

Prediksi Prognosis Kanker Payudara Menggunakan Hybrid Artificial Neural Network dan Gaussian Naïve Bayes

Jesika Octavia Hutagaol^{1*}, Margaretha Yohanna², Harlen Gilbert Simanullang³

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Methodist Indonesia

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Methodist Indonesia

³Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Methodist Indonesia

Email: ¹hutagaoljesika04@gmail.com, ²yohanna.na2@gmail.com, ³harlen.gilbert@gmail.com

Abstrak – Kanker payudara menjadi salah satu jenis kanker yang paling banyak menyebabkan kematian pada wanita di dunia. Prognosis kanker payudara diperlukan untuk membantu tenaga medis dalam memprediksi kemungkinan kekambuhan penyakit sehingga penanganan dapat dilakukan lebih cepat dan tepat. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode hybrid Artificial Neural Network (ANN) dan Gaussian Naïve Bayes untuk prediksi prognosis kanker payudara menggunakan dataset Breast Cancer Wisconsin Prognostic (WPBC). Dataset yang digunakan terdiri dari 198 data pasien dengan 35 fitur numerik. Tahapan penelitian meliputi preprocessing data, normalisasi, pembagian data latih dan data uji menggunakan rasio 80:20, ekstraksi fitur menggunakan ANN, serta klasifikasi menggunakan Gaussian Naïve Bayes. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan metode tunggal, penelitian ini memanfaatkan ANN sebagai ekstraksi fitur sebelum proses klasifikasi menggunakan Gaussian Naïve Bayes. ANN digunakan dengan satu hidden layer berisi 16 neuron untuk mempelajari hubungan non-linear antar fitur dan menghasilkan 16 fitur baru hasil dari ekstraksi. Fitur hasil ekstraksi tersebut kemudian digunakan sebagai input pada proses klasifikasi menggunakan Gaussian Naïve Bayes. Evaluasi model dilakukan menggunakan confusion matrix berdasarkan metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode hybrid ANN-Gaussian Naïve Bayes memperoleh accuracy sebesar 90%, precision sebesar 72,73%, recall sebesar 88,89%, dan F1-score sebesar 80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan hybrid mampu meningkatkan performa klasifikasi prognosis kanker payudara dibandingkan metode tunggal.

Kata kunci: Kanker Payudara, Prognosis, Artificial Neural Network, Gaussian Naïve Bayes, Hybrid

Abstract – Breast cancer is one of the types of cancer that causes the most deaths in women in the world. Breast cancer prognosis is important to assist medical personnel in predicting the possibility of recurrence so that treatment can be provided more effectively. This study aims to implement a hybrid Artificial Neural Network (ANN) and Gaussian Naïve Bayes method for breast cancer prognosis prediction using the Breast Cancer Wisconsin Prognostic (WPBC) dataset. The dataset consisted of 198 patient records with 35 numerical features. The research stages included data preprocessing, normalization, splitting the dataset into training and testing data using an 80:20 ratio, feature extraction

using ANN, and classification using Gaussian Naïve Bayes. Unlike previous studies that generally used single methods, this study utilizes ANN as a feature extractor before the classification process using Gaussian Naïve Bayes. ANN was used with one hidden layer containing 16 neurons to learn non-linear relationships among features and generate 16 new extracted features. These extracted features were then used as input for Gaussian Naïve Bayes classification process. Model evaluation was conducted using a confusion matrix with accuracy, precision, recall, and F1-score metrics. The experimental results showed that the hybrid ANN-Gaussian Naïve Bayes method achieved an accuracy of 90%, precision of 72.73%, recall of 88.89%, and an F1-score of 80%. These results indicate that the hybrid method provides better classification performance compared to single methods in breast cancer prognosis prediction.

