. This study aims to develop an expert system for oyster mushroom pest and disease diagnosis based on Artificial Neural Networks (ANN), to assist in early identification of emerging disorders. The dataset consists of 150 samples covering a combination of symptoms and disease labels, collected from two different cultivation locations. There are several stages in this study, namely the preprocessing process that includes label encoding, feature normalization using Z-score, and data division in a ratio of 80% for training and 20% for testing. The ANN model was designed using a Multi-Layer Perceptron (MLP) with two hidden layers containing 10 neurons each, a ReLU activation function, an Adam solver, and a maximum iteration of 1000. The test results showed the model has an accuracy rate of 97%, with perfect precision and recall values for most disease classes. This study shows that the ANN approach is able to effectively recognize oyster mushroom disease symptom patterns. This system can be an efficient and adaptive diagnostic tool, and has the potential to be further developed as a smart agricultural technology solution.*

Keywords: *Artificial Neural Networks, Expert System, Oyster Mushroom, MLP, Disease Diagnosis*

1. PENDAHULUAN

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) telah menjadi salah satu komoditas pertanian unggulan dengan nilai ekonomi tinggi yang banyak dibudidayakan di berbagai wilayah, termasuk di Indonesia [1], [2], [3]. Popularitas jamur tiram tidak lepas dari kandungan gizi yang tinggi serta proses budidayanya yang relatif mudah, sehingga menjadikannya sebagai pilihan menarik bagi petani dalam skala rumah tangga maupun industri besar. Selain itu, jamur tiram memiliki rasa yang enak, tekstur yang lembut, serta manfaat kesehatan yang diakui, menjadikannya salah satu jenis jamur yang paling diminati konsumen. Permintaan pasar yang terus meningkat, baik di tingkat lokal maupun nasional, turut memperkuat posisinya sebagai komoditas dengan prospek ekonomi menjanjikan.

Meskipun demikian, budidaya jamur tiram bukan tanpa tantangan. Salah satu permasalahan utama yang sering dihadapi oleh petani adalah serangan hama dan penyakit yang dapat mengakibatkan penurunan hasil panen secara signifikan [2]. Dampak serangan tersebut tidak hanya menurunkan kuantitas, tetapi juga kualitas jamur, sehingga menimbulkan kerugian finansial yang besar bagi para petani. Kondisi ini semakin kompleks ketika petani pemula atau mereka yang berada di wilayah terpencil harus menghadapi kesulitan dalam mengidentifikasi gejala penyakit secara tepat.

Proses identifikasi hama dan penyakit secara tradisional masih sangat bergantung pada pengalaman dan pengetahuan pakar atau petani senior. Namun, keterbatasan jumlah pakar, jarak geografis, serta potensi kesalahan diagnosis manual menjadi kendala serius yang menghambat efektivitas penanganan di lapangan. Ketergantungan pada pakar membuat sebagian besar petani kesulitan memperoleh informasi yang akurat dan cepat, padahal diagnosis dini sangat krusial untuk mengurangi kerugian yang lebih besar. Hal ini menyoroti adanya kebutuhan mendesak akan solusi berbasis teknologi yang mampu menjembatani kesenjangan pengetahuan dan memberikan alat bantu diagnosis yang lebih cepat, efisien, dan mudah diakses oleh semua kalangan petani.

Dalam menjawab tantangan tersebut, perkembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) menawarkan solusi yang menjanjikan melalui pengembangan sistem pakar [4], [5], [6]. Sistem pakar dirancang untuk meniru penalaran seorang ahli dalam suatu domain tertentu, misalnya diagnosis hama dan penyakit jamur tiram. Beberapa pendekatan yang telah diterapkan dalam sistem pakar antara lain *Case-Based Reasoning* (CBR) dan *Forward Chaining* [4], [7]. Walaupun metode-metode ini terbukti bermanfaat, masing-masing memiliki keterbatasan yang cukup signifikan.



Pendekatan CBR, misalnya, bekerja dengan membandingkan kasus baru dengan kasus lama dalam basis data. Namun, kelemahan utamanya terletak pada ketergantungan terhadap kelengkapan dan kualitas basis data kasus. Ketika sistem menghadapi kasus baru yang belum ada di dalam basis data, tingkat akurasi menurun drastis [6]. Di sisi lain, metode *Forward Chaining* menggunakan aturan-aturan yang disusun untuk menarik kesimpulan berdasarkan gejala. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem diagnosis berbasis *Forward Chaining* untuk jamur tiram berhasil mencapai akurasi hingga 81,81%, tetapi untuk mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi, diperlukan aturan yang jauh lebih kompleks. Kompleksitas ini membuat sistem sulit beradaptasi dengan gejala baru atau pola penyakit yang belum terdefinisi [7], [8]. Dengan demikian, meskipun kedua metode tersebut memiliki keunggulan masing-masing, keterbatasan dalam hal adaptasi dan fleksibilitas masih menjadi tantangan besar.

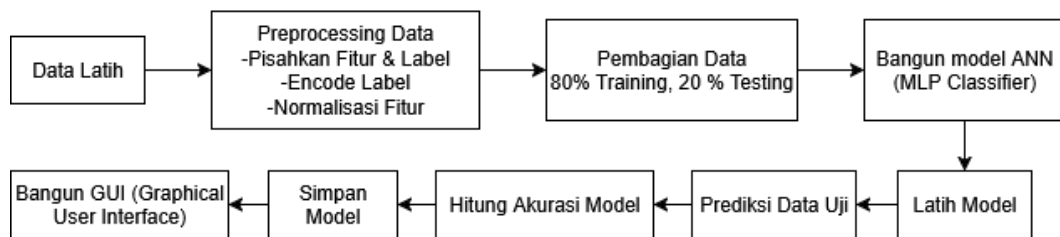
Selain itu, pendekatan lain menggunakan metode probabilistik seperti *Teorema Bayes* juga telah diterapkan dalam diagnosis hama dan penyakit jamur tiram [5]. Metode ini memang menawarkan analisis berbasis probabilitas, namun tetap memiliki keterbatasan dalam menangani pola data yang kompleks dan dinamis. Dengan adanya berbagai kelemahan dari metode konvensional tersebut, semakin jelas bahwa dibutuhkan pendekatan baru yang lebih cerdas, adaptif, dan mampu menangani variasi data yang terus berkembang.

