

PENERAPAN MLP CLASSIFIER UNTUK KLASIFIKASI DATA SENSOR PADA APLIKASI ROBOTIKA CERDAS

Muhammad Wahyu Ramadhan, Adlian Jefiza
Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Sejarah Artikel: Diterima: Juni 2025 Revisi: Juni 2025 Diterima: Juli 2025 Dipublikasi: Juli 2025</p> <p>Kata Kunci: Machine Learning; MLPClassifier; Robotika Cerdas; Data Sensor; Klasifikasi; Evaluasi Model</p> <p>*Penulis Korespondensi: muhammadwahyuramadhan95@gmail.com</p>	<p>Perkembangan sistem robotika cerdas sangat dipengaruhi oleh kemampuan perangkat dalam memahami kondisi lingkungan melalui pemrosesan data sensor. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma Multilayer Perceptron (MLPClassifier) dalam proses klasifikasi data sensor yang diperoleh dari sistem robotika. Proses dilakukan melalui tahap pra-pemrosesan dan pelatihan model. Data dievaluasi menggunakan metrik Mean Squared Error (MSE), <i>confusion matrix</i>, dan <i>classification report</i>. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model MLP berpotensi diterapkan, namun terdapat masalah ketidakseimbangan kelas dan performa klasifikasi yang rendah pada kelas minoritas. Studi ini memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan <i>machine learning</i> untuk mendukung sistem robotika adaptif dan otonom.</p> <p>ABSTRACT <i>The development of intelligent robotics systems is highly dependent on the ability of devices to automatically understand environmental conditions through sensor data processing. This study aims to apply the Multilayer Perceptron (MLPClassifier) algorithm in classifying sensor data obtained from a robotics system. The process was carried out through pre-processing and model training stages. The data were evaluated using Mean Squared Error (MSE), confusion matrix, and classification report metrics. The results indicate that the MLP model has the potential to be implemented, but challenges exist regarding class imbalance and low classification performance in minority classes. This study contributes to the utilization of machine learning to support adaptive and autonomous robotics systems.</i></p>

PENDAHULUAN

Dalam era revolusi industri 4.0, teknologi robotika mengalami perkembangan pesat dengan semakin banyaknya integrasi antara sistem sensorik dan kecerdasan buatan (AI). Salah satu aspek krusial dalam robotika adalah kemampuan sistem untuk mengenali pola dari data sensor secara otomatis sehingga dapat mengambil keputusan dengan cepat dan akurat. Data yang dihasilkan sensor sering kali kompleks dan memerlukan proses klasifikasi untuk diinterpretasikan [1].

Multilayer Perceptron (MLP), sebagai bagian dari neural network, telah terbukti efektif dalam menangani berbagai permasalahan klasifikasi, termasuk dalam sistem robotika dan pengenalan aktivitas [2]. Algoritma ini mampu memodelkan hubungan non-linear dan bekerja baik dengan fitur yang telah dinormalisasi. Namun, tantangan seperti ketidakseimbangan data dan noise masih menjadi kendala utama [3]. Penelitian ini difokuskan pada pengujian efektivitas

MLPClassifier dalam mengklasifikasi data sensor berbasis dataset internal bernama Data AAS.csv, yang digunakan dalam konteks pengujian akademik bidang robotika. Studi ini juga membahas proses preprocessing data, pelatihan model, serta evaluasi performa menggunakan metrik yang relevan.

