

Perbandingan Algoritma Machine Learning untuk Klasifikasi Risiko Penyakit Paru Berdasarkan Data Diagnostik Pasien

Alwan Kapi Muntaha^{1*}, Kevin Dwi Satria¹, Desiana Nuranudin Putri¹, Sumanto¹, Roida Pakpahan¹, Imam Budiawan¹

¹Program Studi S1 Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, Indonesia

*Email: alwankapi@gmail.com

Info Artikel	Abstrak
Kata Kunci : penyakit paru, machine learning, klasifikasi, neural network Keywords : <i>lung diseases, machine learning, classification, neural network</i> Tanggal Artikel Dikirim : 10 November 2025 Direvisi : 24 Desember 2025 Diterima : 30 Desember 2025	Penyakit paru-paru termasuk salah satu faktor utama penyebab tingginya angka kematian di seluruh dunia. Kondisi ini terjadi karena penyakit paru-paru sering kali sulit terdeteksi pada tahap awal akibat gejalanya yang tidak spesifik. Perkembangan teknologi machine learning memberikan peluang untuk membantu proses diagnosis secara otomatis dengan memanfaatkan data diagnostik pasien. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan risiko penyakit paru menggunakan berbagai algoritma machine learning pada aplikasi Orange3, serta menentukan model dengan akurasi terbaik. Dataset yang digunakan terdiri dari 5.000 data pasien dengan 18 atribut yang mencakup faktor demografis, gaya hidup, riwayat medis, dan kondisi klinis seperti kadar oksigen, tingkat stres, dan kebiasaan merokok. Lima algoritma diuji, yaitu <i>Decision Tree</i>, <i>Naïve Bayes</i>, <i>Support Vector Machine (SVM)</i>, <i>k-Nearest Neighbor (kNN)</i>, dan <i>Neural Network</i>. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Neural Network menghasilkan nilai akurasi tertinggi sebesar 89,15%, diikuti oleh Decision Tree (85,12%) dan Naïve Bayes (83,63%). Temuan ini membuktikan bahwa Neural Network lebih unggul dalam mengenali pola kompleks antarvariabel dan mampu memberikan prediksi yang lebih akurat. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan potensi penerapan machine learning berbasis data diagnostik non-citra sebagai sistem pendukung keputusan untuk diagnosis dini penyakit paru. Abstract <i>Lung disease is a major contributing factor to high mortality rates worldwide. This is because lung disease is often difficult to detect in its early stages due to its nonspecific symptoms. The development of machine learning technology provides an opportunity to assist the automated diagnosis process by utilizing patient diagnostic data. This study aims to classify the risk of lung disease using various machine learning algorithms in the Orange3 application, and determine the model with the best accuracy. The dataset used consists of 5,000 patient data with 18 attributes covering demographic factors, lifestyle, medical history, and clinical conditions such as oxygen levels, stress levels, and smoking habits. Five algorithms were tested: Decision Tree, Naïve Bayes, Support Vector Machine (SVM), k-Nearest Neighbor (kNN), and Neural Network. The test results showed that Neural Network produced the highest accuracy value of 89.15%, followed by Decision Tree (85.12%) and Naïve Bayes (83.63%). These findings prove that Neural Network is superior in recognizing complex patterns between variables and is able to provide more accurate predictions. Thus, this study confirms the potential of applying machine learning based on non-image diagnostic data as a decision support system for early diagnosis of lung disease.</i>

1. PENDAHULUAN

Upaya pencegahan dan penanganan penyakit paru idealnya dilakukan melalui deteksi dini yang akurat agar angka kematian akibat gangguan pernapasan dapat ditekan secara signifikan. Menurut *World Health Organization (WHO, 2023)*, penyakit paru, khususnya *Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)* dan kanker paru, merupakan penyebab utama kematian global [1]. Dalam konteks pelayanan kesehatan modern, diagnosis yang cepat dan tepat menjadi fondasi penting untuk menentukan penanganan medis yang efektif. Oleh karena itu, pengembangan metode berbasis komputasi yang mampu mendukung proses diagnosis secara efisien telah menjadi kebutuhan yang mendesak di bidang kesehatan.

