

Integrasi Model Pembelajaran Mesin dalam Game Menggunakan Gerakan Tangan

Yomei Hendra¹, Putri Sakinah², Fajar Maulana³, Kiki Hariani Manurung⁴

Informatika, Universitas Adzkia^{1,2,3}
Sistem Informasi, Universitas Adzkia⁴

Email : [1yomeihendra@adzkia.ac.id](mailto:yomeihendra@adzkia.ac.id), [2putrisakinah@adzkia.ac.id](mailto:putrisakinah@adzkia.ac.id),
[3fajarmaulana@adzkia.ac.id](mailto:fajarmaulana@adzkia.ac.id), [4kikimanurung@adzkia.ac.id](mailto:kikimanurung@adzkia.ac.id)

Corresponding Author : yomeihendra@adzkia.ac.id

Abstract

This study develops a Tetris game controlled through hand gestures using a machine learning model. The primary objective of this research is to create an interactive and responsive gaming experience by utilizing hand gesture detection as the main control mechanism. A hand gesture dataset was collected from videos segmented into individual frames, which were then analyzed using MediaPipe to detect and label gestures. The machine learning model employs a Convolutional Neural Network (CNN) trained to recognize hand gesture patterns and translate them into commands within the game. After implementation, an evaluation was conducted by distributing questionnaires to 18 Informatics students at Adzkia University to assess the system's comfort and responsiveness. The questionnaire results showed a high satisfaction level, with an average score of 84.56, covering evaluations of control ease, gesture detection accuracy, and system responsiveness. The average score for ease of use reached 85, indicating that the majority of users found the gesture-based controls comfortable. This study demonstrates that applying machine learning models in gesture-based control games can provide a more interactive and responsive experience, with potential applications in other interactive technologies.

Keywords: Machine Learning, Interactive Games, Hand Gestures, Convolutional Neural Network, Gesture Detection, Tetris.

I. Pendahuluan

Kemajuan teknologi, terutama dalam bidang kecerdasan buatan (AI), telah membuka peluang besar dalam pengembangan game edukatif berbasis gerakan tangan. Game semacam ini tidak hanya menyajikan hiburan, tetapi juga memiliki potensi untuk meningkatkan keterampilan motorik dan kognitif pengguna, terutama pada

anak-anak dan dewasa muda. Dalam konteks ini, teknologi *machine learning* (ML) dan *computer vision* (CV) memainkan peran yang sangat penting, khususnya dalam meningkatkan pengalaman interaktif dalam game edukatif.

MediaPipe, sebuah framework yang dikembangkan oleh Google, telah terbukti efektif dalam mendeteksi dan

melacak gerakan tangan secara *real-time*. Dengan kemampuan ini, integrasi antara antarmuka pengguna dan pengendali game berbasis gerakan tangan dapat tercipta dengan lebih baik. Meskipun demikian, tantangan utama dalam pengembangan game berbasis kontrol gerakan tangan adalah memastikan akurasi dan responsivitas sistem dalam mendeteksi berbagai jenis gerakan tangan dalam kondisi dinamis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game edukatif yang menggabungkan machine learning dan computer vision dalam pengendalian game berbasis gerakan tangan. Fokus utama penelitian ini adalah pada pengembangan model *machine learning* yang dapat mendeteksi gerakan tangan secara *real-time* dengan akurasi tinggi dan mengintegrasikan *MediaPipe* untuk menciptakan interaksi yang natural serta intuitif dalam permainan. Selain itu, penelitian ini juga akan menganalisis dampak penggunaan teknologi ini terhadap peningkatan keterampilan motorik dan kognitif pengguna.

Melalui artikel ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan game edukatif yang lebih responsif dan interaktif, serta memberi wawasan lebih dalam mengenai penerapan *machine learning* dan *computer vision* dalam konteks permainan berbasis gerakan tangan.

II. Landasan Teori Game Edukatif dan Pengembangan Berbasis Gerakan Tangan

Game edukatif berbasis gerakan tangan telah berkembang pesat dengan kemajuan teknologi yang memungkinkan interaksi langsung antara pengguna dan sistem melalui gerakan tubuh. Game jenis ini

memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih menyenangkan dan dapat merangsang keterampilan motorik dan kognitif pengguna. Penggunaan input gerakan tubuh dalam game edukatif telah terbukti meningkatkan motivasi dan keterlibatan pengguna, menjadikannya metode pembelajaran yang efektif, terutama pada anak-anak.

Machine Learning dalam Pengembangan Game

Machine learning (ML) telah digunakan dalam pengembangan game untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan memperkenalkan elemen interaktif berbasis data. Teknik klasifikasi dan pengenalan pola, seperti deep learning, digunakan untuk menganalisis input dari pengguna dan menciptakan *respons* yang sesuai dalam game. Beberapa penelitian mengintegrasikan machine learning untuk mendeteksi pola gerakan tubuh atau tangan dalam game, memungkinkan kontrol yang lebih responsif dan akurat.

