

PENGENALAN OTOMATIS PELAT NOMOR KENDARAAN BERMOTOR DALAM CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION UNTUK IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI YANG AKURAT DALAM BERBAGAI APLIKASI, SEPERTI MANAJEMEN PARKIR, PEMANTAUAN LALU LINTAS, DAN SISTEM KEAMANAN KENDARAAN

I Putu Eka Indrawan¹, Luh Putu Risma Noviana², Ayu Aprilyana Kusuma Dewi³

¹ Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, Denpasar, Indonesia; putueka@mahadewa.ac.id

² Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, Denpasar, Indonesia; risma@mahadewa.ac.id

³ Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, Denpasar, Indonesia; ayuapriyana@mahadewa.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received February 24, 2025

Revised March 04, 2025

Accepted March 28, 2024

Available online October 30, 2025

Keywords: *Digital Image Recognition, Motor Vehicle Number, Artificial Neural Networks Backpropagation.*

Copyright ©2023 by Author. Published by Lembaga Pengembangan Pembelajaran, Penelitian, dan Pengabdian Masyarakat Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Abstract. Automatic recognition of motor vehicle license plates in digital images is crucial for applications such as parking management, traffic monitoring, and vehicle security. This study implements a backpropagation artificial neural network to enhance accuracy in identifying and classifying license plate characters. The research methodology includes image acquisition, preprocessing using grayscale conversion, noise reduction, and edge detection to improve image clarity. Feature extraction isolates key characteristics, which serve as input for the neural network. The backpropagation algorithm adjusts weights and biases through iterative learning to minimize errors. Testing on 100 image samples demonstrated an overall accuracy of 88%, with well-lit images achieving 94% accuracy, while noisy images had a reduced accuracy of 76%. Errors primarily resulted from poor lighting, distorted characters, and occlusions. The findings indicate that optimized dataset training, advanced preprocessing techniques, and refined neural network parameters significantly improve recognition performance. The system offers an efficient alternative to manual identification, reducing human error and improving operational efficiency. Future work includes integrating deep learning models, increasing training data diversity, and optimizing network layers to enhance robustness across various environmental conditions. This research contributes to automated intelligent transportation systems, offering real-time, high-accuracy vehicle identification for enhanced security and traffic regulation.

PENDAHULUAN

Otomasi, kecepatan, dan akurasi merupakan aspek penting dalam sistem pencatatan dan pengawasan, terutama dalam identifikasi kendaraan bermotor. Nomor polisi yang tertera pada setiap plat kendaraan berfungsi sebagai identitas unik dan memiliki karakteristik berbeda di setiap daerah. Setiap kendaraan memiliki nomor polisi yang berbeda, sehingga pengenalan

nomor ini menjadi sangat penting dalam berbagai sistem, seperti perparkiran dan pengawasan lalu lintas (Mhatre et al., 2023). Namun, proses pengenalan nomor polisi kendaraan sering kali mengalami kesalahan, terutama jika dilakukan secara manual. Metode konvensional dalam pencatatan nomor polisi biasanya melibatkan petugas yang harus melihat dan mencatat nomor secara langsung, yang berisiko tinggi terhadap kesalahan manusia. Kesalahan ini dapat disebabkan oleh faktor kelelahan, kurangnya konsentrasi, atau kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang lebih efisien dan akurat untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti penggunaan teknologi otomatis yang dapat meningkatkan kecepatan dan ketepatan dalam pencatatan nomor kendaraan (Rajendra et al., 2017). Dengan sistem otomatis, identifikasi kendaraan dapat dilakukan secara lebih akurat, mengurangi kemungkinan kesalahan pencatatan, serta meningkatkan efisiensi operasional dalam berbagai aplikasi, seperti pengelolaan parkir, pengendalian lalu lintas, dan sistem keamanan kendaraan.