Keywords— Breast Cancer, Prognosis, Artificial Neural Network, Gaussian Naïve Bayes, Hybrid

I. PENDAHULUAN

Salah satu penyakit dengan jumlah penderita tertinggi pada wanita di seluruh dunia adalah kanker payudara, yang juga merupakan penyebab utama kematian akibat kanker. Penyakit ini terjadi akibat pertumbuhan sel abnormal pada jaringan payudara yang berkembang secara tidak terkendali. Menurut World Health Organization (WHO), kanker payudara menjadi salah satu jenis kanker dengan jumlah kasus baru tertinggi setiap tahunnya. Tingginya jumlah penderita kanker payudara menyebabkan pentingnya proses prognosis untuk membantu tenaga medis memprediksi kemungkinan *recurrence* atau *non-recurrence* setelah pasien menjalani pengobatan [1].

Perkembangan teknologi *machine learning* telah banyak diterapkan dalam bidang kesehatan, khususnya untuk membantu proses klasifikasi dan prediksi penyakit [2]. Berbagai metode *machine learning* telah digunakan dalam klasifikasi kanker payudara, seperti Decision Tree, Support Vector Machine, Artificial Neural Network (ANN), dan Naïve Bayes [3], [4].

Artificial Neural Network (ANN) merupakan metode berbasis jaringan saraf tiruan yang memiliki kemampuan baik dalam mempelajari pola non-linear pada data [5]. ANN bekerja dengan meniru cara kerja jaringan saraf manusia melalui proses pembelajaran bobot pada setiap neuron [6]. Metode ANN mampu menghasilkan performa klasifikasi yang baik pada berbagai kasus kesehatan karena mampu mengenali pola kompleks pada dataset medis [7].

Meskipun demikian, ANN memiliki kelemahan ketika digunakan pada dataset berukuran kecil karena berpotensi mengalami overfitting [8], [9]. Overfitting menyebabkan model terlalu menyesuaikan data latih sehingga performa model menurun ketika digunakan pada data baru. Oleh sebab itu, diperlukan kombinasi dengan metode lain untuk meningkatkan stabilitas model klasifikasi.

Gaussian Naïve Bayes merupakan metode klasifikasi probabilitas yang bekerja menggunakan pendekatan Teorema Bayes dengan menganggap setiap atribut bersifat independen [10]. Metode ini dapat digunakan pada dataset berukuran kecil karena memiliki proses komputasi yang sederhana, cepat, dan efektif [11]. Meskipun datanya terbatas, Gaussian Naïve Bayes juga dapat menghasilkan hasil klasifikasi yang stabil [12].

Beberapa penelitian sebelumnya masih berfokus pada diagnosis kanker payudara menggunakan metode tunggal. Penelitian oleh Tanti et al. menggunakan metode Naïve Bayes untuk klasifikasi kanker payudara dan memperoleh hasil yang cukup baik [13]. Penelitian lain oleh Yordanus dan Senjaya menunjukkan bahwa metode *deep learning* memberikan performa yang baik pada dataset Wisconsin, namun membutuhkan proses komputasi yang lebih kompleks [14]. Namun, kedua penelitian tersebut masih menggunakan metode tunggal dan belum menerapkan kombinasi ANN sebagai feature extractor dengan Gaussian Naïve Bayes dalam prediksi prognosis kanker payudara.

Penelitian ini mengusulkan metode hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes, di mana ANN digunakan sebagai metode ekstraksi fitur untuk menghasilkan representasi fitur yang lebih optimal sebelum proses klasifikasi dilakukan menggunakan Gaussian Naïve Bayes. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis performa metode hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes dalam memprediksi prognosis kanker payudara menggunakan dataset WPBC berdasarkan nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

II. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

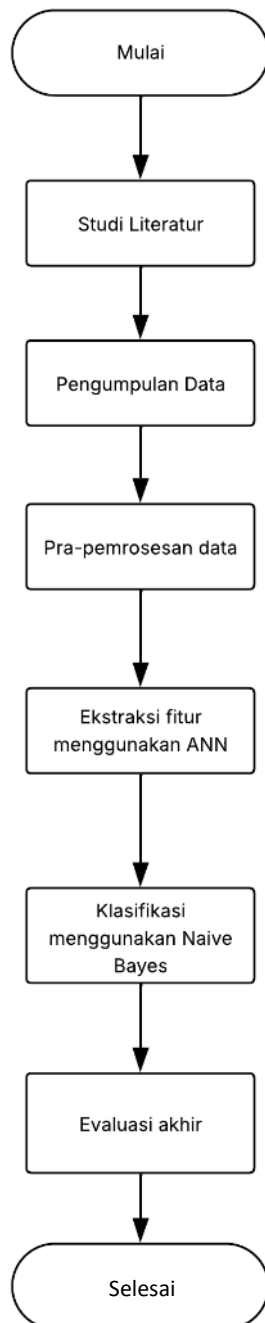
Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif

digunakan karena penelitian berfokus pada pengukuran performa model machine learning dalam memprediksi prognosis kanker payudara berdasarkan data numerik. Metode eksperimen dilakukan dengan melakukan proses pelatihan dan pengujian model hybrid Artificial Neural Network dan Gaussian Naïve Bayes menggunakan dataset Breast Cancer Wisconsin Prognostic (WPBC).

Dataset untuk penelitian ini diperoleh dari Breast Cancer Wisconsin Prognostic (WPBC) yang berisi data prognosis kanker payudara dengan dua kelas yaitu recurrence dan non-recurrence. Dataset terdiri dari 198 data pasien dengan beberapa atribut numerik yang merepresentasikan karakteristik sel tumor payudara, seperti ukuran, tumor, radius, tekstur, perimeter, area, smoothness, compactness, concavity, concave points, symmetry, fractal dimension, tumor_size, dan lymph_node_status. Pada penelitian ini atribut ID tidak digunakan dalam proses pelatihan model karena hanya berfungsi sebagai identitas data, sedangkan atribut outcome digunakan sebagai label kelas prognosis.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa perangkat lunak Python dengan beberapa library pendukung machine learning seperti scikit-learn, NumPy, dan Pandas [15]. Library tersebut digunakan untuk preprocessing data, pelatihan model ANN, klasifikasi Gaussian Naïve Bayes, serta evaluasi model.

Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur, pengumpulan data, preprocessing data, pelatihan model hybrid, hingga evaluasi performa model. Framework penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Framework Penelitian

B. Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan proses preprocessing data untuk membersihkan dan mempersiapkan dataset sebelum digunakan dalam pelatihan model *machine learning*. Tahap preprocessing meliputi pengecekan missing value, normalisasi data, dan pemisahan atribut dengan label kelas. Pada dataset ditemukan beberapa missing value pada atribut *lymph_node_status* yang ditandai dengan simbol “?”. Missing value tersebut ditangani menggunakan metode imputasi median agar tetap dapat digunakan dalam proses pelatihan model tanpa mengurangi jumlah dataset secara signifikan.

Label kelas pada dataset terdiri dari dua kategori yaitu N (Non-Recurrence) dan R (Recurrence). Pada penelitian ini

label kelas ditransformasikan ke dalam bentuk numerik, yaitu 0 untuk Non-Recurrence dan 1 untuk Recurrence agar dapat diproses oleh algoritma *machine learning*. Selanjutnya dilakukan normalisasi data menggunakan metode MinMaxScaler untuk menyamakan rentang nilai antar fitur sehingga proses pelatihan model menjadi lebih optimal. Dataset kemudian dibagi menjadi data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20%.

Setelah preprocessing selesai dilakukan, Artificial Neural Network (ANN) digunakan untuk mempelajari pola hubungan antar fitur pada dataset prognosis kanker payudara. ANN terdiri dari input layer, satu hidden layer berisi 16 neuron dengan fungsi aktivasi ReLU. Pada penelitian ini, ANN tidak digunakan sebagai klasifikasi akhir, melainkan sebagai proses ekstraksi fitur untuk menghasilkan representasi data yang lebih baik sebelum dilakukan klasifikasi. Hasil keluaran dari hidden layer kemudian digunakan sebagai input pada Naïve Bayes untuk proses klasifikasi prognosis kanker payudara.

