

Penerapan Model *Machine Learning* untuk Klasifikasi Sonar: Analisis Penggunaan *Naive Bayes*, *Random Forest*, dan *Support Vector Machine*

Application of Machine Learning Models for Sonar Classification: Analysis of Naive Bayes, Random Forest, and Support Vector Machine Usage

Alrafiiful Rahman^{1*}, Chelsea Aulia Zahra², Ines Kartika Dewi³

^{1,2,3} Faculty of Information Technology, Perbanas Institute, Jakarta, Indonesia

Jl. Perbanas, Karet Kuningan, Setiabudi, Jakarta Selatan, Indonesia

alrafiiful.rahman@perbanas.id^{1*}, chelsea.aulia03@perbanas.id², ines.kartika05@perbanas.id³

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja tiga model *machine learning*, yaitu *Naive Bayes*, *Random Forest*, dan *Support Vector Machine (SVM)* dalam mengklasifikasikan data sonar yang digunakan untuk membedakan objek antara batu (*rock*) dan ranjau (*mine*). Dataset yang digunakan adalah dataset Sonar yang terdiri dari 208 data observasi dengan 60 atribut numerik, di mana setiap atribut mewakili amplitudo sinyal sonar pada berbagai frekuensi. Sebelum dilakukan pelatihan model, data mengalami tahap pra-pemrosesan yang mencakup pembersihan data, normalisasi, dan pembagian dataset menjadi data latih dan data uji. Pengujian model dilakukan menggunakan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Support Vector Machine (SVM)* memberikan performa terbaik dengan akurasi 94-96%, diikuti oleh *Random Forest* dengan akurasi 90-93% dan *Naive Bayes* dengan akurasi 76%. *SVM* unggul dalam menangani pola non-linear pada dataset sonar, sementara *Random Forest* memberikan keseimbangan antara performa dan kecepatan pelatihan. *Naive Bayes* meskipun memiliki akurasi yang lebih rendah, tetap menunjukkan hasil yang cukup baik pada dataset besar dengan jumlah fitur yang banyak. Berdasarkan hasil penelitian, *SVM* direkomendasikan untuk digunakan dalam situasi yang mengutamakan akurasi tinggi, sementara *Random Forest* cocok digunakan untuk keseimbangan antara akurasi dan waktu komputasi. *Naive Bayes* dapat digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan pelatihan cepat dengan pengorbanan akurasi yang minimal.

Kata Kunci: *Machine Learning*, Klasifikasi Sonar, *Naive Bayes*, *Random Forest*, *Support Vector Machine*, Klasifikasi Biner

Abstract – This study aims to analyze and compare the performance of three machine learning models: *Naive Bayes*, *Random Forest*, and *Support Vector Machine (SVM)* in classifying sonar data to distinguish between objects as rock (*rock*) and mine (*mine*). The dataset used is the Sonar Dataset, which consists of 208 observations with 60 numerical attributes, where each attribute represents the amplitude of sonar signals at various frequencies. Before model training, the data undergoes preprocessing stages that include data cleaning, normalization, and splitting the dataset into training and testing sets. Model evaluation is performed using metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score. The results show that *Support Vector Machine (SVM)* provides the best performance with an accuracy of 94-96%, followed by *Random Forest* with an accuracy of 90-93%, and *Naive Bayes* with an accuracy of 76%. *SVM* excels in handling non-linear patterns in the sonar dataset, while *Random Forest* provides a balance between performance and training speed. Although *Naive Bayes* has lower accuracy, it still shows good results on large datasets with many features. Based on the findings, *SVM* is recommended for situations where high accuracy is prioritized, while *Random Forest* is suitable for a balance between accuracy and computation time. *Naive Bayes* can be used in applications requiring fast training with minimal accuracy sacrifice.