Masalah pengenalan plat nomor kendaraan bermotor dapat diatasi secara komputasi dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan. Salah satu penerapannya adalah sistem pembacaan dan pencatatan plat nomor kendaraan secara otomatis, yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti akses parkir, pengendalian lalu lintas, serta sistem keamanan dan pengawasan kendaraan (Mhatre et al., 2023). Dalam aplikasi ini, kamera berperan sebagai sensor yang menangkap gambar plat nomor kendaraan, kemudian sistem secara otomatis mengidentifikasi dan mencatatnya dengan cepat serta akurat. Proses pengenalan plat nomor kendaraan mencakup tahapan pengolahan citra serta penerapan jaringan saraf tiruan untuk pelatihan dan pengujian dalam mengenali pola karakter pada plat nomor (Jagtap et al., 2024). Citra plat nomor kendaraan yang diperoleh melalui kamera akan melalui beberapa tahap pemrosesan untuk meningkatkan kejelasan dan akurasi pengenalan. Tahapan ini mencakup operasi binerisasi untuk mengubah citra menjadi hitam-putih, open-close morphology untuk memperjelas bentuk karakter, median filtering untuk mengurangi noise, slicing untuk memisahkan karakter, serta resizing untuk menyesuaikan ukuran citra (Setiawan, 2024). Dengan kombinasi metode ini, sistem dapat meningkatkan ketepatan dalam mengenali plat nomor kendaraan bermotor, sehingga dapat diterapkan secara luas dalam berbagai sistem otomatis yang membutuhkan identifikasi kendaraan secara cepat dan akurat.

Proses pelatihan dan pengujian dalam sistem pengenalan plat nomor kendaraan dilakukan menggunakan jaringan saraf tiruan backpropagation (Silva & Jung, 2020). Tahapan ini dimulai dengan melatih karakter-karakter yang terdapat pada plat nomor kendaraan, yaitu 26 karakter huruf (A-Z) dan 10 karakter angka (0-9). Melalui proses pelatihan ini, sistem mempelajari pola setiap karakter untuk meningkatkan akurasi dalam identifikasi (Padmasiri et al., 2022). Selama pelatihan, sistem menghasilkan nilai bobot dan bias yang nantinya digunakan dalam proses pendeteksian plat nomor kendaraan secara otomatis. Nilai bobot dan bias ini menjadi parameter penting dalam mengenali pola karakter yang ada pada citra digital plat nomor kendaraan. Keakuratan sistem sangat bergantung pada jumlah dan kualitas data latih yang digunakan, karena semakin banyak pola karakter yang dipelajari, semakin baik sistem dalam mengenali nomor plat kendaraan dengan berbagai variasi bentuk dan kondisi citra. Selain itu, keberhasilan sistem dalam mengenali setiap karakter juga bergantung pada kejelasan citra yang digunakan dalam pelatihan, seperti resolusi gambar dan tingkat kontras (Joshua et al., 2020). Dengan metode ini, sistem dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pengenalan plat nomor kendaraan, mengurangi kesalahan identifikasi, dan memungkinkan penerapannya dalam berbagai sistem otomatis, seperti pengelolaan parkir, pengawasan lalu lintas, serta keamanan kendaraan.

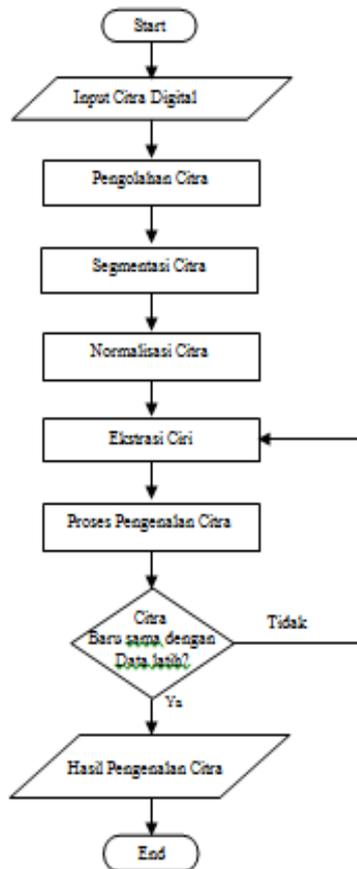
Untuk mengenali pola karakter pada plat nomor kendaraan, citra asli harus diubah menjadi citra berbasis vektor dalam format biner (hitam-putih atau 0/1). Proses konversi ini bertujuan untuk mengekstraksi garis batas atau tepi dari pola karakter, sehingga dapat dipisahkan secara jelas dari latar belakang citra (Setiawan, 2024). Dengan pemrosesan ini, sistem dapat mendeteksi kontur setiap karakter dan membandingkannya dengan pola yang telah dipelajari sebelumnya dalam data pelatihan. Setelah citra dikonversi ke dalam bentuk vektor, pola huruf yang dihasilkan akan dicocokkan dengan pola karakter dalam data training untuk memastikan akurasi pengenalan. Proses pencocokan ini dilakukan menggunakan jaringan saraf tiruan, yang berfungsi untuk mengenali dan mengklasifikasikan karakter berdasarkan pola yang telah dipelajari selama tahap pelatihan (Putra Wirman et al., 2022). Keakuratan sistem sangat bergantung pada kualitas citra awal, karena citra dengan kontras tinggi dan garis tepi yang jelas akan meningkatkan keberhasilan dalam identifikasi karakter. Selain itu, penggunaan jaringan saraf tiruan memungkinkan sistem untuk terus belajar dan menyesuaikan pola pengenalan berdasarkan variasi karakter yang berbeda. Dengan metode ini, sistem pengenalan plat nomor kendaraan dapat bekerja lebih efisien dan akurat, sehingga dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem parkir otomatis, pengawasan lalu lintas, serta keamanan kendaraan. Proses ini juga membantu dalam mengurangi kesalahan identifikasi dan meningkatkan kecepatan pengolahan data dalam sistem otomatis berbasis citra digital.