Gaussian Naïve Bayes merupakan metode klasifikasi probabilitas yang menggunakan distribusi Gaussian untuk menghitung probabilitas setiap fitur terhadap kelas tertentu [16]. Metode ini dipilih karena memiliki proses komputasi dengan baik pada dataset berukuran kecil dan karena dataset yang digunakan didominasi oleh atribut kontinu sehingga lebih sesuai menggunakan distribusi Gaussian.

Namun, Gaussian Naïve Bayes memiliki kelemahan karena mengasumsikan bahwa setiap fitur tidak bergantung satu sama lain. Pada dataset medis, khususnya prognosis kanker payudara, beberapa atribut memiliki hubungan atau keterkaitan antar fitur sehingga asumsi independensi tidak terpenuhi. Oleh karena itu, pada penelitian ini ANN digunakan untuk mempelajari pola hubungan antar atribut dan menghasilkan representasi fitur yang lebih optimal sebelum dilakukan proses klasifikasi menggunakan Gaussian Naïve Bayes.

Evaluasi performa model dilakukan menggunakan confusion matrix untuk memperoleh nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. *Accuracy* digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan klasifikasi secara keseluruhan, *precision* digunakan untuk mengukur ketepatan prediksi positif, *recall* digunakan untuk mengukur kemampuan model untuk menemukan kelas positif, sedangkan *F1-score* digunakan untuk menyeimbangkan nilai *precision* dan *recall*. Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengetahui kemampuan model hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes dalam memprediksi prognosis kanker payudara secara akurat.

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil penelitian diperoleh melalui proses pelatihan dan pengujian model hybrid Artificial Neural Network (ANN) dan Gaussian Naïve Bayes menggunakan dataset Breast Cancer Wisconsin Prognostic (WPBC). Tahapan penelitian meliputi *preprocessing* data, ekstraksi fitur menggunakan ANN, proses klasifikasi menggunakan Gaussian Naïve Bayes, serta evaluasi performa model menggunakan *confusion matrix*.

Hasil preprocessing menunjukkan bahwa seluruh data berhasil dipersiapkan untuk proses pelatihan model. Dataset terdiri dari 198 data pasien dengan 33 atribut numerik yang telah dinormalisasikan ke rentang 0 sampai 1 sehingga data memiliki skala yang seragam. Data hasil preprocessing tersebut kemudian digunakan sebagai input pada proses ekstraksi fitur menggunakan ANN. Hasil preprocessing data dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. Hasil Pra-pemrosesan Data

No	X1	X2	...	X33
1	0,2419	0,6467	...	0,1852
2	0,4839	0,6455	...	0,0741
3	0,9274	0,7753	...	0,0000
4	0,9839	0,3932	...	0,0000
5	0,2097	0,7339	...	0,0000
6	0,5565	0,0207	...	0,1481
7	0,2016	0,0077	...	0,0741
8	0,7742	0,7055	...	0,0000
9	0,3145	0,0280	...	0,0370
10	0,7258	0,5330	...	0,0000
...
198	0,0403	0,0188	...	0,0000

Artificial Neural Network digunakan untuk mempelajari pola hubungan antar atribut pada dataset prognosis kanker payudara. Pada penelitian ini, ANN digunakan sebagai proses ekstraksi fitur sebelum dilakukan klasifikasi menggunakan Gaussian Naïve Bayes. Penggunaan ANN pada tahap ekstraksi fitur bertujuan untuk menghasilkan representasi data yang lebih optimal sehingga dapat membantu meningkatkan performa klasifikasi.