Artificial Neural Networks (ANN) menjadi salah satu solusi potensial untuk mengatasi keterbatasan tersebut. ANN merupakan model komputasi yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia dan memiliki kemampuan belajar dari pola-pola kompleks dalam data [9], [10]. Keunggulan ANN terletak pada kemampuannya mengenali pola tanpa membutuhkan aturan eksplisit yang kaku, serta dapat beradaptasi dengan baik terhadap gejala baru yang mungkin muncul dalam budidaya jamur tiram. Beberapa penelitian terdahulu juga menunjukkan keberhasilan penerapan ANN dalam bidang pertanian. Misalnya, *Multi-Layer Perceptron* (MLP) sebagai salah satu jenis ANN telah digunakan untuk menentukan waktu panen jamur tiram dan menunjukkan hasil yang akurat [2]. Penelitian lain yang menggunakan ANN untuk diagnosis hama pada tanaman padi bahkan berhasil mencapai tingkat akurasi yang tinggi [11]. Keberhasilan tersebut menjadi indikator kuat bahwa ANN memiliki potensi besar untuk diterapkan pada diagnosis hama dan penyakit jamur tiram.

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, jelas terlihat adanya celah penelitian yang dapat diisi dengan penggunaan ANN sebagai pendekatan baru dalam sistem pakar diagnosis hama dan penyakit jamur tiram. Secara metodologis, penelitian ini signifikan karena menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dan akurat dibandingkan metode berbasis aturan maupun probabilistik. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan alat bantu diagnosis yang lebih efektif bagi petani jamur tiram dalam menghadapi serangan hama dan penyakit, sehingga produktivitas dan kualitas hasil panen dapat ditingkatkan secara berkelanjutan. Lebih jauh lagi, penerapan sistem pakar berbasis ANN ini tidak hanya akan memberikan manfaat langsung bagi petani, tetapi juga mendukung upaya transformasi digital di sektor pertanian dan memperkuat ketahanan pangan nasional.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Alur Pengembangan Sistem Pakar Diagnosa Hama & Penyakit Jamur Tiram

Pengembangan sistem pakar ini mengikuti alur yang terstruktur yang dapat dilihat pada **Gambar 1**, dimulai dari tahap persiapan data hingga evaluasi performa model. Alur ini memastikan bahwa model *Artificial Neural Networks* (ANN) yang digunakan dapat dilatih dengan data yang bersih dan dievaluasi secara objektif. Tahap pertama dimulai dengan data latih, yaitu dataset gejala dan penyakit jamur tiram yang menjadi dasar pembelajaran model. Selanjutnya dilakukan preprocessing data yang mencakup pemisahan fitur dan label, proses *encoding label* menjadi format numerik, serta normalisasi fitur menggunakan metode *Z-score* agar setiap variabel memiliki skala yang seimbang.

Setelah itu, data dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji untuk memastikan adanya generalisasi yang baik. Model kemudian dibangun menggunakan arsitektur ANN (*MLP Classifier*) dengan konfigurasi dua *hidden layer* berisi masing-masing 10 neuron, fungsi aktivasi ReLU, solver Adam, dan maksimal 1000 iterasi. Proses pelatihan dilakukan pada data latih, sedangkan data uji digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung akurasi model serta menghasilkan laporan klasifikasi yang mencakup metrik evaluasi seperti presisi, recall, dan F1-score. Model yang telah dilatih kemudian disimpan untuk penggunaan lebih lanjut. Pada tahap akhir, sistem dilengkapi dengan *Graphical User Interface* (GUI) sehingga dapat digunakan secara praktis oleh pengguna dalam melakukan prediksi penyakit jamur tiram berdasarkan gejala yang dipilih.



2.2 Basis Pengetahuan

Pengambilan basis pengetahuan untuk penelitian ini dilakukan secara intensif selama satu bulan di dua lokasi budidaya jamur tiram yang berbeda, yaitu Sahabat Jamur Universitas Islam Makassar dan Sahabat Jamur Parepare. Pemilihan dua lokasi ini bertujuan untuk mendapatkan variasi data yang lebih luas dan representatif, yang mencakup kondisi budidaya yang mungkin berbeda di setiap tempat. Data yang dikumpulkan secara terstruktur ini berfokus pada identifikasi gejala-gejala yang muncul pada jamur tiram, yang kemudian akan digunakan sebagai masukan untuk model yang dikembangkan.

Tabel 1. Gejala Hama & Penyakit Jamur Tiram

No	Gejala
1	Miselium Hijau
2	Baglog Berair Bau
3	Baglog Kering Keras
4	Ada Larva
5	Pertumbuhan Lambat
6	Miselium Rusak
7	Bentuk Tidak Normal
8	Warna Biru Hijau
9	Tidak Ada Pertumbuhan,
10	Baglog Membusuk Bawah.

Tabel 1 menunjukkan daftar gejala utama yang sering muncul pada budidaya jamur tiram ketika terinfeksi hama atau penyakit. Gejala tersebut meliputi perubahan warna miselium menjadi hijau, rusaknya jaringan miselium, hingga pertumbuhan tubuh buah yang lambat. Selain itu, kondisi baglog juga menjadi indikator penting, seperti baglog yang berair dan berbau, kering keras, atau membusuk di bagian bawah. Tanda-tanda lain yang sering dijumpai yaitu adanya larva serangga, bentuk tubuh jamur yang tidak normal, serta perubahan warna menjadi biru kehijauan. Beberapa kasus juga menunjukkan tidak adanya pertumbuhan sama sekali meskipun media tanam tersedia. Keseluruhan gejala ini digunakan sebagai dasar dalam proses diagnosis sistem pakar, karena setiap kombinasi gejala dapat mengarah pada jenis penyakit atau serangan hama tertentu pada jamur tiram.