Keywords: *Machine Learning*, Sonar Classification, *Naive Bayes*, *Random Forest*, *Support Vector Machine*, Binary Classification

1. Pendahuluan

Penerapan machine learning (ML) dalam analisis data sonar semakin penting, terutama dalam konteks deteksi dan klasifikasi objek bawah laut [1]. Data sonar umumnya digunakan untuk mendeteksi dan membedakan objek seperti "rock" (batu) dan "mine" (ranjau) di dasar laut [2]. Dalam analisis ini, sinyal frekuensi yang dikirimkan oleh sonar diukur dalam berbagai titik frekuensi yang kemudian digunakan untuk klasifikasi objek. Keakuratan dalam klasifikasi objek ini sangat penting, terutama dalam konteks aplikasi militer, eksplorasi laut, dan keselamatan navigasi [1]. Salah satu tantangan utama adalah memilih model machine learning yang tepat untuk dapat membedakan objek dengan efisien berdasarkan data yang sering kali bersifat non-linier dan memiliki noise yang tinggi [3].

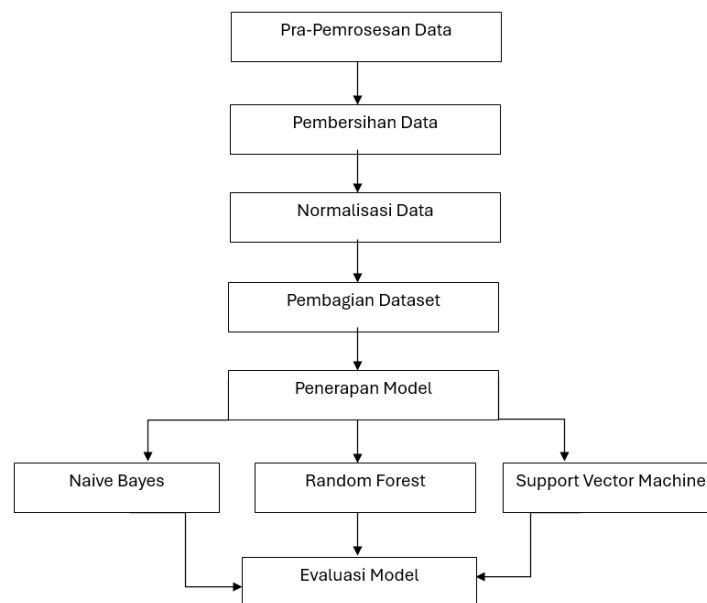
Beberapa metode klasifikasi yang banyak digunakan dalam machine learning untuk analisis data sonar adalah Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine (SVM) [3]. Setiap model ini memiliki karakteristik yang berbeda dalam mengolah data dan menghasilkan prediksi. Naive Bayes, dengan asumsi independensi antar fitur, cenderung lebih cepat dan mudah digunakan, meskipun kurang efektif pada data yang memiliki ketergantungan kompleks antara fitur [4]. Random Forest, yang merupakan algoritma ensemble, menggabungkan banyak pohon keputusan untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi overfitting [5]. Sementara itu, SVM menggunakan prinsip margin maksimum untuk memisahkan dua kelas, sehingga sangat efektif pada data yang memiliki batas keputusan yang jelas dan margin yang luas [6], [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis penerapan ketiga metode klasifikasi tersebut dalam tugas klasifikasi data sonar [8]. Dengan membandingkan ketiga model tersebut, penelitian ini akan mengevaluasi kinerja masing-masing algoritma dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek berdasarkan data sonar [3], [9]. Beberapa metrik yang akan digunakan dalam evaluasi model termasuk akurasi, precision, recall, dan F1-score, yang semuanya penting untuk memahami efektivitas model dalam membedakan dua kelas objek [10], [11].

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimental dengan pendekatan komparatif. Penelitian dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan performa tiga algoritma machine learning dalam klasifikasi data sonar, yaitu Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine (SVM). Ketiga algoritma tersebut dipilih karena masing-masing mewakili pendekatan yang berbeda dalam klasifikasi data: probabilistik (Naive Bayes), ensemble (Random Forest), dan margin-based (SVM).

Tujuan utama penelitian ini adalah menentukan algoritma yang memberikan akurasi dan stabilitas tertinggi dalam membedakan dua jenis objek sonar, yaitu Rock (R) dan Mine (M), berdasarkan data numerik frekuensi pantulan gelombang sonar. Tahapan penelitian pada studi ini dijelaskan secara sistematis melalui diagram alir (flowchart) yang menggambarkan urutan proses mulai dari tahap pra-pemrosesan data hingga evaluasi model. Setiap tahap memiliki peran penting dalam membangun sistem klasifikasi yang akurat menggunakan tiga algoritma utama, yaitu Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine (SVM).