Hasil ekstraksi fitur dari *hidden layer* ANN menghasilkan 16 fitur baru yang merepresentasikan pola hubungan non-linear antar atribut pada dataset prognosis kanker payudara. Fitur h1 hingga h16 merupakan hasil keluaran dari *hidden layer* pada proses ekstraksi fitur menggunakan ANN. Fitur-fitur hasil ekstraksi tersebut kemudian digunakan sebagai input pada Gaussian Naïve Bayes untuk proses klasifikasi. Contoh hasil ekstraksi fitur ANN dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. Hasil Ekstraksi Fitur ANN

No	h1	h2	...	h16
1	6,1817	7,0391	...	6,8659
2	5,5567	5,3165	...	5,8130
3	6,9028	6,7886	...	8,1575
4	4,9642	4,9198	...	5,8549
5	5,0671	5,7334	...	5,5280

6	6,1975	6,7072	...	6,5077
7	5,0884	5,1054	...	4,7174
8	6,9139	7,5168	...	6,3324
9	4,2840	5,4390	...	5,2366
10	5,7202	6,6955	...	5,8062
...
198	4,6595	6,0358	...	6,3119

Berdasarkan Tabel 2, ANN berhasil menghasilkan representasi fitur baru dari data asli melalui proses pembelajaran pada hidden layer. Fitur-fitur tersebut digunakan sebagai input pada Gaussian Naïve Bayes sehingga proses klasifikasi dapat dilakukan menggunakan representasi data yang diharapkan lebih optimal dibandingkan menggunakan data asli secara langsung.

Setelah proses ekstraksi fitur selesai dilakukan, Gaussian Naïve Bayes digunakan untuk melakukan klasifikasi prognosis kanker payudara berdasarkan fitur hasil ekstraksi ANN. Contoh hasil klasifikasi Gaussian Naïve Bayes terhadap data uji dapat dilihat pada Tabel 3.

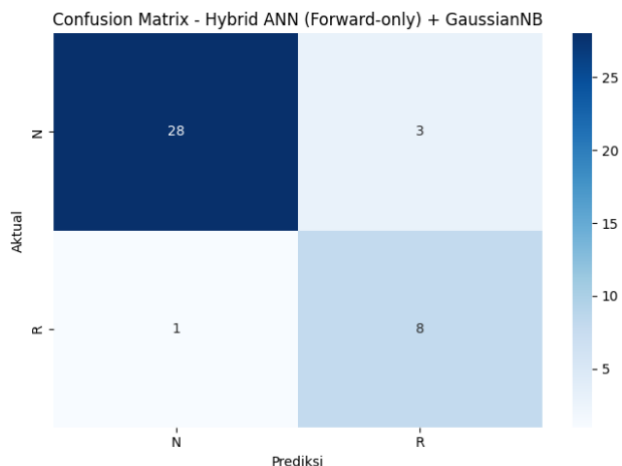
TABEL 3. Hasil Klasifikasi Gaussian Naïve Bayes

No	Data Uji	Prediksi
1	0	0
2	0	1
3	0	0
4	1	1
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	1
12	0	0
13	0	1
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	0	0
...
40	1	0

Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa sebagian besar data uji berhasil diprediksi dengan benar oleh model hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes. Penggunaan fitur hasil ekstraksi ANN membantu Gaussian Naïve Bayes dalam mengenali pola data prognosis kanker payudara dengan lebih baik. Hasil

pengujian model hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes berdasarkan *confusion matrix* dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil perbandingan performa model dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 2. Confusion Matrix ANN dan Gaussian Naïve Bayes

Berdasarkan *confusion matrix* pada Gambar 2, model hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes berhasil mengklasifikasikan sebagian besar data secara akurat. Sebanyak 28 data kelas non-recurrence berhasil diprediksi dengan benar (*True Negative*), sedangkan 8 data kelas *recurrence* berhasil juga diklasifikasikan dengan benar (*True Positive*). Selain itu, terdapat 3 data *False positive* dan 1 data *False Negative*. Kesalahan klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa beberapa data masih memiliki pola atribut yang mirip antar kelas sehingga model mengalami kesulitan dalam membedakan karakteristik tertentu pada data prognosis kanker payudara. Meskipun demikian, jumlah prediksi benar yang lebih dominan menunjukkan bahwa model hybrid mampu mempelajari pola prognosis kanker payudara dengan cukup baik. Adapun hasil dari evaluasi model dapat dilihat pada Gambar 3.

```

=====
EVALUASI MODEL
=====
Akurasi      : 90.00%
Presisi      : 72.73%
Recall       : 88.89%
F1-Score     : 80.00%
    
```