Tabel 2. Diagnosis Penyakit / Hama Jamur Tiram

No	Diagnosis
1	Kontaminasi <i>Trichoderma sp</i>
2	Infeksi Bakteri
3	Serangan Larva Serangga
4	Kekeringan/Substrat Tidak Layak
5	Pertumbuhan Tidak Normal

Tabel 2 memperlihatkan jenis diagnosis penyakit dan hama utama yang sering menyerang jamur tiram. Salah satu penyakit yang umum adalah kontaminasi *Trichoderma sp.*, yang ditandai dengan munculnya miselium berwarna hijau dan dapat menghambat pertumbuhan jamur. Selain itu, infeksi bakteri juga kerap terjadi, biasanya ditandai dengan baglog yang berair, berbau, atau miselium yang rusak. Serangan larva serangga menjadi masalah lain yang menyebabkan kerusakan fisik pada miselium dan menurunkan kualitas panen. Faktor lingkungan juga berperan penting, seperti kekeringan atau substrat yang tidak layak, yang dapat mengakibatkan media tanam keras, kering, dan tidak mendukung pertumbuhan jamur. Terakhir, kondisi pertumbuhan tidak normal menggambarkan adanya gangguan dalam pembentukan tubuh buah jamur sehingga hasil panen tidak sesuai standar. Seluruh diagnosis ini menjadi dasar dalam sistem pakar untuk mengklasifikasikan gejala yang muncul dan menentukan jenis penyakit atau hama yang menyerang jamur tiram secara lebih akurat.

Tabel 3. Dataset Sistem Pakar Diagnosa Hama & Penyakit Jamur Tiram

Miselium Hijau	Baglog Berair Bau	Baglog Kering Keras	Ada Larva	Pertumbuhan Lambat	Miselium Rusak	Bentuk Tidak Normal	Warna Biru Hijau	Tidak Ada Pertumbuhan	Baglog Membusuk Bawah	Label
1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1 Kontaminasi <i>Trichoderma sp.</i>
1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0 Kontaminasi <i>Trichoderma sp.</i>
1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0 Kontaminasi <i>Trichoderma sp.</i>
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0 Kekeringan/Substrat Tidak Layak
0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1 Infeksi Bakteri
0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1 Kekeringan/Substrat Tidak Layak





1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	Kekeringan/Substrat
0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	Tidak Layak
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	Serangan Larva
1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	Serangga
1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	Pembusukan Akar
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	Baglog
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	Kekeringan/Substrat
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	Tidak Layak
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	Serangan Larva
0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	Serangga
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	Serangan Larva
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	Serangga
0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	Serangan Larva
1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	Serangga
0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	Serangan Larva
1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	Serangga
										Kontaminasi
										Trichoderma sp.

Contoh dataset sistem pakar diagnosa hama dan penyakit jamur tiram pada **Tabel 3** menunjukkan representasi gejala dalam bentuk biner (0 dan 1) yang memudahkan proses komputasi pada model *Artificial Neural Networks* (ANN). Setiap kolom merepresentasikan gejala tertentu, seperti Miselium Hijau, Baglog Berair, Ada Larva, Pertumbuhan Lambat, Miselium Rusak, Warna Biru Hijau, hingga Baglog Membusuk Bawah. Nilai 1 menandakan adanya gejala tersebut, sedangkan nilai 0 menunjukkan ketiadaan gejala. Kolom terakhir yaitu Label berisi kategori penyakit atau hama, seperti Kontaminasi *Trichoderma sp.*, Infeksi Bakteri, Serangan Larva Serangga, Kekeringan/Substrat Tidak Layak, hingga Pertumbuhan Tidak Normal. Data yang terkumpul diorganisasi dalam sebuah dataset yang terdiri dari 150 instans atau sampel data, di mana setiap instans dicirikan oleh sepuluh fitur gejala dan satu label diagnosis. Dengan format ini, dataset dapat digunakan secara langsung dalam tahap preprocessing, pelatihan, hingga pengujian model ANN untuk mendeteksi jenis penyakit jamur tiram berdasarkan kombinasi gejala yang muncul.

2.2 Pre-processing Data

Tahap awal dalam membangun model *Artificial Neural Networks* (ANN) adalah pra-pemrosesan data (*pre-processing data*) yang berfungsi untuk menyiapkan data agar dapat digunakan secara efektif oleh model pembelajaran mesin. Pada tahap ini, data terlebih dahulu dipisahkan menjadi dua bagian utama, yaitu fitur (gejala) yang disimpan pada variabel X dan label (diagnosis) yang disimpan pada variabel y. Selanjutnya, label yang semula masih berbentuk teks, seperti Kontaminasi *Trichoderma sp.*, Infeksi Bakteri, atau Serangan Larva Serangga, diubah menjadi nilai numerik agar dapat dipahami dan diproses oleh algoritma ANN. Setelah itu dilakukan normalisasi data menggunakan metode Z-score normalization, yang merupakan salah satu teknik standar dalam machine learning. Normalisasi ini bertujuan untuk mengubah distribusi data sehingga memiliki nilai rata-rata (*mean*) sebesar 0 dan deviasi standar (*standard deviation*) sebesar 1. Dengan proses ini, setiap fitur dapat distandarisasi agar berada pada skala yang sama, sehingga model ANN mampu melakukan pembelajaran dengan lebih seimbang dan menghindari dominasi fitur tertentu dalam proses pelatihan [2][8].

