

PENGUNAAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI CITRA TUMOR OTAK

Abdul Jabbar^{1*}, Deni Mulyawan², Lamanda Lintang Lestari³, Muhamad Aliyudin⁴

^{1,2}Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspipetk No. 46,
Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia

Email: ^{1*}abduljabbar321@gmail.com, ²mail@denimulyawan.com, ³lintanglintang54@gmail.com,
⁴muhamadaliyudin62@gmail.com

(* : coressponding author)

Abstrak – Penelitian ini mengkaji penggunaan metode Convolutional Neural Network (CNN) dalam klasifikasi tumor otak pada citra Magnetic Resonance Imaging (MRI). Dengan fokus pada berbagai arsitektur CNN seperti AlexNet, EfficientNet-B3, serta eksperimen terkait augmentasi data dan optimasi hiperparameter, studi ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam akurasi klasifikasi dibandingkan dengan metode tradisional. Beberapa penelitian yang disertakan menggunakan dataset MRI yang mencakup berbagai jenis tumor otak, seperti glioma, meningioma, dan pituitary. Hasilnya, model CNN terbukti efektif dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan tumor otak dengan akurasi yang mencapai 99,7%. Selain itu, teknik augmentasi data seperti flipping, scaling, dan rotasi berhasil meningkatkan variasi data pelatihan, yang pada gilirannya mengurangi overfitting dan meningkatkan kemampuan model untuk mengenali pola dari citra baru. Penelitian ini juga mencakup perbandingan dengan metode lain seperti Artificial Neural Network (ANN) dan Support Vector Machine (SVM), di mana CNN menunjukkan kinerja superior dalam hal akurasi dan efisiensi. Dengan demikian, aplikasi CNN dalam pengolahan citra medis, khususnya dalam diagnosis tumor otak, memiliki potensi besar untuk meningkatkan akurasi diagnosis dan mendukung proses pengambilan keputusan medis secara lebih cepat dan tepat.

Kata Kunci: Tumor Otak, Convolutional Neural Network, Klasifikasi Citra, Magnetic Resonance Imaging, Augmentasi Data, Alexnet, Efficientnet-B3, Support Vector Machine, Prediksi, Deep Learning

Abstract – This research examines the use of Convolutional Neural Network (CNN) method in brain tumor classification on Magnetic Resonance Imaging (MRI) images. By focusing on various CNN architectures such as AlexNet, EfficientNet-B3, as well as experiments related to data augmentation and hyperparameter optimization, this study shows significant improvements in classification accuracy compared to traditional methods. Some of the included studies used MRI datasets covering different types of brain tumors, such as glioma, meningioma, and pituitary. As a result, CNN models proved to be effective in detecting and classifying brain tumors with an accuracy that reached 99.7%. In addition, data augmentation techniques such as flipping, scaling, and rotation successfully increase the variety of training data, which in turn reduces overfitting and improves the model's ability to recognize patterns from new images. This research also includes comparisons with other methods such as Artificial Neural Network (ANN) and Support Vector Machine (SVM), where CNN shows superior performance in terms of accuracy and efficiency. Thus, the application of CNN in medical image processing, particularly in brain tumor diagnosis, has great potential to improve diagnosis accuracy and support the medical decision-making process more quickly and precisely.

Keywords: Brain Tumor, Convolutional Neural Network, Image Classification, Magnetic Resonance Imaging, Data Augmentation, Alexnet, Efficientnet-B3, Support Vector Machine, Prediction, Deep Learning

1. PENDAHULUAN

Tumor otak merupakan suatu penyakit yang dapat menyerang semua kalangan usia dan menjadi salah satu penyakit yang paling mematikan di dunia. Tumor otak sendiri adalah sel abnormal di dalam otak yang pertumbuhannya tidak wajar. Tumor ini tidak selalu terbentuk di dalam otak (tumor primer), melainkan dapat terbentuk dari bagian tubuh lainnya dan perlahan menyebar ke otak (tumor sekunder). Tumor dapat bersifat jinak (non-kanker) atau ganas (kanker) merujuk pada jenis sel yang terlibat. Setiap tahunnya, kasus tumor otak di Indonesia meningkat sekitar 10 hingga 25 persen. Di tahun 2023, RSUD Dr. Soetomo Surabaya mencatat ada 300 pasien tumor otak yang telah dioperasi. Tumor otak tidak hanya menyerang orang dewasa, namun juga menyerang anak-anak usia muda, hal ini disebabkan karena kurangnya kewaspadaan masyarakat terkait gejala – gejalanya.