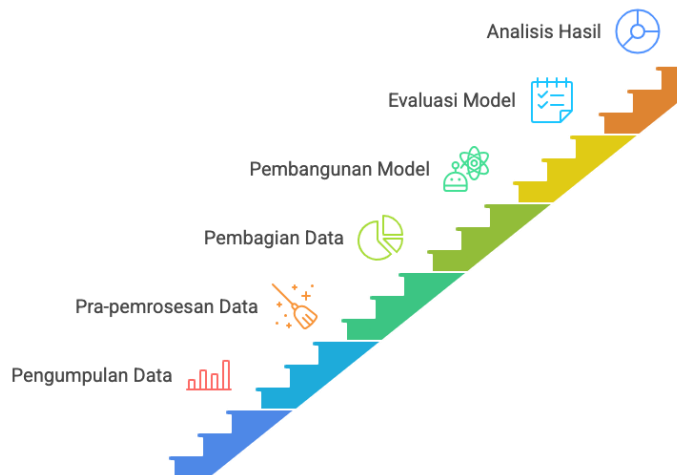
Dengan kemajuan teknologi informasi, penerapan machine learning dalam bidang medis semakin berkembang pesat dan berperan penting dalam proses deteksi dini penyakit [2]. Beberapa penelitian telah membuktikan efektivitas algoritma machine learning dalam diagnosis penyakit paru. Misalnya, penelitian sebelumnya menggunakan algoritma Decision Tree untuk mendeteksi penyakit paru terbukti efektif untuk membantu tenaga medis dalam diagnosis yang lebih cepat dan akurat [3]. Riyadi et al menerapkan algoritma Naïve Bayes untuk prediksi penyakit paru dengan tingkat akurasi yang kompetitif [4] Sementara Aprilianto dan Rizal memanfaatkan Random Forest berbasis Streamlit untuk klasifikasi kanker paru dengan hasil yang cukup baik [2].