2.3 Pembagian Data

Basis data pengetahuan yang telah diproses kemudian dibagi menjadi dua set secara acak: data pelatihan (*training*) dan data pengujian (*testing*). Proporsi yang digunakan adalah 80% untuk data pelatihan dan 20% untuk data pengujian [12]. Pembagian ini dilakukan untuk melatih model dengan sebagian data dan menguji kinerjanya pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

2.4 Bangun Model ANN

Pada tahap ini, model ANN diimplementasikan menggunakan *Multi-Layer Perceptron* (MLP) *Classifier*. Model dilatih menggunakan data pelatihan untuk mempelajari hubungan kompleks antara gejala dan diagnosis penyakit secara otomatis. Model ANN bekerja dengan memproses input melalui beberapa lapisan neuron. Output dari setiap neuron dihitung dengan rumus:





$$y = f(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b) \quad (1)$$

dengan y sebagai *output* neuron, f adalah fungsi aktivasi (*activation function*), w_i adalah bobot dari input ke- i , x_i adalah nilai input ke- i , b merupakan bias, dan n adalah jumlah input [2], [13]. Dalam konfigurasi ini, model dirancang dengan parameter sebagai berikut: lapisan input memiliki 10 neuron yang sesuai dengan jumlah fitur gejala yang diamati. Terdapat dua lapisan tersembunyi (*hidden layers*) yang masing-masing terdiri atas 10 neuron. Lapisan output memiliki 5 neuron yang merepresentasikan lima kelas diagnosis penyakit. Untuk fungsi aktivasi, digunakan ReLU (Rectified Linear Unit) guna memperkenalkan non-linearitas pada model. Proses pelatihan dilakukan dengan algoritma Backpropagation menggunakan optimasi Adam. Tujuan utama adalah meminimalkan fungsi kerugian (*loss function*). Model dilatih selama maksimum 1000 iterasi untuk mencapai konvergensi yang optimal.

2.5 Evaluasi Model

Setelah model selesai dilatih, kinerjanya dievaluasi menggunakan data pengujian. Tahap ini bertujuan untuk mengukur seberapa baik model dapat memprediksi diagnosis pada data baru yang belum pernah diolah sebelumnya. Proses ini melibatkan *forward propagation* saja (tanpa pembaruan bobot). Pada penelitian ini, evaluasi performa model dilakukan menggunakan beberapa metrik, yaitu akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Akurasi digunakan untuk mengukur persentase prediksi yang benar secara keseluruhan terhadap seluruh data uji [14], [15]. Selain itu, digunakan pula laporan klasifikasi (*classification report*) yang memuat metrik evaluasi lebih rinci, seperti presisi, recall, dan F1-score untuk masing-masing kelas penyakit. Penggunaan metrik ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kemampuan model dalam mengidentifikasi setiap jenis penyakit secara spesifik, terutama dalam situasi ketidakseimbangan data atau pentingnya klasifikasi yang tepat pada kategori tertentu.

2.6 Bangun GUI (*Graphical User Interface*)

Langkah terakhir dalam pengembangan sistem pakar ini adalah membangun antarmuka pengguna (*Graphical User Interface*/GUI) yang bersifat ramah pengguna. Antarmuka ini berfungsi sebagai jembatan antara pengguna dengan model ANN, sehingga petani atau pengguna awam dapat memanfaatkan sistem tanpa harus memahami detail teknis pemrograman atau menjalankan kode secara manual. Pada tahap ini digunakan pustaka Gradio, yaitu sebuah *library Python* yang dirancang khusus untuk membuat antarmuka berbasis *web* secara cepat dan interaktif. Dengan memanfaatkan Gradio, setiap fitur atau gejala hama dan penyakit jamur tiram ditampilkan dalam bentuk komponen input interaktif, seperti *checkbox*, sehingga pengguna hanya perlu mencentang gejala yang sesuai dengan kondisi nyata pada baglog jamur tiram. Setelah data gejala dipilih dan tombol *submit* ditekan, sistem akan secara otomatis memproses input tersebut melalui model ANN yang sudah dilatih, kemudian menampilkan hasil prediksi diagnosis penyakit pada kolom output GUI. Proses ini membuat sistem tidak hanya lebih praktis dan efisien, tetapi juga meningkatkan aksesibilitas karena dapat dijalankan secara online melalui *browser* tanpa instalasi tambahan. Dengan demikian, antarmuka berbasis Gradio memungkinkan sistem pakar ini menjadi solusi nyata yang dapat digunakan langsung oleh petani dalam mendukung pengambilan keputusan budidaya jamur tiram secara cepat, akurat, dan *user-friendly*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengembangan Model

Model *Artificial Neural Networks* (ANN) yang digunakan dalam penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi hama dan penyakit pada jamur tiram secara akurat. Pelatihan dilakukan menggunakan dataset yang terdiri dari 150 sampel, masing-masing mencakup kombinasi gejala dan label diagnosis. Arsitektur ANN yang diterapkan memiliki dua *hidden layer* dengan sepuluh neuron pada setiap lapisan tersembunyi, menggunakan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU) untuk memperkenalkan non-linearitas pada proses pembelajaran. Sementara itu, algoritma optimasi yang dipilih adalah Adam optimizer, yang dikenal efektif dalam mempercepat konvergensi model. Proses pelatihan dilakukan dengan batas maksimum hingga 1000 iterasi untuk memastikan model mencapai performa yang stabil. Dalam tahap evaluasi, dataset dibagi ke dalam dua subset, yaitu 80% data latih dan 20% data uji. Pembagian ini bertujuan agar model tidak hanya menghafal pola dari data yang ada, tetapi juga diuji pada data yang benar-benar baru. Dengan demikian, evaluasi yang dilakukan menjadi lebih objektif karena mengukur kemampuan model dalam mengenali pola pada data yang tidak pernah digunakan dalam proses pelatihan. Strategi ini juga membantu menilai sejauh mana model mampu melakukan generalisasi terhadap kasus nyata yang beragam, sehingga hasil yang diperoleh lebih dapat diandalkan untuk implementasi sistem pakar diagnosis jamur tiram.