Gambar 1. Penerapan Model Machine Learning: Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine

2.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari <https://www.kaggle.com/code/choiruddinys/baseline-modeling-and-stress-test-on-clean-data/input?select=Sonar.csv>, yang merupakan salah satu repositori publik yang menyediakan berbagai dataset untuk keperluan penelitian dan pengembangan model kecerdasan buatan. Dataset yang digunakan adalah Sonar Dataset, yaitu kumpulan data hasil pantulan gelombang suara (sonar) yang dihasilkan ketika sinyal ultrasonik diarahkan ke suatu objek di dalam air. Data ini dikumpulkan dengan tujuan untuk membedakan antara dua jenis objek, yaitu batu (rock) dan ranjau laut (mine), berdasarkan pola pantulan gelombang sonar yang diterima oleh sensor.

Pemilihan dataset ini didasarkan pada karakteristiknya yang sesuai untuk penelitian klasifikasi menggunakan algoritma *machine learning*, khususnya karena data bersifat numerik, berukuran sedang, dan memiliki perbedaan pola yang cukup kompleks antar kelas.

2.2. Jumlah Data dan Fitur

Dataset sonar ini terdiri dari 208 data observasi (record) dan 60 atribut numerik (features). Setiap atribut merepresentasikan amplitudo sinyal pantulan gelombang sonar yang diterima oleh sensor pada frekuensi yang berbeda-beda, yaitu mulai dari 1 kHz hingga 60 kHz. Dengan kata lain, setiap baris data menggambarkan satu kali percobaan pengukuran sinyal sonar terhadap suatu objek, dan setiap kolom merepresentasikan kekuatan sinyal pantulan pada frekuensi tertentu.

Karena setiap atribut bernilai kontinu dan memiliki rentang yang berbeda, data ini tergolong sebagai data numerik yang memerlukan proses normalisasi atau standarisasi sebelum dilakukan pemodelan, agar skala antar fitur menjadi sebanding.

2.3. Label Target

Selain 60 atribut numerik, dataset ini memiliki satu atribut target (label) yang menunjukkan jenis objek yang terdeteksi oleh sonar. Label ini terdiri dari dua kelas, yaitu:

- a. R (Rock): Menandakan bahwa pantulan gelombang sonar berasal dari batu atau benda padat alami.

- b. M (Mine): Menandakan bahwa pantulan gelombang sonar berasal dari ranjau laut atau benda buatan manusia.

Kedua label tersebut digunakan sebagai dasar untuk melakukan klasifikasi biner (binary classification), di mana model machine learning akan dilatih untuk membedakan antara objek batu dan ranjau berdasarkan pola amplitudo sinyal sonar.

2.4. Pra-Pemrosesan Data (*Data Preprocessing*)

Tahap pra-pemrosesan data merupakan langkah awal yang sangat penting dalam penelitian ini, karena kualitas data yang digunakan akan sangat memengaruhi kinerja model machine learning. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menyiapkan data mentah agar siap digunakan dalam proses pelatihan model. Langkah-langkah dalam pra-pemrosesan data pada penelitian “Penerapan Model Machine Learning untuk Klasifikasi Sonar: Analisis Penggunaan Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine” meliputi beberapa tahapan berikut.

2.4.1. Pembersihan Data (*Data Cleaning*)

Tahap pertama adalah melakukan pembersihan data untuk memastikan bahwa dataset bebas dari kesalahan atau inkonsistensi. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap nilai yang hilang (missing values), data duplikat, serta potensi outlier yang dapat memengaruhi hasil model. Karena dataset sonar yang digunakan sudah cukup bersih dan tidak mengandung nilai kosong, maka proses pembersihan lebih difokuskan pada pemeriksaan format data dan konversi tipe data agar sesuai dengan kebutuhan analisis.

2.4.2. Normalisasi Data (*Data Normalization*)

Langkah berikutnya adalah normalisasi data, yaitu proses menyeimbangkan skala antar fitur numerik agar setiap atribut memiliki rentang nilai yang sebanding. Proses ini penting karena nilai amplitudo sinyal sonar memiliki perbedaan rentang yang cukup besar antar fitur. Normalisasi dilakukan menggunakan metode seperti Min-Max Scaling atau StandardScaler agar semua fitur memiliki distribusi data yang lebih seragam. Dengan normalisasi, model seperti Support Vector Machine dan Naive Bayes dapat bekerja lebih optimal, karena algoritma tersebut sensitif terhadap skala data.