Selain itu, sejumlah penelitian terdahulu juga menunjukkan keberhasilan penerapan *machine learning* dan *deep learning* dalam klasifikasi penyakit paru, khususnya melalui analisis citra medis dan suara paru. Penelitian oleh Amadeus Ishak dan Dolok Lauro menunjukkan bahwa algoritma *k-Nearest Neighbors (kNN)*, *Decision Tree*, dan *Naïve Bayes* mampu melakukan prediksi pasien kanker paru dengan tingkat akurasi yang kompetitif, menegaskan potensi model klasik dalam mendukung proses diagnosis berbasis data klinis pasien [5]. Lebih lanjut pada penelitian sebelumnya menegaskan bahwa model *deep learning* seperti *DanseNet* dan *ResNet* mampu mengklasifikasikan berbagai jenis penyakit paru dengan tingkat presisi tinggi dan waktu pelatihan yang efisien, terutama pada dataset citra medis berukuran besar [6]. Sementara itu, Khaing et al. (2023) mengusulkan pendekatan feature extraction berbasis *deep convolutional model* untuk klasifikasi penyakit paru dari citra X-ray, yang terbukti meningkatkan performa model hingga di atas 90% akurasi [7]. Beberapa studi menerapkan *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk deteksi penyakit paru dengan hasil akurasi yang tinggi [8], [9]. Milionita et al. juga melakukan penelitian dengan memadukan *CNN* dan *Support Vector Machine (SVM)* dalam mendeteksi *pneumonia* berdasarkan citra *chest X-ray* melaporkan bahwa *CNN* memberikan hasil akurasi yang lebih unggul dibandingkan dengan *SVM* [10], [11]. Sementara itu, Ikhsan et al. mengusulkan metode klasifikasi kanker paru berbasis *Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* dan *Extreme Learning Machine (ELM)*, yang terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola tekstur pada citra CT-Scan paru dan memberikan akurasi tinggi dalam prediksi kanker paru [12]. Penelitian Azzumzumi et al. menambahkan pendekatan peningkatan kualitas kontras pada citra X-ray dan pemanfaatan model *EfficientNet* [13], yang terbukti mampu meningkatkan keakuratan klasifikasi penyakit paru-paru secara signifikan. Sementara itu penelitian Cong et al. melalui meta-analysis menemukan bahwa machine learning mampu meningkatkan akurasi diagnosis pada kasus fibrosis paru idiopatik [14]. Sementara itu, Garcia-Mendez et al. melakukan *systematic review* terhadap penggunaan *machine learning* untuk klasifikasi otomatis suara paru abnormal dari basis data publik, dan hasilnya menunjukkan bahwa algoritma seperti *Random Forest*, *SVM*, dan *Deep Neural Network (DNN)* memiliki potensi tinggi dalam mendeteksi kelainan pernapasan melalui analisis sinyal akustik paru [15]. Meskipun berbagai penelitian tersebut menunjukkan efektivitas pendekatan *deep learning* berbasis citra dan suara medis, sebagian besar masih terfokus pada *image-based* atau *sound-based data*. Sebaliknya, data diagnostik non-citra seperti usia, kebiasaan merokok, tingkat stres mental, dan saturasi oksigen yang juga berperan penting dalam diagnosis penyakit paru belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, data non-citra memiliki potensi besar sebagai indikator awal penyakit paru dan dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem prediksi berbasis data klinis pasien.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan performa lima *Algoritma Machine Learning Decision Tree*, *Naïve Bayes*, *Support Vector Machine (SVM)*, *k-Nearest Neighbor (kNN)*, dan *Neural Network* dalam mengklasifikasikan risiko penyakit paru berdasarkan data diagnostik pasien *non-citra* menggunakan aplikasi *Orange3*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan algoritma dengan tingkat akurasi tertinggi dalam memprediksi risiko penyakit paru secara efisien. Inovasi dalam penelitian ini terletak pada penggunaan dataset non-citra serta pemanfaatan platform *visual Orange3*, yang memungkinkan pengujian berbagai algoritma tanpa harus melakukan pemrograman secara manual. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan medis yang adaptif dan mudah dioperasikan oleh tenaga kesehatan non-teknis untuk membantu proses diagnosis dini penyakit paru-paru.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan model *supervised learning* berbasis klasifikasi biner (*YES/NO*) untuk memprediksi status penyakit paru. Implementasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Orange3, yang memungkinkan proses analisis tanpa pemrograman melalui alur visual berbasis workflow. Setiap tahapan pemrosesan data dilakukan secara sistematis untuk memastikan hasil analisis yang akurat dan dapat direplikasi.



Gambar 1. Workflow penelitian

2.1 Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumber terbuka di Kaggle, dengan tautan resmi: <https://www.kaggle.com/datasets/shantanugarg274/lung-cancer-prediction-dataset>. Dataset ini berisi 5.000 data pasien dan 18 atribut, yang mencakup variabel demografis, gaya hidup, riwayat medis, serta kondisi klinis. Beberapa atribut penting di antaranya adalah *Age*, *Smoking*, *Fatigue*, *Cough Frequency*, *Shortness of Breath*, *Oxygen Saturation*, *Mental Stress*, dan *Chest Pain*. Label target yang digunakan adalah *PULMONARY_DISEASE* dengan dua nilai kelas: YES (terindikasi penyakit paru) dan NO (tidak terindikasi).

Data Table							
	LMONARY_DISEA	GENDER	SMOKING	SURE_TO_POLLU	NG_TERM_ILLNE	IMUNE_WEAKNES	FAMILY
4980	NO	1	1	0	1	0	1
4981	NO	0	1	1	1	0	0
4982	YES	1	1	0	1	1	1
4983	NO	1	0	0	1	0	0
4984	YES	1	1	1	1	0	0
4985	YES	1	1	0	1	1	0
4986	NO	0	1	1	1	0	0
4987	YES	1	1	1	1	0	0
4988	YES	1	1	1	1	1	1
4989	NO	0	1	1	1	0	0
4990	NO	1	1	0	0	1	1
4991	NO	1	1	1	0	0	0
4992	NO	1	0	1	1	0	1
4993	YES	0	1	0	0	0	0
4994	NO	1	1	0	0	0	0
4995	YES	1	1	1	0	1	1
4996	YES	0	1	0	1	1	1
4997	YES	0	1	1	1	0	0
4998	NO	1	0	0	0	1	0
4999	NO	1	0	0	0	0	0
5000	NO	0	1	1	1	0	0