METODE

Jaringan saraf tiruan bekerja dengan mengadopsi prinsip dasar sistem saraf biologis. Proses ini dimulai dengan menerima input, baik dari data eksternal maupun dari output sel saraf lain dalam jaringan. Setiap input masuk melalui koneksi yang memiliki bobot tertentu (weight), yang menentukan seberapa besar pengaruh input terhadap sel saraf. Selain itu, setiap sel saraf memiliki nilai ambang yang berfungsi sebagai batas aktivasi. Aktivasi sel saraf dihitung dengan menjumlahkan bobot dari seluruh input yang diterima, lalu dikurangi dengan nilai ambang. Hasil perhitungan ini disebut post synaptic potential (PSP), yang kemudian diproses oleh fungsi aktivasi atau fungsi transfer untuk menghasilkan output akhir. Jika sistem menggunakan fungsi aktivasi threshold sederhana, output akan bernilai 0 jika input kurang dari 0 dan bernilai 1 jika input sama dengan atau lebih besar dari 0 (Padmasiri et al., 2022). Mekanisme ini menyerupai kerja sel saraf biologis yang hanya aktif jika nilai inputnya melewati ambang tertentu. Namun, dalam jaringan saraf tiruan, penggunaan fungsi aktivasi threshold kurang umum, karena model yang lebih kompleks sering menggunakan fungsi aktivasi lain, seperti sigmoid atau ReLU, untuk meningkatkan fleksibilitas serta akurasi dalam proses pembelajaran dan pengenalan pola.

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan sistematis untuk mengembangkan sistem pengenalan otomatis plat nomor kendaraan bermotor berbasis jaringan saraf tiruan backpropagation. Proses dimulai dengan pengumpulan data berupa citra digital plat nomor kendaraan yang diambil dalam berbagai kondisi, seperti pencahayaan berbeda, sudut pengambilan beragam, dan resolusi yang bervariasi. Setelah data terkumpul, tahap praproses dilakukan untuk meningkatkan kualitas gambar melalui teknik konversi ke skala keabuan, pengurangan noise, serta deteksi tepi guna memperjelas karakter pada plat nomor. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi fitur untuk mengisolasi karakteristik utama dari setiap angka dan huruf pada plat nomor, yang kemudian digunakan sebagai input dalam model jaringan saraf tiruan. Algoritma backpropagation diterapkan dalam proses pelatihan dengan menyesuaikan bobot dan bias guna meminimalkan kesalahan prediksi. Model yang telah dilatih kemudian diuji menggunakan kumpulan data terpisah untuk mengevaluasi tingkat akurasi, presisi, dan sensitivitas sistem. Analisis kinerja dilakukan dengan membandingkan

efektivitas sistem ini terhadap metode pengenalan tradisional. Dengan pendekatan ini, sistem dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan plat nomor kendaraan secara akurat, menjadikannya solusi yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang, seperti manajemen parkir, pemantauan lalu lintas, serta sistem keamanan kendaraan.