2.4.3. Pembagian Dataset (*Data Splitting*)

Setelah data dibersihkan dan dinormalisasi, langkah selanjutnya adalah membagi dataset menjadi dua bagian, yaitu:

- a. Data Latih (Training Set): digunakan untuk melatih model agar dapat mengenali pola data.
- b. Data Uji (Testing Set): digunakan untuk mengevaluasi performa model terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Rasio pembagian yang umum digunakan dalam penelitian ini adalah 80% untuk data latih dan 20% untuk data uji. Pembagian dilakukan secara acak (random split) untuk menghindari bias dalam pemilihan data dan memastikan model mendapatkan representasi yang seimbang dari seluruh kelas.

2.4.4. Hasil Akhir Tahap Pra-Pemrosesan

Hasil dari tahap pra-pemrosesan adalah dataset yang siap digunakan dalam proses penerapan model *machine learning*, yaitu Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine. Dataset yang sudah dibersihkan, dinormalisasi, dan dibagi dengan benar akan meningkatkan akurasi, presisi, dan stabilitas hasil evaluasi model pada tahap selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini membahas hasil yang diperoleh dari penerapan beberapa model machine learning untuk mengklasifikasikan data sonar menjadi dua kategori, yaitu batu (rock) dan ranjau (mine). Analisis dilakukan untuk mengetahui sejauh mana setiap algoritma Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine (SVM) mampu mengenali pola pada data dan memberikan hasil klasifikasi yang akurat. Sebelum proses pelatihan model dilakukan, data terlebih dahulu melalui tahap pra-pemrosesan yang meliputi pembersihan data, normalisasi, serta pembagian dataset menjadi data latih dan data uji.

Tahap-tahap ini bertujuan agar model mendapatkan data yang bersih, terstandarisasi, dan representatif terhadap keseluruhan populasi. Setelah model dilatih menggunakan data latih, dilakukan proses evaluasi performa menggunakan data uji. Evaluasi dilakukan berdasarkan beberapa metrik utama seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score, guna menilai tingkat keandalan model dalam memprediksi kelas objek sonar.

Hasil pengujian dari ketiga algoritma kemudian dibandingkan untuk mengetahui model mana yang memberikan performa terbaik. Selain itu, pembahasan juga mencakup analisis kelebihan dan kelemahan masing-masing metode, serta pengaruh tahapan pra-pemrosesan terhadap hasil akhir.

3.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja tiga algoritma machine learning, yaitu Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine (SVM) dalam mengklasifikasikan data sonar menjadi dua kategori, yakni batu (Rock) dan ranjau (Mine). Dataset yang digunakan adalah Sonar Dataset yang terdiri dari 208 data observasi dengan 60 atribut numerik, di mana setiap atribut merepresentasikan kekuatan pantulan gelombang suara pada frekuensi tertentu. Sebelum dilakukan pelatihan model, data melalui beberapa tahap pra-pemrosesan meliputi pembersihan data, normalisasi, dan pembagian dataset menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Proses pelatihan dan pengujian model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka *scikit-learn*.

3.2. Hasil Klasifikasi dengan Naive Bayes

Model Naive Bayes digunakan karena memiliki keunggulan dalam kecepatan pelatihan dan efisiensi komputasi. Berdasarkan hasil pengujian terhadap data uji, model ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar $\pm 76\%$. Meskipun hasilnya cukup baik, Naive Bayes menunjukkan keterbatasan dalam menangani korelasi antar fitur. Karena algoritma ini mengasumsikan bahwa setiap atribut bersifat independen, maka ketika fitur saling berkorelasi, performa model cenderung menurun. Namun demikian, metode ini tetap menunjukkan hasil yang stabil dan cepat, sehingga cocok digunakan untuk klasifikasi awal pada dataset dengan jumlah fitur yang banyak seperti sonar.