Gambar 2. Tampilan Dataset Lung Cancer Disease

Gambar 2 menampilkan struktur *dataset Lung Disease Prediction* yang digunakan dalam penelitian ini. *Dataset* tersebut terdiri dari 5.000 data pasien dengan 18 atribut yang mencakup faktor demografis, gaya hidup, riwayat

medis, dan kondisi klinis. Berdasarkan hasil observasi pada Gambar 2, seluruh fitur telah terdefinisi dengan baik dan tidak ditemukan missing value, sehingga data berada dalam kondisi bersih (*clean dataset*) dan siap digunakan untuk tahap analisis serta pelatihan model *machine learning*.

2.2 Alur Proses Pengolahan Data

Proses penelitian dilakukan secara bertahap melalui beberapa komponen utama (*widgets*) di *Orange3*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Berikut penjelasan setiap tahapannya:

1) **File Widget**

Dataset Lung Disease Prediction.csv dimasukkan ke dalam *Orange3* sebagai sumber data utama. Komponen ini membaca seluruh atribut serta tipe data yang digunakan untuk analisis.

2) **Data Table Widget**

Digunakan untuk menampilkan isi dataset dalam bentuk tabel, memastikan seluruh fitur terbaca dengan benar serta mendeteksi adanya missing value atau duplikasi data.

3) **Select Columns Widget**

Tahapan ini menentukan variable prediktor dan target klasifikasi. Variabel targetnya yaitu *PULMONARY_DISEASE (YES/NO)*, untuk variable prediktor nya ada 17 fitur klinis seperti *AGE*, *SMOKING*, *OXYGEN_SATURATION*, *STRESS_LEVEL*, dan lainnya.

4) **Data Sampler Widget**

Digunakan untuk membagi dataset menjadi dua bagian, yaitu 80% data training untuk melatih model, dan 20% data testing untuk mengevaluasi performa model. Pembagian ini dilakukan secara acak untuk menghindari bias pada data uji.

5) **Model Training Widgets**

Lima algoritma klasifikasi digunakan untuk membangun model prediksi:

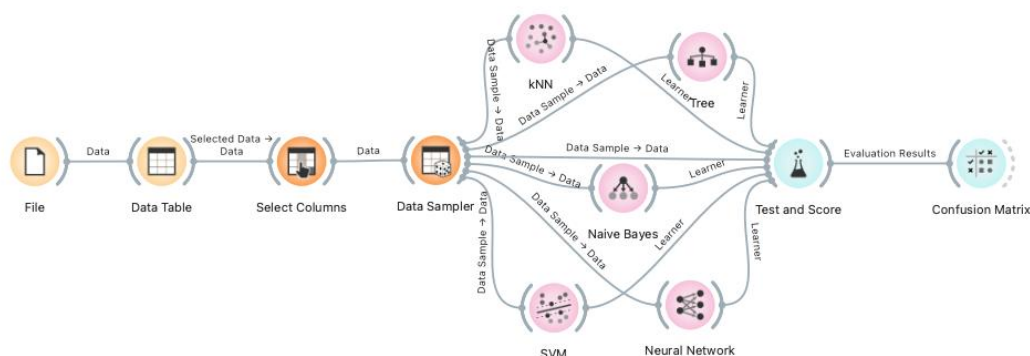
- *Decision Tree*: Menghasilkan aturan pohon keputusan berdasarkan informasi gain.
- *Naïve Bayes*: Menggunakan pendekatan probabilistik sederhana berdasarkan Teorema Bayes.
- *Support Vector Machine (SVM)*: Mencari hyperplane optimal untuk memisahkan kelas data.
- *k-Nearest Neighbor (kNN)*: Menentukan kelas berdasarkan mayoritas tetangga terdekat.
- *Neural Network*: Menggunakan lapisan neuron terhubung untuk mempelajari pola non-linear kompleks pada data.