Tabel 4. Hasil Klasifikasi Model

Kategori	Precision	Recall	f1-score	Support
Infeksi Bakteri	1	1	1	6



Kekeringan/Substrat Tidak Layak	1	1	1	4
Kontaminasi <i>Trichoderma</i> sp.	1	1	1	7
Pembusukan Akar Baglog	0	0	0	0
Pertumbuhan Tidak Normal	0	0	0	1
Serangan Larva Serangga	1	1	1	12
Akurasi			0.97	30
Macro avg	0.67	0.67	0.67	30
Weighted avg	0.97	0.97	0.97	30

Berdasarkan **Tabel 4**, hasil klasifikasi model menunjukkan bahwa sistem pakar berbasis *Artificial Neural Networks* (ANN) mampu memberikan performa yang sangat baik pada sebagian besar kategori penyakit jamur tiram. Kategori seperti Infeksi Bakteri, Kekeringan/Substrat Tidak Layak, Kontaminasi *Trichoderma* sp., serta Serangan Larva Serangga memiliki nilai *precision*, *recall*, dan *f1-score* sempurna (1.0). Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali pola gejala yang mengarah pada penyakit-penyakit tersebut dengan sangat akurat, tanpa terjadi kesalahan prediksi pada data uji yang tersedia.

Namun demikian, terdapat dua kategori penyakit yang tidak berhasil terdeteksi dengan baik, yaitu Pembusukan Akar Baglog dan Pertumbuhan Tidak Normal. Kedua kategori ini memiliki nilai *precision*, *recall*, dan *f1-score* sebesar 0.0, yang berarti model gagal mengklasifikasikan data ke dalam label tersebut. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh jumlah data yang terbatas untuk kategori tersebut, sehingga model kesulitan belajar pola gejala yang spesifik. Selain itu, distribusi data yang tidak seimbang antar kelas juga memengaruhi kemampuan model dalam memberikan prediksi yang merata untuk semua kategori.

Secara keseluruhan, model ANN yang digunakan menunjukkan tingkat akurasi keseluruhan sebesar 97%, dengan *weighted average precision*, *recall*, dan *f1-score* masing-masing 0.97. Hal ini menegaskan bahwa meskipun terdapat kelemahan pada dua kategori, performa model secara umum tetap tinggi dan dapat diandalkan untuk mendukung diagnosis awal hama dan penyakit jamur tiram. Ke depannya, pengumpulan lebih banyak data khususnya untuk kategori dengan performa rendah perlu dilakukan, agar model dapat dilatih dengan distribusi yang lebih seimbang sehingga mampu meningkatkan generalisasi dan ketepatan klasifikasi pada semua kategori penyakit.



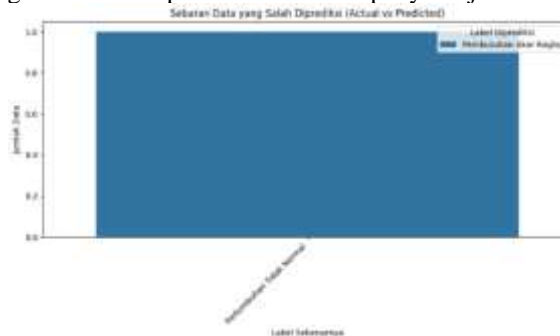
Gambar 2. Classification Report Heatmap

Gambar 2 memperlihatkan *heatmap* dari *classification report* yang menyajikan metrik evaluasi kinerja model dalam bentuk visual yang lebih mudah dipahami. Warna biru tua pada *heatmap* menandakan performa sempurna dengan nilai *presisi*, *recall*, dan *F1-score* sebesar 1.0, sementara warna putih menunjukkan performa sangat buruk dengan nilai 0.0. Visualisasi ini memberikan gambaran cepat mengenai kekuatan dan kelemahan model, sehingga memudahkan peneliti dalam mengevaluasi sejauh mana sistem dapat mengenali pola gejala penyakit jamur tiram pada setiap kelas. Dengan pendekatan ini, analisis performa model tidak hanya terbatas pada angka-angka tabel, tetapi juga lebih intuitif untuk melihat distribusi hasil klasifikasi.

Berdasarkan *heatmap* tersebut, terlihat bahwa sebagian besar kelas, yakni Infeksi Bakteri, Kekeringan/Substrat Tidak Layak, Kontaminasi *Trichoderma* sp., serta Serangan Larva Serangga, memperoleh skor sempurna pada seluruh metrik evaluasi. Hal ini mengindikasikan bahwa model ANN mampu mengenali pola gejala penyakit jamur tiram dengan sangat baik pada kelas-kelas tersebut. Keberhasilan ini memperkuat bukti bahwa pendekatan ANN dengan konfigurasi *Multi-Layer Perceptron* (MLP) efektif dalam menangani sebagian besar variasi data yang tersedia. Ketepatan ini sangat penting

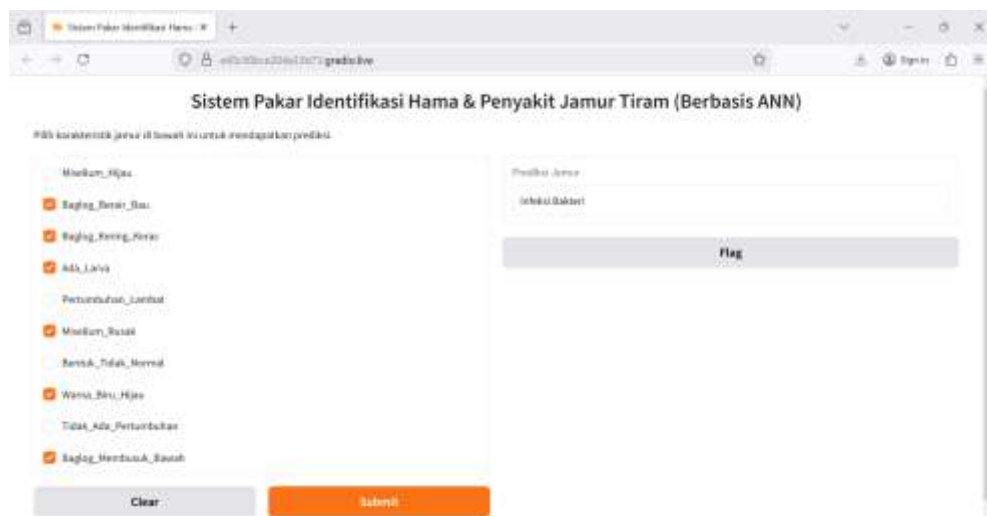
karena dapat membantu petani jamur dalam mendiagnosis penyakit secara cepat dan akurat, sehingga tindakan pencegahan atau penanganan dapat dilakukan sedini mungkin.