LANDASAN TEORI (Optional)

Kajian teori ini membahas konsep-konsep utama dan hasil penelitian terdahulu yang menjadi dasar dalam menganalisis Klasifikasi berbasis MLP telah banyak digunakan dalam tugas klasifikasi data tabular. Kemampuannya dalam mempelajari pemetaan non-linier dan menggeneralisasi dengan baik pada berbagai dataset menjadikannya cocok untuk aplikasi industri maupun pendidikan. Studi [4][5] menunjukkan bahwa MLP dapat melampaui performa dari model klasifikasi tradisional jika dilakukan penyetelan hiperparameter dengan tepat. Penelitian sebelumnya juga menekankan pentingnya pra-pemrosesan dan penskalaan fitur dalam kinerja jaringan saraf [6].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi desain eksperimental dengan menerapkan algoritma MLPClassifier menggunakan pendekatan *supervised learning*. Proses penelitian meliputi tahapan utama, yaitu persiapan dan pembersihan data sensor, transformasi numerik, *encoding* label, normalisasi data, serta pelatihan dan evaluasi model. Dataset yang digunakan, berjudul Data AAS.csv, memuat 22 fitur numerik hasil pembacaan sensor dan satu label kelas target yang merepresentasikan kategori aktivitas robot. Data ini disimpan dalam format CSV dengan pemisah titik koma (;). Pra-pemrosesan data sangat krusial, melibatkan penghapusan karakter titik pada nilai numerik, konversi nilai dari *string* ke *float*, pengkodean label target ke bentuk numerik, dan normalisasi fitur menggunakan StandardScaler untuk mencapai distribusi standar. Selanjutnya, *dataset* dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian dengan rasio 80:20 menggunakan fungsi `train_test_split` untuk memastikan evaluasi yang objektif dan menghindari *overfitting*. Arsitektur Model yang digunakan adalah MLPClassifier dari pustaka `scikit-learn`, yang dilatih dengan algoritma *backpropagation* menggunakan parameter utama: `hidden_layer_sizes=(100,)`, `activation='relu'`, `solver='adam'`, dan `max_iter=300`. Terakhir, evaluasi model dilakukan menggunakan tiga metrik utama: Mean Squared Error (MSE) untuk mengukur kesalahan kuadrat rata-rata, Confusion Matrix untuk menganalisis akurasi per kelas, dan Classification Report yang menyajikan nilai *precision*, *recall*, dan *f1-score*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen klasifikasi data sensor robotika dilaksanakan dengan menerapkan MLPClassifier setelah melalui serangkaian proses pra-pemrosesan data yang ketat. Proses ini melibatkan pembersihan nilai numerik, *encoding* label, serta **normalisasi fitur** menggunakan StandardScaler untuk memastikan konvergensi model yang stabil. Model dilatih dengan arsitektur dasar satu lapisan tersembunyi berukuran 100 neuron (`hidden_layer_sizes=(100,)`) selama 500 iterasi.

Eksperimen klasifikasi data sensor robotika dilakukan menggunakan MLPClassifier yang dilatih setelah data melalui tahapan *preprocessing* esensial, termasuk normalisasi fitur menggunakan StandardScaler dan *encoding* label. Model, yang menggunakan arsitektur lapisan tunggal tersembunyi, dievaluasi secara komprehensif. Validasi Silang (CV) 5-fold menunjukkan generalisasi model yang konsisten dengan akurasi rata-rata sebesar 0.839 (atau 83.9%). Model menghasilkan Mean Squared Error (MSE) sebesar 12.18 dan mencatatkan ROC AUC Score (Macro

Average) sebesar 0.992, yang mengindikasikan kemampuan diskriminasi kelas yang sangat baik secara keseluruhan. Namun, analisis mendalam melalui *Classification Report* dan *Confusion Matrix* mengungkap adanya heterogenitas kinerja; meskipun model berhasil mengklasifikasikan sebagian besar sampel kelas mayoritas, terdapat penurunan signifikan pada *precision* dan *recall* untuk kelas minoritas. Pola kesalahan ini dikonfirmasi oleh *Confusion Matrix* yang menunjukkan adanya *misclassification* di antara kelas-kelas yang secara fitur serupa. Temuan ini menegaskan bahwa ketidakseimbangan distribusi label merupakan tantangan utama yang membatasi performa optimal model, sehingga diperlukan strategi *data balancing* dan penyetelan *hyperparameter* di studi lanjutan.