Gambar 3. Evaluasi Model

Berdasarkan hasil evaluasi pada Gambar 3, model hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes memperoleh nilai *accuracy* sebesar 90%, *precision* sebesar 72,73%, *recall* sebesar 88,89%, dan *F1-score* sebesar 80%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan untuk melakukan klasifikasi prognosis kanker payudara dengan performa yang cukup baik.

Selain melakukan pengujian terhadap model hybrid, penelitian ini juga melakukan pengujian terhadap metode tunggal untuk mengetahui perbandingan performa model.

TABEL 4. Perbandingan Performa Model

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
ANN	75%	40%	22,22%	28,57%
Gaussian Naïve Bayes	47,50%	22,73%	55,56%	32,26%
Hybrid ANN-Gaussian Naïve Bayes	90%	72,73%	88,89%	80%

Berdasarkan Tabel 4, metode hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes memperoleh performa terbaik dibandingkan metode tunggal. ANN sebagai metode tunggal memperoleh *accuracy* sebesar 75%, sedangkan Gaussian Naïve Bayes memperoleh *accuracy* sebesar 47,50%.

Rendahnya performa Gaussian Naïve Bayes dipengaruhi oleh asumsi independensi antar atribut yang kurang sesuai pada dataset medis. Pada dataset prognosis kanker payudara, beberapa atribut memiliki hubungan antar fitur sehingga asumsi independensi tidak sepenuhnya terpenuhi. Sementara itu, ANN sebagai metode tunggal mampu mempelajari pola data dengan lebih baik, namun masih memiliki keterbatasan dalam proses klasifikasi pada dataset berukuran kecil.

Penggabungan ANN dan Gaussian Naïve Bayes mampu menghasilkan representasi fitur yang lebih baik sebelum proses klasifikasi dilakukan. Representasi fitur tersebut membantu Gaussian Naïve Bayes dalam mengurangi pengaruh asumsi independensi antar atribut sehingga proses klasifikasi menjadi lebih optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi metode machine learning dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam klasifikasi prognosis kanker payudara.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode hybrid Artificial Neural Network (ANN) dan Gaussian Naïve Bayes untuk prediksi prognosis kanker payudara menggunakan dataset Breast Cancer Wisconsin Prognostic (WPBC). ANN digunakan sebagai proses ekstraksi fitur sebelum dilakukan klasifikasi menggunakan Gaussian Naïve Bayes. Pendekatan hybrid yang digunakan mampu meningkatkan performa klasifikasi dibandingkan metode tunggal.

Berdasarkan hasil pengujian, model hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes memperoleh nilai *accuracy* sebesar 90%, *precision* sebesar 72,73%, *recall* sebesar 88,89%, dan *F1-score* sebesar 80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan hybrid ANN dan Gaussian Naïve Bayes mampu menghasilkan performa klasifikasi yang lebih baik dibandingkan penggunaan metode tunggal.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya jumlah dataset yang relatif kecil dan hanya menggunakan satu arsitektur ANN dengan satu hidden layer dan belum membandingkan performa dengan metode deep learning lainnya.

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan dataset dengan jumlah data yang lebih besar serta membandingkan performa metode hybrid dengan algoritma machine learning lainnya untuk memperoleh hasil klasifikasi yang lebih optimal, juga dapat memanfaatkan metode Explainable Artificial Intelligence (XAI) untuk mengetahui fitur yang memiliki pengaruh terbesar terhadap hasil prediksi prognosis kanker payudara.