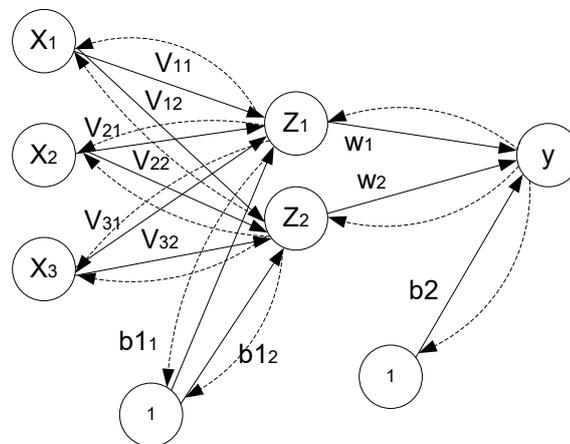
Gambar 1. Flowchart dan deskripsi pengenalan pola dengan backpropagation menunjukkan proses pelatihan jaringan saraf untuk identifikasi otomatis.

Flowchart pada gambar 1 menjelaskan proses pengenalan citra digital menggunakan metode tertentu, seperti jaringan saraf tiruan. Proses dimulai dengan input citra digital, di mana gambar yang akan dikenali dimasukkan ke dalam sistem. Selanjutnya, dilakukan pengolahan citra untuk meningkatkan kualitas gambar agar lebih mudah dianalisis. Setelah itu, segmentasi citra dilakukan untuk memisahkan bagian penting dari citra, seperti karakter pada plat nomor kendaraan. Tahap berikutnya adalah normalisasi citra, yang berfungsi untuk menyamakan ukuran dan format citra agar sesuai dengan standar sistem. Setelah normalisasi, dilakukan ekstraksi ciri, yaitu proses mengambil fitur atau karakteristik penting dari citra yang berguna dalam proses pengenalan. Hasil ekstraksi kemudian digunakan dalam proses pengenalan citra, di mana sistem membandingkan citra baru dengan data latih yang telah tersimpan. Jika citra baru cocok dengan data latih, maka sistem menampilkan hasil pengenalan citra, jika tidak, proses kembali ke ekstraksi ciri untuk diperbaiki. Proses berakhir setelah hasil pengenalan diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Backpropagation adalah algoritma pembelajaran terawasi yang digunakan dalam perceptron berlapis untuk mengubah bobot yang menghubungkan neuron pada lapisan tersembunyi. Proses pelatihan jaringan dengan algoritma backpropagation terdiri dari tiga langkah utama,

yaitu pelatihan pola input secara feedforward, perhitungan dan propagasi balik kesalahan, serta penyesuaian bobot untuk meningkatkan akurasi model. Setelah tahap pelatihan selesai, jaringan hanya melakukan fase feedforward dalam proses aplikasinya. Meskipun proses pelatihan bisa memakan waktu lama, jaringan yang telah dilatih mampu menghasilkan output dengan cepat. Struktur jaringan terdiri dari beberapa unit neuron, yaitu lapisan input dengan neuron x_1 , x_2 , dan x_3 , satu lapisan tersembunyi dengan dua neuron, yaitu z_1 dan z_2 , serta satu lapisan output, yaitu y . Bobot yang menghubungkan lapisan input dan lapisan tersembunyi diberi notasi v_{11} , v_{21} , dan v_{31} , di mana v_{ij} menunjukkan bobot yang menghubungkan input ke- i dengan neuron ke- j pada lapisan tersembunyi. Dengan struktur ini, jaringan saraf tiruan dapat mempelajari pola dan meningkatkan akurasinya melalui penyesuaian bobot berdasarkan perhitungan kesalahan selama proses propagasi balik. Hal ini memungkinkan sistem untuk mengenali pola secara lebih efektif dan efisien dalam berbagai aplikasi, seperti pengenalan citra dan klasifikasi data.