Temuan ini diperkuat melalui perbandingan dengan studi terdahulu. Penelitian Amin et al. (2023) menunjukkan bahwa peningkatan akurasi hingga di atas 80% pada pengenalan aktivitas berbasis sensor dapat dicapai melalui implementasi arsitektur *two-hidden-layer* yang dikombinasikan dengan teknik *dropout*. Lebih lanjut, Gupta dkk. (2021) merekomendasikan intervensi berupa teknik *dataset balancing*, seperti SMOTE atau *random undersampling*, sebagai solusi efektif untuk mengatasi ketidakseimbangan label, yang secara langsung berpotensi meningkatkan *f1-score* untuk kelas-kelas yang kurang terwakili (*underrepresented*).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan algoritma Multilayer Perceptron (MLPClassifier) dalam klasifikasi data sensor yang kompleks dari sistem robotika dengan menggunakan pendekatan *supervised learning*. Proses implementasi, yang mencakup normalisasi fitur dan pelatihan model, menunjukkan bahwa MLP memiliki potensi kuat untuk mengidentifikasi kondisi atau aktivitas robot secara otomatis.

Secara kuantitatif, model mencapai kinerja generalisasi yang baik, dibuktikan dengan akurasi *Cross-Validation* sebesar 83.9% dan ROC AUC Score makro sebesar 0.992, yang menegaskan kemampuan diskriminasi model yang tinggi antar kelas.

Namun, meskipun model menunjukkan kapabilitas yang superior pada kelas mayoritas, analisis mendalam terhadap *Confusion Matrix* dan *Classification Report* mengidentifikasi kelemahan signifikan berupa performa klasifikasi yang rendah pada kelas minoritas. Hal ini disebabkan oleh ketidakseimbangan distribusi label dalam *dataset*.

Kesimpulannya, MLPClassifier adalah solusi yang menjanjikan untuk klasifikasi data sensor robotika, namun untuk mencapai performa optimal dan *f1-score* yang seragam di seluruh kelas, diperlukan langkah mitigasi seperti penyeimbangan *dataset* dan optimasi *hyperparameter* lebih lanjut. Studi ini memberikan dasar penting bagi pengembangan sistem robotika cerdas yang lebih adaptif dan otonom.

References

- [1] Zhao, Y., Wang, L., & Zhang, Y. (2020). *Application of Machine Learning in Intelligent Robotics: A Review*. IEEE Access, 8, 70172–70184. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986734>
- [2] Amin, S. U., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2023). *Multilayer Perceptron Neural Network for Efficient Activity Recognition in IoT-Enabled Healthcare Systems*. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 19(4), 5783–5792. <https://doi.org/10.1109/TII.2022.3146749>
- [3] Gupta, V., Agrawal, R., & Singh, A. (2021). *Multilayer Perceptron for Classification Tasks in Robotics and Automation*. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 101(3), 55–67. <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01315-3>
- [4] Y. LeCun, Y. Bengio, dan G. Hinton, “Deep learning,” *Nature*, vol. 521, no. 7553, hlm. 436–444, 2015.

- [5] Dokumentasi Scikit-learn, “MLPClassifier,” [Online]. Tersedia: https://scikitlearn.org/stable/modules/generated/sklearn.neural_network.MLPClassifier.html
- [6] J. Brownlee, *Machine Learning Mastery With Python*, Machine Learning Mastery, 2016.
- [7] Fernandez, A., Garcia, S., Galar, M., Prati, R. C., Krawczyk, B., & Herrera, F. (2020). *Learning from Imbalanced Data Sets*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32372-0>
- [8] Yilmaz, R., & Yildirim, E. (2022). *Sensor-Based Human Activity Recognition Using Artificial Neural Networks*. *Procedia Computer Science*, 199, 756–763. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.095>