REFERENSI

- [1] S. Z. Amanta, A. Fitri, H. S. Nasution, and D. Sitanggang, "Faktor – Faktor yang Memengaruhi Disease Free Survival 5 Tahun Pasien Kanker Payudara di RSUD Raden," vol. 6, pp. 5448–5463, 2025.
- [2] D. Z. Zurkarnain, A. Damayanti, and E. Winarko, "Hybrid Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation dengan Firefly Algorithm dan Simulated Annealing untuk Peramalan Curah Hujan di Surabaya," vol. 3, no. 1, pp. 56–70, 2021.
- [3] Natalia et al., "Perbandingan Algoritma Naive Bayes , Logistic Regression Dan Artificial Neural Network Untuk Klasifikasi Tingkat Kesejahteraan Keluarga," pp. 1–13.
- [4] N. Cahyani, R. Irsyada, and A. Y. Kartini, "Implementasi Machine Learning Model sebagai Sistem Prediksi Penyakit Breast Cancer," vol. 4, no. 2, pp. 1112–1120, 2024.
- [5] A. B. Kurniati and W. A. Sidik, "Model Artificial Neural Networks (ANN) untuk Prediksi COVID- 19 di Indonesia," vol. 12, no. 3, pp. 833–844, 2023.
- [6] V. R. Danestiara and M. S. Abdillah, "Deep Neural Network untuk Klasifikasi Influenza," vol. 21, no. 2, pp. 288–292, 2022.
- [7] T. H. Saragih *et al.*, "Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dengan Adaptive Moment Estimation untuk Klasifikasi Penyakit Covid-19 di Kalimantan Selatan," vol. 16, no. 2, pp. 162–172, 2022.
- [8] O. Shobayo, "Developments in Deep Learning Artificial Neural Network Techniques for Medical Image Analysis and Interpretation," pp. 1–31, 2025.
- [9] A. Safonova, G. Ghazaryan, S. Stiller, M. Mainknorn, C. Nendel, and M. Ryo, "International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation Ten deep learning techniques to address small data problems with remote sensing," *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 125, no. November, p. 103569, 2023, doi: 10.1016/j.jag.2023.103569.
- [10] A. N. P. Shona Chayy Bilqisth, Khoirudin, "Mengukur Tingkat Kepuasan Mahasiswa Terhadap E-Learning Universitas Semarang Menggunakan Algoritma Naïve Bayes," *J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 17, pp. 1–7, 2022.
- [11] W. A. Dewa, "Penerapan Metode Naïve Bayes untuk Menentukan Pengajuan Polis Baru pada PT. Asuransi "XYZ"," vol. 20, pp. 83–91, 2021.
- [12] A. E. Prasetya, F. M. Ishaq, I. Prasetya, and N. Purwati, "Implementasi Teknik Data Mining untuk Memprediksi Kanker Payudara dengan Algoritma Naive Bayes," vol. 1, no. 1, pp. 27–35, 2025.
- [13] L. Tanti, B. S. Riza, Y. Y. Thanri, and N. Panjaitan, "Model Klasifikasi Penyakit Kanker Payudara Menggunakan Algoritma Naive Bayes," *IT J.*, vol. 12, no. 2, pp. 1–12, 2024, [Online]. Available: <https://www.doi.org/10.22303/it.1.1.2021.01-10>
- [14] M. I. Yordanus and W. F. Senjaya, "Prediksi Diagnosis dan Prognosis Breast Cancer menggunakan Machine Learning," vol. 6, no. November, pp. 284–290, 2024.
- [15] M. R. Alfarizi and M. Z. Al-farish, "Penggunaan Python sebagai Bahasa Pemrograman untuk Machine Learning dan Deep Learning," vol. 2, pp. 1–6, 2023.
- [16] A. A. Permana, I. Engineering, U. M. Tangerang, and J. Perintis, "Enhancing Early Diagnosis of Heart Disease : A Comparative Study of K-NN and Naive Bayes Classifiers Using the UCI Heart Disease Dataset," vol. 5, no. 1, pp. 35–42, 2024, doi: 10.26714/jichi.v5i1.11251.