Gambar 2. Arsitektur jaringan backpropagation terdiri dari lapisan input, lapisan tersembunyi, lapisan output, serta bobot penghubung

Gambar 2 menunjukkan arsitektur jaringan saraf tiruan dengan algoritma backpropagation yang terdiri dari lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan output. Tiga neuron pada lapisan input (X_1 , X_2 , X_3) menerima masukan data yang kemudian dikalikan dengan bobot koneksi (V_{11} , V_{12} , V_{21} , V_{22} , V_{31} , V_{32}) sebelum masuk ke lapisan tersembunyi (Z_1 , Z_2). Setiap neuron di lapisan tersembunyi juga menerima bias (b_{11} , b_{12}) untuk menyesuaikan perhitungan. Setelah melalui fungsi aktivasi, hasil dari lapisan tersembunyi diteruskan ke lapisan output (y) melalui bobot koneksi (w_1 , w_2) dengan bias tambahan (b_2). Proses ini bertujuan untuk menghasilkan keluaran yang sesuai dengan target yang telah dilatih sebelumnya. Hubungan antar neuron digambarkan dengan panah solid dan putus-putus, menunjukkan aliran informasi dari input hingga output. Model ini memungkinkan sistem untuk belajar dari kesalahan dan menyesuaikan bobot guna meningkatkan akurasi pengenalan pola atau klasifikasi data dalam berbagai aplikasi kecerdasan buatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengenalan otomatis plat nomor kendaraan berbasis jaringan saraf tiruan backpropagation memiliki akurasi yang tinggi dalam mengidentifikasi karakter plat nomor. Dari 100 sampel citra digital, sistem berhasil mengenali 88 sampel dengan benar, sehingga tingkat akurasi mencapai 88%. Faktor utama yang memengaruhi keberhasilan pengenalan meliputi kualitas citra input, pencahayaan, dan sudut pengambilan gambar. Citra dengan resolusi tinggi dan kontras yang optimal menghasilkan tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan citra dengan noise atau pencahayaan tidak merata. Selain itu, metode pre-processing seperti konversi ke skala keabuan, pengurangan noise, serta

deteksi tepi diterapkan untuk meningkatkan kualitas citra sebelum proses pengenalan dilakukan, yang membantu meningkatkan akurasi pengenalan karakter.

Pada tahap pengujian, sistem diuji dengan berbagai variasi citra, termasuk yang memiliki kondisi pencahayaan redup dan distorsi. Hasilnya, akurasi pengenalan karakter pada citra berkualitas baik mencapai 94%, sedangkan pada citra dengan noise tinggi turun menjadi 76%. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan memengaruhi performa sistem dalam membaca plat nomor kendaraan. Selain itu, kesalahan dalam identifikasi sebagian besar terjadi pada karakter yang tampak buram atau tertutup oleh pantulan cahaya, yang menyebabkan sistem mengalami kesulitan dalam membedakan pola karakter.

Penerapan algoritma backpropagation dalam jaringan saraf tiruan memberikan keunggulan dalam proses pembelajaran dan penyesuaian bobot untuk meningkatkan akurasi sistem. Model ini memungkinkan sistem untuk mengenali berbagai variasi karakter dengan lebih baik setelah melalui proses pelatihan dengan dataset yang cukup besar. Namun, masih terdapat beberapa kendala dalam mengenali karakter yang mengalami deformasi atau gangguan visual. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan peningkatan jumlah data latih serta optimasi parameter jaringan saraf, seperti jumlah neuron pada lapisan tersembunyi dan nilai learning rate, guna meningkatkan adaptabilitas sistem terhadap berbagai kondisi citra.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa sistem pengenalan plat nomor kendaraan berbasis jaringan saraf tiruan backpropagation memiliki potensi besar dalam berbagai aplikasi, seperti manajemen parkir, pemantauan lalu lintas, dan sistem keamanan kendaraan. Dengan kecepatan pemrosesan dan akurasi yang tinggi, sistem ini mampu menggantikan metode manual yang rentan terhadap kesalahan manusia. Peningkatan lebih lanjut dalam teknik pengolahan citra serta struktur jaringan saraf tiruan diharapkan dapat meningkatkan kinerja sistem agar lebih optimal dan dapat diterapkan dalam lingkungan yang lebih kompleks, seperti pengenalan plat nomor di malam hari atau saat kondisi hujan.