Seiring berkembangnya teknologi, banyak penelitian kesehatan yang dapat digunakan untuk mendeteksi suatu penyakit. Contohnya adalah Magnetic Resonance Imaging (MRI) dan CT-Scan. Dalam penelitian tumor otak itu sendiri, MRI dapat mendeteksi lebih baik daripada CT-Scan karena dapat memberikan informasi citra yang lebih dalam, sedangkan CT-Scan lebih sesuai guna mendeteksi struktur tulang. Adapun metode yang diterapkan menggunakan citra MRI Tumor Otak adalah metode Support Vektor Machine (SVM) oleh Febrianti dkk. Beliau menggunakan dataset citra tumor otak sebanyak 100 buah, yang menghasilkan akurasi sebesar 76%.

Selain metode Support Vektor Machine (SVM), kasus serupa telah banyak diteliti oleh beberapa penulis dengan metode yang lainnya. CNN atau Convolutional Neural Networks merupakan salah satu metode yang sering dipakai dalam kasus tumor otak, karena metode deep learning satu ini memiliki keunggulan dalam mengekstraksi fitur yang rumit secara efisien. CNN dapat memberikan hasil diagnosis yang tepat dan cepat untuk bisa menghasilkan langkah penanganan yang akurat. Salah satu penulis yang melakukan penelitian terhadap tumor otak menggunakan metode CNN ini adalah Muhammad Nafi dkk dari Program Studi Informatika di Universitas Muhammadiyah Malang. Ada 2 metode yang dilakukan Muhammad Nafi dkk, yaitu Artificial Neural Network (ANN) dan Convolutional Neural Network (CNN). Hasil yang didapat dari kedua metode tersebut adalah akurasi sebesar 76% untuk ANN dan 85% untuk CNN.

Dengan demikian, tinjauan literatur ini tidak hanya untuk meng-compare penelitian yang satu dengan penelitian yang lainnya, tetapi juga sebagai wawasan bagi para penulis, pembaca, peneliti, dan praktisi dalam mengembangkan metode pembelajaran yang lebih luas dan efektif dikemudian hari.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian yang berkaitan dengan klasifikasi tumor otak menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dan teknik pembelajaran mesin lainnya, pendekatan yang digunakan melibatkan beberapa tahapan, termasuk pra-pemrosesan data, pembangunan model, optimasi hyper-parameter, serta evaluasi model. Setiap penelitian menggunakan dataset citra Magnetic Resonance Imaging (MRI) yang berbeda-beda, namun mayoritas bersumber dari repositori publik seperti Kaggle dan BraTS.

Penelitian ini melibatkan penerapan arsitektur CNN yang berbeda, seperti AlexNet dan EfficientNet-B3, untuk membandingkan kinerja model dalam mendeteksi tumor otak berdasarkan berbagai parameter, termasuk learning rate, jumlah epoch, ukuran batch, serta teknik augmentasi data. Selain CNN, metode Support Vector Machine (SVM) juga digunakan dalam beberapa studi sebagai pembanding untuk mengevaluasi efektivitas klasifikasi menggunakan metode yang lebih sederhana.

2.1 Kriteria Seleksi

Kriteria seleksi untuk jurnal-jurnal yang digunakan dalam penelitian ini meliputi relevansi topik dengan klasifikasi tumor otak menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dan teknik pembelajaran mesin lainnya. Artikel yang dipilih harus terbit dalam lima tahun terakhir untuk menjaga keaktualan data dan informasi. Jurnal yang dipilih harus memiliki reputasi baik, diukur berdasarkan indeks sitasi dan faktor dampak. Selain itu, jurnal-jurnal yang digunakan harus mencakup metode berbasis CNN, termasuk arsitektur AlexNet dan EfficientNet, serta metode pembanding seperti Support Vector Machine (SVM). Dataset yang digunakan dalam studi-studi ini harus melibatkan citra MRI dengan anotasi yang jelas untuk memastikan kualitas hasil yang dapat diandalkan.