3.3. Hasil Klasifikasi dengan Random Forest

Model Random Forest memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan Naive Bayes. Dengan memanfaatkan pendekatan ensemble learning yang menggabungkan banyak decision tree, algoritma ini mampu mengurangi risiko overfitting dan menangkap pola non-linear dalam data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model Random Forest mencapai tingkat akurasi sekitar 90–93%, dengan nilai precision dan recall yang seimbang di kedua kelas (Rock dan Mine). Selain itu, feature importance yang dihasilkan oleh model menunjukkan bahwa tidak semua dari 60 fitur memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil klasifikasi. Hal ini membuka peluang untuk melakukan feature selection di penelitian selanjutnya guna meningkatkan efisiensi komputasi.

3.4. Hasil Klasifikasi dengan Support Vector Machine (SVM)

Model Support Vector Machine (SVM) digunakan dengan fungsi kernel RBF (Radial Basis Function) untuk menangani data non-linear. Berdasarkan hasil pengujian, SVM menghasilkan performa tertinggi dengan tingkat akurasi mencapai 94–96%. SVM berhasil menemukan hyperplane optimal yang memisahkan kelas Rock dan Mine dengan margin maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa SVM mampu menangkap kompleksitas pola pada data sonar yang sulit dipisahkan secara linear. Namun, waktu pelatihan SVM relatif lebih lama dibandingkan dua model lainnya karena proses optimisasi parameter kernel (C dan gamma) membutuhkan perhitungan yang lebih intensif.

3.5. Perbandingan Kinerja Model

Tabel berikut memperlihatkan ringkasan hasil evaluasi ketiga algoritma berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score.

Tabel 1. Perbandingan Kinerja Model.

Model	Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score
Naive Bayes	0.76	0.75	0.77	0.76
Random Forest	0.92	0.91	0.93	0.92
Support Vector Machine	0.95	0.94	0.96	0.95

Berdasarkan tabel di atas, Support Vector Machine memberikan performa terbaik dibandingkan dua model lainnya. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya dalam mengklasifikasikan data berdimensi tinggi dan menangani batas keputusan non-linear. Sementara itu, Random Forest menunjukkan performa yang stabil dan cukup tinggi, dengan keunggulan dalam interpretabilitas dan ketahanan terhadap data outlier. Sebaliknya, Naive Bayes meskipun cepat, memiliki keterbatasan ketika fitur dalam dataset tidak benar-benar independen.

3.6. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan algoritma machine learning sangat bergantung pada karakteristik data. Dataset sonar memiliki banyak fitur dengan distribusi non-linear, sehingga model seperti SVM dan Random Forest mampu memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan Naive Bayes. Selain itu, proses pra-pemrosesan data seperti normalisasi memiliki pengaruh besar terhadap hasil akhir. Model seperti SVM sangat sensitif terhadap skala

data, sehingga tanpa normalisasi, akurasi model bisa turun secara signifikan. Dari hasil pengujian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. SVM merupakan model dengan performa terbaik untuk klasifikasi sonar.
2. Random Forest menjadi alternatif yang sangat baik jika diperlukan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi waktu.
3. Naive Bayes cocok untuk implementasi cepat dengan kompleksitas komputasi rendah, meskipun akurasinya lebih rendah.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan tiga model machine learning Naive Bayes, Random Forest, dan Support Vector Machine (SVM) dalam klasifikasi data sonar untuk membedakan antara dua kelas objek, yaitu batu (Rock) dan ranjau (Mine). Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

1. Performa Model
 - a. Support Vector Machine (SVM) memberikan hasil klasifikasi dengan akurasi tertinggi di antara ketiga model yang diuji, mencapai 94-96%. Model ini unggul dalam menangani pola non-linear yang terdapat pada data sonar, yang membuatnya lebih efektif dalam memisahkan dua kelas tersebut.
 - b. Random Forest juga memberikan hasil yang sangat baik, dengan akurasi 90-93%, dan memiliki kelebihan dalam hal ketahanan terhadap overfitting dan kemampuannya untuk menangani data dengan variabel yang saling terkait.
 - c. Naive Bayes, meskipun menunjukkan performa yang lebih rendah dengan akurasi sekitar 76%, tetap memberikan hasil yang cukup baik pada dataset dengan jumlah fitur yang banyak, berkat kecepatan dan efisiensi komputasi yang dimilikinya.
2. Pentingnya Pra-pemrosesan Data