6) **Test & Score Widget**

Tahap ini digunakan untuk mengevaluasi performa dari masing-masing model dengan mengukur beberapa metrik utama, yaitu: *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, *Matthews Correlation Coefficient (MCC)*.

7) **Confusion Matrix Widget**

Menampilkan distribusi hasil klasifikasi antara data yang benar dan salah prediksi untuk setiap model, membantu analisis kesalahan dan tingkat ketepatan model.



Gambar 3. Workflow Proses Pengolahan Data di Orange3

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Test & Score Widget

Hasil pengujian dilakukan menggunakan lima algoritma klasifikasi yaitu *Decision Tree*, *Naïve Bayes*, *Support Vector Machine (SVM)*, *k-Nearest Neighbor (kNN)*, dan *Neural Network* di dalam platform *Orange3*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai *Area Under Curve (AUC)*, *Classification Accuracy (CA)*, *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *Matthews Correlation Coefficient (MCC)*. Berdasarkan hasil evaluasi pada aplikasi *Orange3*, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil perbandingan model

Model	AUC	CA	F1	Prec	Recall	MCC
Tree	0.856	0.851	0.851	0.851	0.851	0.690
Naïve Bayes	0.898	0.836	0.835	0.836	0.836	0.659
SVM	0.733	0.695	0.692	0.691	0.695	0.360
kNN	0.719	0.680	0.679	0.678	0.680	0.334
Neural Network	0.922	0.891	0.891	0.891	0.891	0.775

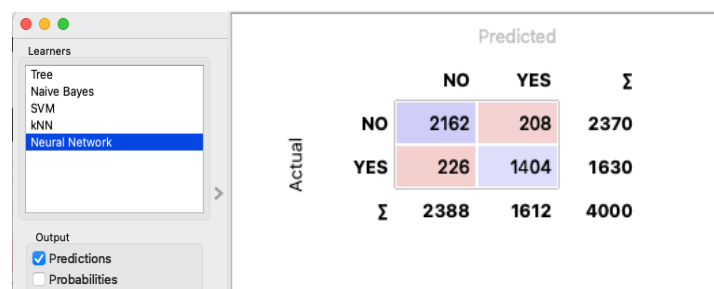
Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 1, algoritma *Neural Network* menunjukkan performa terbaik dengan nilai akurasi (*Classification Accuracy*) sebesar 89,15%, diikuti oleh *Decision Tree* sebesar 85,12%, *Naïve Bayes* sebesar 83,63%, *Support Vector Machine (SVM)* sebesar 69,48%, dan *k-Nearest Neighbor (kNN)* sebesar 68,00%. Selain itu, Tabel 1 juga menunjukkan bahwa *Neural Network* memiliki nilai *Area Under Curve (AUC)* tertinggi yaitu 0,922, yang mengindikasikan kemampuan model yang lebih baik dalam membedakan kelas positif dan negatif dibandingkan algoritma lainnya.

Perbedaan hasil akurasi ini menunjukkan bahwa setiap algoritma memiliki karakteristik yang berbeda dalam mengenali pola data. Algoritma *Neural Network* unggul karena kemampuannya dalam menangkap hubungan non-linear antar variabel seperti usia, kebiasaan merokok, dan tingkat saturasi oksigen. Hal ini membuatnya lebih mampu menggeneralisasi pola kompleks yang terdapat dalam dataset penyakit paru. Sementara itu, *SVM* dan *kNN* menunjukkan performa yang relatif lebih rendah karena keterbatasannya dalam menangani data dengan distribusi non-linear dan fitur yang saling berinteraksi.