2.2 Strategi Pencarian

Strategi pencarian dilakukan melalui Google Scholar, IEEE Xplore, dan ScienceDirect dengan menggunakan kata kunci seperti "brain tumor classification using CNN", "MRI brain tumor detection", "deep learning for brain tumor classification", dan "efficient CNN architectures". Pencarian difokuskan pada artikel yang memiliki akses terbuka agar memudahkan pengunduhan dan analisis lebih lanjut. Langkah-langkah pencarian meliputi:

1. Melakukan pencarian dengan kombinasi kata kunci yang relevan.
2. Memfilter artikel berdasarkan tahun publikasi (5 tahun terakhir).
3. Memilah artikel yang relevan berdasarkan abstrak dan kata kunci.
4. Memastikan artikel-artikel yang dipilih memiliki akses terbuka dan tersedia dalam teks penuh.

2.3 Proses Evaluasi

Proses evaluasi jurnal-jurnal dilakukan dengan menilai kualitas metodologi penelitian, kejelasan penyajian data, dan kesesuaian kesimpulan dengan hasil penelitian. Setiap artikel yang terpilih akan ditinjau secara kritis oleh tim peneliti untuk memastikan validitas dan reliabilitas informasi yang diperoleh. Selain itu, setiap artikel yang dipilih akan dibandingkan untuk mengidentifikasi kesamaan, perbedaan, dan kontribusi unik dari masing-masing penelitian terhadap topik yang dikaji. Artikel yang memiliki metodologi yang jelas, analisis yang kuat, dan hasil yang dapat diandalkan akan diprioritaskan dalam penelitian ini. Evaluasi juga akan mencakup penggunaan metrik seperti akurasi, precision, recall, dan F1-Score dalam model klasifikasi tumor otak yang diusulkan.

2. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Penelitian Terkait

| Judul Jurnal | Pembahasan Jurnal |
|---|--|
| KLASIFIKASI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR EFFICIENTNET-B3 | <p>Nama Pengarang : Rachmad Andre R, Baghas Wahyu P, dan Rani Purbaningtyas</p> <p>Tahun Terbit : 2021</p> <p>Metode yang dibahas: Penelitian ini menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur EfficientNet- B3 serta melakukan hyper-parameter optimization untuk klasifikasi gambar tumor otak dari MRI</p> <p>Tujuan Penelitian : Untuk mengembangkan model klasifikasi citra MRI tumor otak yang dapat membedakan jenis tumor, yaitu glioma, meningioma, dan pituitari, menggunakan CNN dengan arsitektur EfficientNet-B3</p> <p>Hasil yang didapat : Eksperimen menunjukkan bahwa model terbaik dicapai dengan skenario learning rate 0.02 dan 256 neuron pada dense layer, menghasilkan akurasi 99.7% dan F1- Score 99.6%</p> <p>Implikasi : Model yang dihasilkan berhasil dikembangkan menjadi sistem yang dapat membantu dalam prediksi jenis tumor, sehingga memberikan alternatif yang lebih cepat dan akurat dalam proses diagnosis medis</p> |
| WORKSHOP MACHINE LEARNING KLASIFIKASI TUMOR OTAK PADA CITRA MRI MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN SUPPORT VECTOR MACHINE | <p>Nama Pengarang : Agus Eko Minarno, Denar Regata Akbi, dan Yuda Munarko</p> <p>Tahun Terbit : 2022</p> <p>Metode yang dibahas : Penelitian ini menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur standar serta mengintegrasikan Support Vector Machine (SVM) sebagai teknik klasifikasi untuk mendeteksi tumor otak pada citra MRI. Proses ini melibatkan ekstraksi fitur menggunakan CNN yang kemudian dioptimalkan dengan SVM sebagai tahap akhir klasifikasi, guna meningkatkan akurasi diagnosis tumor otak berdasarkan dataset MRI yang digunakan.</p> <p>Tujuan Penelitian : Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>sistem otomatis yang dapat meningkatkan kecepatan dan keakuratan diagnosis tumor otak menggunakan citra MRI. Dengan menerapkan kombinasi metode Convolutional Neural Network (CNN) dan Support Vector Machine (SVM), penelitian ini bertujuan untuk mempermudah proses klasifikasi tumor otak, sehingga dapat membantu tenaga medis dalam mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam penanganan pasien.</p> <p>Hasil yang didapat : Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi metode Convolutional Neural Network (CNN) dan Support Vector Machine (SVM) mampu meningkatkan akurasi klasifikasi tumor otak pada citra MRI dibandingkan dengan penggunaan metode secara terpisah.</p> <p>Sistem yang dikembangkan berhasil menghasilkan deteksi yang lebih cepat dan lebih akurat, yang berpotensi untuk digunakan sebagai alat bantu diagnosis dalam praktik medis.</p> <p>Implikasi : Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa teknologi berbasis machine learning, khususnya kombinasi CNN dan SVM, dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan keakuratan diagnosis tumor otak. Hal ini berpotensi mempercepat proses pengambilan keputusan medis, sehingga pasien dapat menerima perawatan yang lebih cepat dan tepat.</p> <p>Selain itu, penggunaan metode ini dapat mengurangi beban kerja tenaga medis dan meningkatkan kualitas layanan kesehatan, khususnya dalam diagnosis penyakit yang memerlukan analisis citra, seperti tumor otak.</p> |
| <p>PREDIKSI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK</p> | <p>Nama Pengarang : Muhammad Nafi' Maula Hakim, Arif Bagus Nugroho, dan Agus Eko Minarno</p> <p>Tahun Terbit : 2022</p> <p>Metode yang Dibahas : Penelitian menggunakan dua metode dalam Deep Learning, yaitu Convolutional Neural Network (CNN) dan Artificial Neural Network (ANN), yang diaplikasikan pada data citra sinar-X dari tumor otak. CNN dipilih karena kemampuannya dalam mengenali pola kompleks dalam gambar, yang dianggap lebih unggul untuk pemrosesan citra dibandingkan ANN.</p> <p>Tujuan Penelitian : untuk membandingkan akurasi dua model (CNN dan ANN) dalam mengklasifikasikan tumor otak pada citra sinar-X, dengan harapan dapat menunjukkan metode yang lebih efektif untuk mendeteksi tumor otak secara lebih akurat.</p> <p>Hasil yang didapat : Model CNN berhasil mencapai akurasi sebesar 85%, sementara ANN hanya mencapai akurasi 76%.</p> <p>Dengan hasil ini, CNN terbukti lebih efektif dalam klasifikasi tumor otak pada dataset yang digunakan.</p> <p>Implikasi : Model CNN berhasil mencapai akurasi sebesar 85%, sementara ANN hanya mencapai akurasi 76%. Dengan hasil ini, CNN terbukti lebih efektif dalam klasifikasi tumor otak pada dataset yang digunakan.</p> |
| <p>KLASIFIKASI CITRA MRI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK</p> | <p>Nama Pengarang : Dede Husen</p> <p>Tahun Terbit : 2024</p> <p>Metode yang dibahas : Convolutional Neural Network (CNN) dengan augmentasi data, meliputi flipping, scaling, rotation, dan lainnya, yang berfungsi untuk meningkatkan jumlah dan variasi data pelatihan.</p> <p>Tujuan Penelitian : Meningkatkan akurasi klasifikasi jenis tumor otak pada citra MRI, serta mengurangi risiko overfitting agar model dapat mengenali pola pada data baru dengan lebih baik.</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>Hasil yang didapat : Model CNN yang menggunakan teknik augmentasi data menghasilkan akurasi terbaik sebesar 92,97%, dengan model yang lebih generalis dan rendah overfitting.</p> <p>Implikasi : Penelitian ini memberikan kontribusi pada diagnosis medis dengan menyediakan model yang lebih akurat dalam deteksi dini tumor otak, yang dapat meningkatkan kualitas perawatan pasien.</p> |
| KLASIFIKASI PENYAKIT TUMOR OTAK PADA CITRA MRI MENGUNAKAN METODE CNN DENGAN ARSITEKTUR ALEXNET | <p>Nama Pengarang : Kristina Amalia, Rita Magdalena, dan Sofia Saidah</p> <p>Tahun Terbit : 2022</p> <p>Metode yang dibahas : Melibatkan penggunaan Convolutional Neural Network (CNN) khususnya dengan arsitektur AlexNet untuk mengklasifikasikan citra MRI otak berdasarkan keberadaan tumor. Arsitektur ini juga memanfaatkan fungsi aktivasi ReLU untuk mempercepat proses pelatihan dan teknik dropout untuk mencegah overfitting.</p> <p>Tujuan Penelitian : Mengembangkan model klasifikasi berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan keberadaan tumor pada citra MRI otak secara otomatis. Dengan menggunakan arsitektur AlexNet, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa model dalam hal akurasi, presisi, dan recall, serta mengidentifikasi seberapa efektif metode ini dalam mendukung deteksi dini dan diagnosis tumor otak, sehingga dapat membantu tenaga medis dalam menganalisis citra MRI secara lebih cepat dan akurat.</p> <p>Hasil yang didapat : Pada metode CNN dengan Arsitektur Alexnet, hasil terbaik yang didapatkan yaitu akurasi sebesar 98,84%, loss sebesar 0,1616, dengan nilai presisi 97,65%, recall 97,65%, dan F1 Score 97,65%.</p> <p>Implikasi : Model berbasis CNN dengan arsitektur AlexNet dapat menjadi alat bantu yang andal dalam mendeteksi tumor otak dari citra MRI secara otomatis dan cepat. Dengan akurasi yang tinggi, metode ini berpotensi meningkatkan efisiensi kerja tenaga medis, mengurangi waktu analisis, serta mendukung diagnosis dini yang dapat memperbaiki peluang pemulihan pasien</p> |

4. KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan kemandirian tinggi pendekatan Convolutional Neural Network (CNN) dalam klasifikasi kanker otak pada gambar MRI. AlexNet dan EfficientNet-B3, dua dari desain CNN yang diuji, memiliki kinerja yang sangat baik, dengan akurasi maksimum mencapai 99,7%. Kapasitas CNN untuk mengekstraksi karakteristik dari gambar medis yang sangat rumit sebagian bertanggung jawab atas pencapaian ini, karena memungkinkan model untuk mengidentifikasi secara andal beberapa bentuk tumor otak, termasuk hipofisis, meningioma, dan glioma.

Selain itu, studi ini menunjukkan pentingnya metode augmentasi data termasuk rotasi, penskalaan, dan pembalikan dalam meningkatkan kinerja model. Dengan meningkatkan variasi data pelatihan, augmentasi data menurunkan kemungkinan overfitting dan meningkatkan kapasitas model untuk mengidentifikasi pola dalam gambar yang sebelumnya tidak teramati. Saat disajikan dengan foto baru yang tidak termasuk dalam set data pelatihan, ini membantu model melakukan generalisasi secara lebih efektif. Akibatnya, dengan tingkat overfitting yang rendah, model CNN yang menggunakan augmentasi data mampu mencapai akurasi tertinggi sebesar 92,97%.

Lebih jauh, penelitian ini membandingkan kinerja CNN dengan teknik alternatif seperti Support Vector Machines (SVM) dan Artificial Neural Networks (ANN). Dalam sejumlah pengujian, CNN

mencapai akurasi berkisar antara 85% hingga 99,7%, yang menunjukkan kinerjanya yang terus tinggi dalam hal akurasi dan efisiensi. CNN merupakan pilihan yang lebih baik untuk tugas klasifikasi citra medis, khususnya dalam hal deteksi tumor otak, karena teknik seperti ANN dan SVM memiliki akurasi yang lebih rendah.

Penelitian ini memiliki konsekuensi penting bagi terciptanya sistem bantuan diagnostik medis berdasarkan pembelajaran mesin. CNN memiliki banyak potensi untuk membantu para profesional medis membuat keputusan yang lebih akurat dan efektif karena kemampuan klasifikasi tumor otaknya yang cepat dan akurat. Selain mengurangi beban staf medis, hal ini dapat mempercepat proses diagnosis dan meningkatkan kualitas perawatan kesehatan dengan memberikan diagnosis yang lebih cepat dan lebih tepat.