Namun demikian, hasil evaluasi juga memperlihatkan adanya kelemahan pada dua kelas, yaitu Pembusukan Akar Baglog dan Pertumbuhan Tidak Normal, yang sama-sama memperoleh skor nol pada semua metrik. Kondisi ini menunjukkan adanya confusion atau kesalahan klasifikasi antara kedua kelas tersebut, di mana model gagal membedakan pola gejala yang seharusnya spesifik. Kegagalan ini dapat disebabkan oleh jumlah data yang terbatas dan distribusi yang tidak seimbang, sehingga ANN kesulitan mengenali ciri-ciri unik dari kedua kategori tersebut. Untuk meningkatkan performa, penelitian selanjutnya perlu menambah jumlah data pada kelas dengan representasi rendah serta mengeksplorasi teknik balancing dataset seperti *oversampling* atau SMOTE. Dengan langkah tersebut, diharapkan model dapat lebih general dan mampu memberikan prediksi yang lebih merata pada seluruh kelas penyakit jamur tiram.



Gambar 3. Sebaran Data yang Salah Diprediksi (Actual vs Predicted)

Gambar 3 memvisualisasikan satu-satunya kasus salah klasifikasi yang terjadi selama pengujian model pada data uji. Data dengan label sebenarnya “Pertumbuhan Tidak Normal” diprediksi oleh model sebagai “Pembusukan Akar Baglog”. Kesalahan ini memberikan wawasan penting bahwa meskipun akurasi model secara keseluruhan tinggi, model tetap memiliki keterbatasan dalam membedakan dua kelas dengan karakteristik yang mungkin tumpang tindih.



Gambar 4. Hasil Implementasi Sistem Pakar Diagnosa Hama & Penyakit Jamur Tiram

Gambar 4 menunjukkan hasil implementasi sistem pakar berbasis *Artificial Neural Network* (ANN) yang dibangun menggunakan pustaka Gradio. Antarmuka pengguna dirancang agar intuitif dan mudah digunakan, terutama oleh petani jamur atau pengguna tanpa latar belakang teknis. Di sisi kiri, pengguna dapat memilih karakteristik gejala jamur tiram dalam bentuk *checkbox*, yang merepresentasikan fitur-fitur input dari model ANN. Fitur-fitur ini seperti Miselium Rusak, Baglog Berair, Warna Biru Hijau, dan lain-lain merupakan hasil analisis pakar terhadap gejala-gejala yang sering muncul di lapangan.

Setelah pengguna memilih gejala-gejala yang diamati, mereka dapat menekan tombol Submit, yang akan memproses input tersebut melalui pipeline sistem, termasuk scaling, prediksi menggunakan model terlatih, dan inversi label untuk menampilkan nama penyakit sebenarnya. Pada contoh ini, sistem berhasil memberikan hasil diagnosis yaitu “Infeksi Bakteri”, yang sesuai dengan kombinasi gejala yang dipilih. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara real-time dan memberikan rekomendasi diagnosis tanpa memerlukan proses manual atau rule-based yang kompleks.



3.2 Hasil Pengujian GUI Sistem Pakar

Pada penelitian ini dilakukan pengujian *Blackbox* pada *Graphical User Interface* (GUI) sistem pakar yang dibangun. Pengujian ini difokuskan pada titik fungsi utama aplikasi, seperti proses input gejala, pemrosesan data oleh model ANN, dan keluaran berupa hasil diagnosis penyakit jamur tiram. Tujuan dari pengujian *Blackbox* adalah memastikan bahwa setiap fitur berjalan sesuai dengan yang diharapkan dari perspektif pengguna, tanpa memperhatikan kode internal [16], [17] [18]. Berdasarkan **Tabel 5**, hasil pengujian *black-box* pada aplikasi sistem pakar diagnosis hama dan penyakit jamur tiram berbasis *Artificial Neural Networks* (ANN), dapat dilihat bahwa seluruh skenario uji coba menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diharapkan. Misalnya, ketika pengguna memilih kombinasi gejala tertentu seperti Baglog Berair Bau, Ada Larva, Miselium Rusak, dan Warna Biru Hijau, sistem berhasil memberikan prediksi penyakit yang benar, yaitu Infeksi Bakteri. Demikian pula, pada pengujian lain dengan variasi gejala yang berbeda, aplikasi tetap mampu memberikan hasil diagnosis yang sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi utama dari aplikasi, yaitu memetakan gejala menjadi diagnosis penyakit, berjalan dengan baik tanpa adanya error fungsional.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Black-box* Aplikasi Sistem Pakar ANN Jamur Tiram