Temuan ini menjadi kontribusi penting dalam pengembangan sistem diagnosis berbasis data karena menunjukkan bahwa pemilihan algoritma yang sesuai dapat meningkatkan keakuratan klasifikasi secara signifikan. Implementasi model *Neural Network* pada data diagnostik pasien juga dapat menjadi dasar untuk sistem pendukung keputusan medis dalam mendeteksi risiko penyakit paru secara dini.

3.2 Confusion Matrix

Selain hasil evaluasi metrik akurasi, precision, recall, dan F1-Score, analisis kinerja model juga dilakukan menggunakan confusion matrix seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Confusion matrix

Berdasarkan Gambar 4, model *Neural Network* berhasil mengklasifikasikan data dengan hasil yang cukup baik. Dari total 4.000 data uji, sebanyak 2.162 data "NO" dan 1.404 data "YES" berhasil diklasifikasikan dengan benar.

Sementara itu, terdapat 208 data false positive (diprediksi “YES” namun sebenarnya “NO”) dan 226 data false negative (diprediksi “NO” namun sebenarnya “YES”).

Selain hasil evaluasi otomatis pada aplikasi Orange3, perhitungan akurasi juga dapat dilakukan secara manual menggunakan nilai pada Confusion Matrix. Berdasarkan Gambar 3, diperoleh:

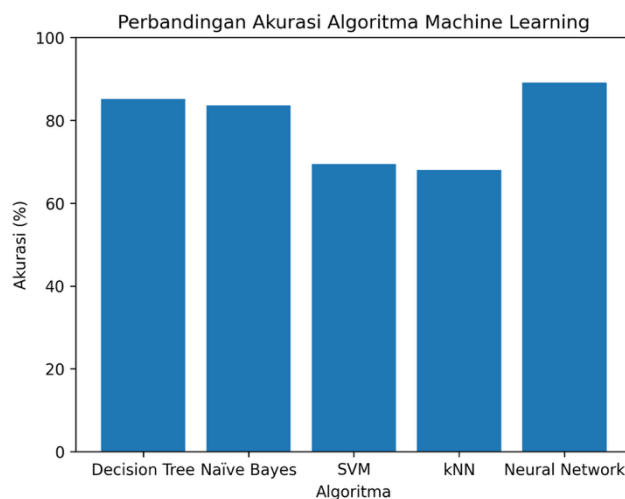
- True Postive (TP) = 1.404
- True Negative (TN) = 2.164
- False Positive (FP) = 208
- False Negative (FN) = 226

Rumus akurasi dihitung dengan persamaan berikut:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Accuracy = \frac{1404 + 2162}{1404 + 2162 + 208 + 226} = 0.8915$$

Sehingga diperoleh nilai akurasi sebesar 89,15%, yang menunjukkan bahwa model *Neural Network* memiliki tingkat ketepatan prediksi tertinggi dalam mengklasifikasikan data pasien penyakit paru.



Gambar 5. Visualisasi Hasil Klasifikasi Berbagai Algoritma Machine Learning

Berdasarkan gambar 5, terlihat secara jelas bahwa algoritma neural Network menghasilkan performa klasifikasi terbaik dengan nilai akurasi tertinggi dibandingkan algoritma lainnya. Visualisasi ini memudahkan pemahaman perbedaan kemampuan klasifikasi antar algoritma serta memperkuat hasil evaluasi numerik yang telah disajikan sebelumnya pada tabel 1.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengklasifikasikan penyakit paru berdasarkan data diagnostik pasien menggunakan lima algoritma machine learning yaitu Decision Tree, Naïve Bayes, Support Vector Machine (SVM), k-Nearest Neighbor (kNN), dan Neural Network melalui platform Orange3. Berdasarkan hasil pengujian, algoritma Neural Network memberikan performa terbaik dengan nilai akurasi sebesar 89,15% dan nilai AUC sebesar 0,922, menandakan kemampuan model yang baik dalam membedakan kelas positif dan negatif. Performa terbaik Neural Network disebabkan oleh kemampuannya mengenali pola non-linear yang kompleks antar variabel seperti usia, kebiasaan merokok, dan tingkat saturasi oksigen, dibandingkan metode lain seperti SVM dan kNN yang cenderung kurang efektif untuk data multivariabel.