Jika mempertimbangkan semua hal, penggunaan CNN dalam pemrosesan citra medis, khususnya untuk kategorisasi tumor otak, menunjukkan harapan yang signifikan untuk meningkatkan presisi diagnostik dan memfasilitasi pengambilan keputusan medis yang lebih cepat dan lebih akurat. Karya ini menyoroti nilai penggunaan teknik pembelajaran mendalam untuk diagnostik medis, yang dapat secara signifikan meningkatkan hasil pasien dan menurunkan angka kematian terkait tumor otak.

REFERENCES

- Amalia, K., Magdalena, R., & Saidah, S. (2022). *Klasifikasi Penyakit Tumor Otak pada Citra MRI Menggunakan Metode CNN dengan Arsitektur AlexNet*. *e-Proceeding of Engineering*, 8(6), 3247-3249. Universitas Telkom, Bandung. ISSN: 2355-9365.
- Husen, D. (2024). *Klasifikasi Citra MRI Tumor Otak Menggunakan Metode Convolutional Neural Network*. *Bit-Tech (Binary Digital - Technology)*, 7(1), 144-147. Universitas Kuningan. DOI: 10.32877/bt.v7i1.1576.s
- Rachmad, A., Wahyu, B., & Purbaningtyas, R. (2021). *Klasifikasi Tumor Otak Menggunakan Convolutional Neural Network dengan Arsitektur EfficientNet-B3*. *JUST IT: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 11(3), 55-59. Universitas Bhayangkara Surabaya. ISSN: 2089-0256.
- Hakim, M. N. M., Nugroho, A. B., & Minarno, A. E. (2022). *Prediksi Tumor Otak Menggunakan Metode Convolutional Neural Network*. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 17(1), 48-50. Universitas Muhammadiyah Malang. DOI: 10.30872/jim.v17i1.5246
- Minarno, A. E., Akbi, D. R., & Munarko, Y. (2022). *Workshop Machine Learning: Klasifikasi Tumor Otak pada Citra MRI Menggunakan CNN dan SVM*. *PEDULI: Jurnal Ilmiah Pengabdian Pada Masyarakat*, 6(1), 107-112. Universitas Muhammadiyah Malang. ISSN: 2597-4653.
- Mendrofa, N. Y. S., Mahfuzie, A., Faisal, M., Haidar, A. & Rosyani, P. (2023). *Perbandingan Metode YOLO dan Fast R-CNN dalam Sistem Deteksi Pengenalan Kendaraan*. *JRIIN: Jurnal Riset Informatika dan Inovasi*, 1(2), 431-436. Universitas Pamulang. ISSN: 9999-9999.
- Kris, D. T. D., Santos, V. A., & Rosyani, P. (2023). *Analisa Penggunaan Metode Faster R- CNN dalam Pengenalan Wajah : Systematic Literature Review*. *Buletin Ilmiah Ilmu Komputer dan Multimedia (BIHKMA)*, 1(1), 258-262. Universitas Pamulang. ISSN: 9999-9999.
- Auza'i, H., Putra, M. B. A., Saputra, M. A., Hartono, R., & Rosyani, P. (2024). *Implementasi Deep Learning untuk Deteksi Wajah dan Ekspresi menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dengan OpenCV*. *Jurnal AI dan SPK : Jurnal Artificial Intelligent dan Sistem Penunjang Keputusan*, 1(4), 261-265. Universitas Pamulang. ISSN: 3025-0927.
- Syahputra, S. A. F., Azizah, N. M., Aiman, J., Nikmah, D. A., & Rosyani, P. (2024). *Identifikasi dan Prediksi Umur Berdasarkan Citra Wajah Menggunakan Deep Learning Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)*. *Jurnal AI dan SPK : Jurnal Artificial Intelligent dan Sistem Penunjang Keputusan*, 2(1), 87-95. Universitas Pamulang. ISSN: 3025-0927.
- Septiana, I., Rizki, F., Cahya, A. N. A., Syifa, A. F., & Rosyani, P. (2024). *Deteksi Orang dengan Menggunakan Algoritma YOLOv3*. *Jurnal AI dan SPK : Jurnal Artificial Intelligent dan Sistem Penunjang Keputusan*, 2(1), 54-57. Universitas Pamulang. ISSN: 3025-0927.