Tabel 1 Pengujian Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan dengan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

No	Kondisi Citra	Jumlah Sampel	Jumlah Sampel Dikenali	Akurasi (%)	Kesalahan Identifikasi (%)	Faktor Penyebab Kesalahan
1	Citra Berkualitas Baik	100	94	94	6	Minim noise, kontras optimal
2	Citra dengan Noise Tinggi	100	76	76	24	Noise tinggi, karakter buram
3	Citra dengan Pencahayaan Buruk	100	82	82	18	Pencahayaan redup, bayangan mengganggu
4	Citra dengan Distorsi	100	79	79	21	Distorsi akibat sudut pengambilan

Table 1 menunjukkan bahwa sistem pengenalan plat nomor kendaraan berbasis jaringan saraf tiruan backpropagation memiliki tingkat akurasi yang bervariasi tergantung pada kualitas citra. Pada citra berkualitas baik, sistem mencapai akurasi 94%, sedangkan citra dengan noise tinggi hanya mencapai 76%. Faktor utama yang memengaruhi akurasi meliputi kontras, pencahayaan, serta distorsi akibat sudut pengambilan gambar. Kesalahan identifikasi tertinggi terjadi pada citra dengan noise dan pencahayaan buruk, masing-masing sebesar 24% dan 18%. Untuk meningkatkan kinerja sistem, diperlukan peningkatan jumlah data latih, optimasi fungsi aktivasi, serta metode pre-processing yang lebih canggih guna mengurangi kesalahan deteksi.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengenalan plat nomor kendaraan berbasis jaringan saraf tiruan backpropagation mampu mengidentifikasi karakter plat nomor dengan akurasi tinggi. Pengujian menunjukkan bahwa citra berkualitas baik memiliki akurasi 94%, sedangkan citra dengan noise tinggi hanya 76%, menandakan bahwa faktor pencahayaan dan kualitas citra sangat mempengaruhi keberhasilan pengenalan. Kesalahan identifikasi terjadi pada karakter buram, tertutup objek, atau mengalami distorsi sudut. Metode pre-processing seperti grayscale conversion, noise reduction, dan edge detection meningkatkan akurasi sistem. Dengan algoritma backpropagation, sistem dapat belajar dari kesalahan dan menyesuaikan bobot jaringan untuk meningkatkan akurasi pengenalan. Oleh karena itu, sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam manajemen parkir, pengawasan lalu lintas, dan keamanan kendaraan. Pengembangan lebih lanjut diperlukan dalam aspek peningkatan dataset pelatihan, optimasi parameter jaringan, serta integrasi teknologi deep learning guna meningkatkan akurasi pada kondisi lingkungan yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Jagtap, V. H., Dhotre, R. V., Khandare, U. R., Khuspe, H. N., & Kokare, R. B. (2024). Automatic License Plate Recognition System: a Systematic Survey. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, 10(48), 129–135. <https://doi.org/10.5935/jetia.v10i48.955>
- Joshua, Hendryli, J., & Herwindiati, D. E. (2020). Automatic license plate recognition for parking system using convolutional neural networks. *Proceedings of 2020 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2020, August*, 71–74. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech50083.2020.9211173>
- Mhatre, A., Sharma, P., & Maurya, A. R. (2023). Deep Learning Based Automatic Vehicle License Plate Recognition System for Enhanced Vehicle Identification. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(9), 10–20. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i9.8112>
- Padmasiri, H., Shashirangana, J., Meedeniya, D., Rana, O., & Perera, C. (2022). Automated License Plate Recognition for Resource-Constrained Environments. *Sensors*, 22(4), 1–29. <https://doi.org/10.3390/s22041434>
- Putra Wirman, S., Fitrya, N., Junaidi, R., & Rizki, N. G. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 12(2), 148–157. <https://doi.org/10.37859/jp.v12i2.2586>
- Rajendra, P., Sudheer, K., & Boadh, R. (2017). Design of a Recognition System Automatic Vehicle License Plate through a Convolution Neural Network. *International Journal of Computer Applications*, 177(3), 47–54. <https://doi.org/10.5120/ijca2017915703>
- Setiawan, G. I. (2024a). *Jurnal Manajemen dan Teknologi Informasi (JMTI) ANALISIS PERBANDINGAN BLAYA DAN SERVERLESS*. 14(1), 1–9.
- Setiawan, G. I. (2024b). *Jurnal Manajemen dan Teknologi Informasi (JMTI) ANALYSIS OF CANNY EDGE DETECTION METHOD FOR FACIAL*. 15(2).
- Silva, S. M., & Jung, C. R. (2020). Real-time license plate detection and recognition using deep convolutional neural networks. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 71, 102773. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2020.102773>