Hasil ini membuktikan bahwa Neural Network merupakan metode yang paling sesuai untuk klasifikasi penyakit paru berbasis data diagnostik pasien non-citra. Penelitian ini juga memberikan kontribusi ilmiah berupa pemanfaatan

platform Orange3 yang mudah digunakan tanpa pemrograman langsung, sehingga dapat diimplementasikan oleh tenaga medis non-teknis untuk mendukung proses diagnosis dini penyakit paru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization. (2023, June.26) *Lung Cancer* [online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lung-cancer>
- [2] D. Aprilianto and E. Rizal, "Klasifikasi Penyakit Kanker Paru Menggunakan Algoritma Random Forest Berbasis Streamlit," vol. 9, p. 2025, doi: 10.47002/metik.v9i2.1076.
- [3] A. Sholiha and Z. Fatah, "Klasifikasi Penyakit Paru-Paru Menggunakan Data Mining Decision Tree," 2025.
- [4] B. Riyadi, D. Saputra, and A. A. Sari, "Penerapan Algoritma Naïve Bayes Untuk Prediksi Penyakit Paru (Studi Kasus : Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Soeratto Gemolong)," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB)*, p. 2025.
- [5] Y. Amadeus Ishak and M. Dolok Lauro, "Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi Prediksi Pasien Kanker Paru-Paru Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors, Decision Tree, Dan Naive Bayes."
- [6] M. Javid and H. Xie, "Deep Learning Models for Classification of Lung Diseases," *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 858–868, Mar. 2024, doi: 10.59324/ejtas.2024.2(2).77.
- [7] E. E. Khaing, T. Z. Aung, E. Ei, and K. E. Tone, "Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images 34 Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images." [Online]. Available: <http://jit.it.msu.ac.th>
- [8] M. Jasmine Pemeena Priyadarsini *et al.*, "Lung Diseases Detection Using Various Deep Learning Algorithms," *J Healthc Eng*, vol. 2023, 2023, doi: 10.1155/2023/3563696.
- [9] P. Syifa, Safwandi, and Z. Fitri, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Paru Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dan Rule Based System," *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 10, no. 2, pp. 1380–1392, Jul. 2025, doi: 10.36341/rabit.v10i2.6548.
- [10] A. Millionita, B. Mayor, C. E. Mongi, W. Christo, and D. Weku, "IJIDS Sistem Deteksi Penyakit Pneumonia Menggunakan Algoritma Klasifikasi Convolutional Neural Network dan Support Vector Machine Dengan Citra Chest X-Ray," 2022. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/IJIDS/index>
- [11] P. Rosyani *et al.*, "Klasifikasi Penyakit Paru-Paru Berbasis Pengolahan Citra X-Ray Menggunakan Convolutional Neural Network." [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/biikma>
- [12] A. Ilmiah Aplikasi Teknologi *et al.*, "JURNAL APTEK Klasifikasi Kanker Paru-Paru berdasarkan Data Citra CT-Scan: Berbasis Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Extreme Learning Machine", doi: 10.30606/aptek.v17i2.3553.
- [13] A. D. Azzumzumi, M. Hanafi, and W. M. P. Dhuhiha, "Klasifikasi Penyakit Paru-Paru Berdasarkan Peningkatan Kualitas Kontras dan EfficientNet Menggunakan Gambar X-Ray," *Teknika*, vol. 13, no. 2, pp. 293–300, Jul. 2024, doi: 10.34148/teknika.v13i2.881.
- [14] L. Cong, Y. Chen, X. He, M. KuErBan, C. Wu, and L. Chen, "Diagnosis accuracy of machine learning for idiopathic pulmonary fibrosis: a systematic review and meta-analysis," *Eur J Med Res*, vol. 30, no. 1, Apr. 2025, doi: 10.1186/s40001-025-02501-x.
- [15] J. P. Garcia-Mendez *et al.*, "Machine Learning for Automated Classification of Abnormal Lung Sounds Obtained from Public Databases: A Systematic Review," Oct. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/bioengineering10101155.