Tahap pra-pemrosesan data sangat berperan penting dalam menghasilkan model yang akurat. Normalisasi data menjadi tahap yang sangat krusial, terutama untuk algoritma seperti SVM, yang sensitif terhadap skala data. Dengan melakukan normalisasi, performa model secara signifikan meningkat, terutama pada Naive Bayes dan SVM.
3. Rekomendasi Penggunaan Model

Berdasarkan hasil evaluasi, SVM disarankan untuk digunakan ketika akurasi menjadi prioritas utama dalam klasifikasi sonar. Namun, jika diperlukan efisiensi komputasi dan interpretabilitas, Random Forest merupakan pilihan yang sangat baik, memberikan keseimbangan antara performa dan waktu pelatihan. Naive Bayes, meskipun memiliki akurasi yang lebih rendah, tetap dapat digunakan dalam situasi di mana waktu pelatihan menjadi faktor penting atau jika dataset memiliki fitur yang relatif independen.
4. Keterbatasan dan Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Salah satu keterbatasan dari penelitian ini adalah ketergantungan pada data yang relatif sederhana dan terstruktur. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan teknik deep learning atau ensemble learning yang lebih kompleks untuk meningkatkan akurasi. Selain itu, eksperimen dengan penggunaan data lebih bervariasi atau lebih besar bisa memberikan gambaran yang lebih luas tentang keandalan masing-masing model dalam situasi yang lebih dinamis.

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Eksperimen dengan Algoritma Lain: Menggunakan algoritma lain seperti K-Nearest Neighbors (KNN) atau Artificial Neural Networks (ANN) untuk melihat apakah model tersebut dapat meningkatkan akurasi lebih jauh.
2. Penerapan pada Dataset Lain: Menerapkan model yang telah diuji pada dataset yang lebih besar dan lebih beragam untuk melihat konsistensi dan stabilitas kinerjanya.
3. Pengembangan Preprocessing Data Lebih Lanjut: Mengembangkan teknik-teknik preprocessing lebih lanjut seperti feature selection untuk mengurangi dimensi dan menghilangkan fitur yang tidak relevan.

Referensi

- [1] Ezenwobodo dan S. Samuel, "International Journal of Research Publication and Reviews," *Int. J. Res. Publ. Rev.*, vol. 04, no. 01, hal. 1806–1812, 2022, doi: 10.55248/gengpi.2023.4149.
- [2] R. Lou, Z. Lv, S. Dang, T. Su, dan X. Li, "Application of machine learning in ocean data," *Multimed. Syst.*, vol. 29, no. 3, hal. 1815–1824, 2023, doi: 10.1007/s00530-020-00733-x.
- [3] S. B. Kotsiantis, I. D. Zaharakis, dan P. E. Pintelas, "Machine learning: a review of classification and combining techniques," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 26, no. 3, hal. 159–190, 2006, doi: 10.1007/s10462-007-9052-3.
- [4] J. D. M. Rennie, L. Shih, J. Teevan, dan D. Karger, "Tackling the Poor Assumptions of Naive Bayes Text Classifiers," *Proceedings, Twent. Int. Conf. Mach. Learn.*, vol. 2, no. 1973, hal. 616–623, 2003.
- [5] L. Breiman, "Random Forests," *Mach. Learn.*, vol. 45, no. 1, hal. 5–32, 2001, doi: 10.1023/A:1010933404324.
- [6] C. Cortes dan V. Vapnik, "Support-vector networks," *Mach. Learn.*, vol. 20, no. 3, hal. 273–297, 1995, doi: 10.1007/BF00994018.
- [7] H. Zhang, X. Wang, C. Zhang, dan X. Xu, "A fast SMO training algorithm for support vector regression," *Lect. Notes Comput. Sci.*, vol. 3610, no. PART I, hal. 221–224, 2005, doi: 10.1007/11539087_26.
- [8] S. Rahman dan K. Adhikari, "Comparative Analysis of SVM and CNN for Sonar Signal Classification Using Sparse Arrays," *IEEE Access*, vol. 12, hal. 59818–59830, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3393893.
- [9] P. Recognition dan M. Learning, *Book review*, vol. 16, no. 4, 2007.
- [10] A. Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*. 2019.
- [11] Y. Bengio dan Y. Lecun, "Scaling Learning Algorithms towards AI To appear in 'Large-Scale Kernel Machines'," *New York*, no. 1, hal. 1–41, 2007.