No	Skenario Uji	Langkah Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Uji load aplikasi	Akses aplikasi via browser	Aplikasi tampil dengan GUI utama	Aplikasi berhasil tampil dengan GUI utama	Berhasil
2	Uji checklist gejala	Pilih beberapa checkbox gejala	Checkbox dapat dipilih/dibatalkan	Checkbox dapat dipilih dan dibatalkan	Berhasil
3	Uji tombol Submit	Pilih gejala lalu klik Submit	Muncul hasil prediksi penyakit di kolom kanan	Prediksi muncul, contoh: Infeksi Bakteri	Berhasil
4	Uji tombol Clear	Klik tombol Clear	Semua checkbox kembali kosong	Semua checkbox berhasil kosong	Berhasil
5	Uji prediksi 1	Pilih kombinasi gejala	Prediksi: Infeksi Bakteri	Prediksi sesuai: Infeksi Bakteri	Berhasil
6	Uji prediksi 2	Pilih gejala khas Kontaminasi Trichoderma sp.	Prediksi: Kontaminasi Trichoderma sp.	Prediksi sesuai: Kontaminasi Trichoderma sp.	Berhasil
7	Uji prediksi 3	Pilih gejala khas Serangan Larva Serangga	Prediksi: Serangan Larva Serangga	Prediksi sesuai: Serangan Larva Serangga	Berhasil
8	Uji prediksi 4	Pilih gejala khas Kekeringan/Substrat Tidak Layak	Prediksi: Kekeringan/Substrat Tidak Layak	Prediksi sesuai: Kekeringan/Substrat Tidak Layak	Berhasil
9	Uji prediksi 5	Pilih gejala khas Pertumbuhan Tidak Normal	Prediksi: Pertumbuhan Tidak Normal	Prediksi sesuai: Pertumbuhan Tidak Normal	Berhasil
10	Uji input kosong	Klik Submit tanpa memilih gejala	Aplikasi menolak input atau memberi pesan error	Aplikasi tidak memberi prediksi (kosong)	Berhasil
11	Uji submit berulang	Klik Submit berkali-kali	Prediksi tetap konsisten	Prediksi konsisten di setiap klik	Berhasil
12	Uji waktu respon	Klik Submit setelah memilih gejala	Respon < 3 detik	Respon rata-rata 1-2 detik	Berhasil

Selain itu, pengujian *black-box* ini membuktikan bahwa antarmuka aplikasi yang dibangun ramah pengguna, karena seluruh tombol (*Submit* dan *Clear*) berfungsi dengan baik sesuai rancangan. Tombol *Submit* berhasil memproses data masukan pengguna dan menampilkan hasil prediksi secara akurat, sementara tombol *Clear* dapat mengosongkan pilihan gejala sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan input ulang. Dengan keberhasilan seluruh skenario pengujian, dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini sudah memenuhi kriteria fungsionalitas dasar dalam implementasi sistem pakar berbasis ANN, dan siap digunakan sebagai alat bantu diagnosis awal pada budidaya jamur tiram.

3.3 Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pakar berbasis *Artificial Neural Networks* (ANN) untuk diagnosis hama dan penyakit pada jamur tiram dengan hasil yang memuaskan. Model yang digunakan dirancang menggunakan arsitektur *Multi-Layer Perceptron* (MLP) dengan dua lapisan tersembunyi, masing-masing berisi 10 neuron. Melalui konfigurasi tersebut, model mampu mempelajari serta mengenali pola gejala dari 150 sampel data yang tersedia. Hasil yang diperoleh menunjukkan akurasi sebesar 97%, yang menegaskan bahwa model ANN dengan arsitektur *Multi-Layer Perceptron* (MLP) mampu mengenali pola gejala penyakit secara lebih mendalam dibandingkan metode berbasis aturan (*rule-based*) seperti *Certainty Factor* (CF). Hal ini sejalan dengan karakteristik ANN yang unggul dalam mengolah data dengan pola non-linear dan mampu belajar dari hubungan kompleks antar fitur.



**Tabel 6.** Perbandingan Akurasi Hasil Penelitian Sistem Pakar Jamur Tiram

Metode	Akurasi
<i>Artificial Neural Networks</i> (MLP-ANN) (Metode yang diusulkan)	97%
<i>Certainty Factor</i> [4]	95%
<i>Certainty Factor + Forward Chaining</i> [7]	86%

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, terlihat adanya perbedaan tingkat akurasi pada **Tabel 6**. Penelitian oleh Rhido Rezwana dkk [4], yang menggunakan metode *Certainty Factor* berbasis web menghasilkan akurasi sebesar 95% dengan pengujian menggunakan 20 kasus. Sistem tersebut telah terbukti valid secara fungsional dan mudah diakses oleh petani, namun akurasinya masih sedikit lebih rendah dibanding penelitian ini. Sementara itu, penelitian oleh Via Febri Wulandari dkk [7] dengan pendekatan *Certainty Factor* menggunakan penelusuran *Forward Chaining* hanya mencapai tingkat akurasi 86%, menunjukkan keterbatasan metode berbasis aturan ketika dihadapkan pada variasi gejala yang kompleks.

Kelebihan utama penelitian ini terletak pada kemampuan ANN untuk mempelajari hubungan antar fitur tanpa bergantung pada aturan yang didefinisikan pakar secara manual. Hal ini memungkinkan sistem menghasilkan prediksi yang lebih konsisten serta adaptif terhadap variasi data yang lebih luas. Dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, sistem pakar berbasis ANN dapat menjadi solusi yang lebih andal untuk mendukung petani dalam mendeteksi penyakit jamur tiram secara cepat dan tepat. Selain itu, pendekatan ini juga lebih mudah dikembangkan ke depan dengan menambahkan dataset baru yang lebih banyak lagi, sehingga model dapat terus ditingkatkan performanya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pakar berbasis *Artificial Neural Networks* (ANN) untuk diagnosis hama dan penyakit pada jamur tiram dengan hasil yang memuaskan. Model yang digunakan dirancang menggunakan arsitektur *Multi-Layer Perceptron* (MLP) dengan dua lapisan tersembunyi, masing-masing berisi 10 neuron. Melalui konfigurasi tersebut, model mampu mempelajari serta mengenali pola gejala dari 150 sampel data yang tersedia. Proses evaluasi menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan tingkat akurasi mencapai 97% dan nilai presisi serta recall yang tinggi pada sebagian besar kategori penyakit. Capaian ini memperlihatkan bahwa pendekatan ANN efektif dalam menangani variasi data gejala serta mampu memberikan prediksi yang konsisten dan reliabel. Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi besar sebagai alat bantu diagnosis yang praktis dan efisien, sekaligus mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat serta tepat oleh petani dalam praktik budidaya jamur tiram.

Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian ini merekomendasikan pemanfaatan dataset yang lebih besar dan mencakup variasi data dari berbagai wilayah budidaya. Hal tersebut diharapkan dapat meningkatkan kemampuan generalisasi model. Selain itu, integrasi dengan aplikasi berbasis mobile atau teknologi IoT menjadi langkah strategis agar sistem mudah diakses langsung oleh petani di lapangan. Evaluasi tambahan terkait kecepatan komputasi dan efisiensi penggunaan sumber daya juga penting dilakukan, sehingga sistem ini dapat diterapkan secara optimal pada skala produksi pertanian yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada program Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri (BOPTN) yang diselenggarakan oleh Direktorat Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi untuk Tahun Anggaran 2025 atas hibah penelitian skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) yang diberikan kepada kami dengan nomor kontrak: No. 666/LL9/PG/2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Budidaya Jamur “Sahabat Jamur Parepare dan Universitas Islam Makassar” yang telah mengizinkan kami untuk mengumpulkan basis pengetahuan jamur tiram.

REFERENCES

- [1] Muh. I. Kadir, N. P. Husain, and R. A. Nur, “Peningkatan Kapasitas Budidaya Jamur Menggunakan Limbah Sagu Pada Masyarakat Kampung Sabron – Kabupaten Jayapura,” *Jurnal Pengabdian Sosial*, vol. 1, no. 3, pp. 93–101, Jan. 2024, doi: 10.59837/fnycvp29.
- [2] N. P. Husain, Muh. I. Kadir, and Muh. D. P, “The Oyster Mushroom Harvesting Determination System Based On Image Processing and Multi Layer Perceptron,” *Sinkron*, vol. 8, no. 4, pp. 2212–2221, Oct. 2024, doi: 10.33395/sinkron.v8i4.14126.





- [3] M. I. Kadir and N. P. Husain, "Pelatihan Budidaya Jamur Dan Pembuatan Media Tanam Jamur Tiram Di Sulawesi Selatan," *pajoco*, vol. 1, no. 2, Oct. 2021, doi: 10.33857/pajoco.v1i2.484.
- [4] Rhido Rezwana, Dwinita Arwidiyarti, and Hendri Ramdan, "Sistem Pakar Pendeteksi Penyakit Tanaman Jamur Tiram Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web," *processor*, vol. 19, no. 1, May 2024, doi: 10.33998/processor.2024.19.1.1507.
- [5] C. Pamungkas and D. A. Nugraha, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT DAN HAMA JAMUR TIRAM DI PERKUMPULAN TANI JAMUR DI KECAMATAN TUREN," 2024.
- [6] S. Hidayatullah, A. B. Setiawan, and R. K. Niswatin, "Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit Tanaman Jamur Tiram Menggunakan Metode," vol. 9, 2025.
- [7] V. F. Wulandari, A. Riyadi, and T. Hastono, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN JAMUR TIRAM PUTIH MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR DENGAN PENELUSURAN FORWARD CHAINING," *Vortex*, vol. 4, no. 1, p. 41, Jan. 2023, doi: 10.28989/vortex.v4i1.1467.
- [8] S. Matondang and P. U. Lp, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Umum Menggunakan Metode Forward Chaining," vol. 7, 2023.
- [9] A. Rafi Raihan, A. Wahyu Wardana, E. Pillardien A.R, S. Fadilah R, and A. Mustika Rizki, "PERBANDINGAN ALGORITMA LIGHTGBM DAN ANN UNTUK MENENTUKAN KUALITAS ANGGUR MERAH," *jati*, vol. 9, no. 1, pp. 1572–1579, Jan. 2025, doi: 10.36040/jati.v9i1.12716.
- [10] B. Hendrik, "TINJAUAN SISTEMATIS PERAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DAN DEEP LEARNING DALAM DIAGNOSA DEMAM BERDARAH DAN TIFUS," *Jurnal Informatika*, vol. 16, no. 2, 2024.
- [11] F. Alfarisi, "DIAGNOSA HAMA PADA TANAMAN PADI MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANN)," UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM, MALANG, 2023.
- [12] A. Hanafie, N. P. Husain, H. Kumkelo, and R. R. Putri, "APLIKASI EKSTRAKSI WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA VIOLA JONES," *ILTEK*, vol. 18, no. 02, pp. 87–91, Nov. 2023, doi: 10.47398/iltek.v18i02.130.
- [13] F. Fadilah and A. Komarudin, "PREDIKSI PENJUALAN OBAT BERBASIS ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)," vol. 6, no. 3, 2024.
- [14] N. P. Husain, "BEST FIRST FEATURE SELECTION DAN RADIAL BASIS FUNCTION UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT DIABETES," *ILTEK*, vol. 16, no. 01, pp. 29–33, Apr. 2021, doi: 10.47398/iltek.v16i01.41.
- [15] H. Okprana and R. Winanjaya, "Analisis Pengaruh Komposisi Data Training dan Testing Terhadap Akurasi Algoritma Resilient Backpropagation (RProp)," vol. 4, no. 1, 2022.
- [16] N. Putri Husain, H. B, M. Khairah, and M. Akbar, "Rancang Bangun Pendeteksi Jarak Aman Mata Dengan Layar Monitor Televisi Berbasis Arduino Uno," *jtek*, vol. 2, no. 02, pp. 184–189, Dec. 2022, doi: 10.56923/jtek.v2i02.96.
- [17] N. P. Husain, "PERANCANGAN SISTEM MANAJEMEN PENJUALAN MOTOR CASH DAN CREDIT BERBASIS WEB (STUDI KASUS PADA TOKO RAYA MOTOR KOTA PAREPARE)," *ILTEK*, vol. 16, no. 2, pp. 95–102, Oct. 2021, doi: 10.47398/iltek.v16i2.644.
- [18] N. P. Husain, J. Junaedy, A. Arwinsa, and M. Soasiu, "Rancang Bangun Alat Pengering Dan Pengupas Kulit Kacang Hijau Menggunakan Arduino Uno Dan Sensor Termocouple," *JSCE*, vol. 4, no. 2, pp. 154–163, Jul. 2023, doi: 10.61628/jsce.v4i2.836.