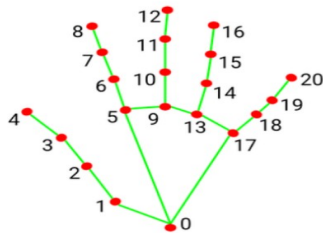
Computer Vision dan Deteksi Gerakan

Computer vision (CV) adalah bidang yang berkaitan dengan pemberian kemampuan pada komputer untuk mengenali dan memahami gambar atau video. Dalam konteks game berbasis gerakan tangan, CV digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi gerakan tangan pengguna. Teknik seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) digunakan untuk meningkatkan akurasi deteksi objek, yang sangat penting dalam pengendalian game berbasis gerakan. Salah satu pustaka yang banyak digunakan adalah *OpenCV*, yang dapat

mendeteksi gerakan tangan dalam video secara *real-time*.

MediaPipe

MediaPipe adalah *framework* yang dikembangkan oleh Google untuk pengolahan media seperti gambar, video, dan audio dalam aplikasi *real-time*. *Framework* ini sangat efektif dalam pelacakan gerakan tangan secara akurat dan cepat, menjadikannya pilihan utama dalam pengembangan game berbasis gerakan tangan. Integrasi *MediaPipe* dengan *machine learning* memungkinkan pengendalian game yang lebih natural dan intuitif, dengan memanfaatkan deteksi gerakan tangan untuk mengontrol karakter dalam permainan.



Gambar 1. Titik Kunci Tangan Menggunakan *MediaPipe*

III. Metode penelitian

Metodologi penelitian ini dirancang secara sistematis untuk memastikan pengembangan sistem kontrol game berbasis gestur tangan berjalan dengan baik. Penelitian ini melibatkan serangkaian tahapan yang saling berkaitan, mulai dari perumusan masalah hingga pengujian dan penyempurnaan sistem. Setiap tahap bertujuan untuk memastikan bahwa hasil penelitian tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang optimal.

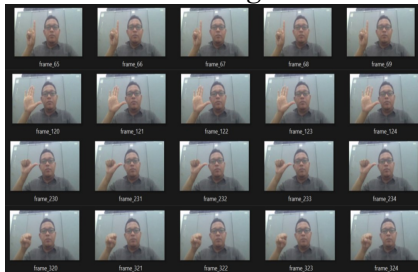


Gambar 2. Alur Penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan Pengumpulan Data Gerakan Tangan

Pengumpulan data dilakukan dengan merekam video gesture tangan menggunakan kamera dengan resolusi standar, memastikan pencahayaan dan latar belakang yang konsisten untuk meminimalkan *noise* visual. Video yang direkam mencakup empat gesture utama, yaitu *Palm* (Turun), *Fist* (Rotasi Blok), *Thumb* (Kiri), dan *Index* (Kanan). Setiap gesture dilakukan secara berulang-ulang dengan berbagai posisi tangan untuk memastikan variasi data yang representatif. Video tersebut berdurasi total sekitar 2 menit dan berisi 1300 *frame* yang siap diekstraksi sebagai dataset. Untuk tahap ini, digunakan teknologi *OpenCV* untuk memecah video menjadi *frame* individual dengan interval tertentu, memastikan setiap gerakan tangan terwakili dengan baik. Selain itu, *MediaPipe* digunakan untuk mendeteksi dan melacak titik-titik kunci (*landmarks*) pada tangan di setiap *frame* yang dihasilkan. Teknologi *MediaPipe* memungkinkan identifikasi akurat terhadap posisi jari dan telapak tangan, sehingga membantu dalam proses pemberian label otomatis berdasarkan pose tangan yang terdeteksi. Kombinasi *OpenCV* dan *MediaPipe* memastikan

bahwa dataset yang dihasilkan tidak hanya mencakup data visual berkualitas tetapi juga informasi geometris yang relevan, mendukung proses pelatihan *model machine learning* secara efektif.



Gambar 3. Dataset dari Frame Video

Dataset yang telah dikumpulkan diproses melalui beberapa tahap untuk memastikan kualitas data yang optimal sebelum digunakan dalam pelatihan model. Langkah-langkah *preprocessing* meliputi *resizing* semua gambar ke resolusi 150x150 piksel untuk efisiensi komputasi, normalisasi nilai piksel ke rentang [0, 1] untuk mempercepat konvergensi model. Selain itu, setiap *frame* gambar diklasifikasikan dan diberi label sesuai dengan empat kategori *gesture* yang telah ditentukan, sehingga data siap digunakan untuk pelatihan model *machine learning*.

Pengembangan Model *Machine Learning*

Untuk mengembangkan model klasifikasi gerakan tangan, kami menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)*. Pemilihan CNN didasarkan pada kemampuannya yang sangat baik dalam mengenali pola spasial dan hierarki fitur dari data gambar, yang merupakan inti dari tugas ini. CNN dirancang khusus untuk menangani data visual, seperti gambar dalam dataset gerakan tangan ini,

sehingga sangat sesuai untuk masalah klasifikasi multi-kelas.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga subset:

1. Data Latih : Sebesar 70% dari total dataset digunakan untuk melatih model.
2. Data Validasi : Sebesar 15% dari dataset digunakan untuk memantau performa model selama pelatihan.
3. Data Uji : Sebesar 15% dari dataset digunakan untuk mengevaluasi kinerja akhir model.

Proses pelatihan dilakukan menggunakan *optimizer Adam* dengan *learning rate* 0.001 dan fungsi *loss categorical cross-entropy*[2]. Model dilatih selama 50 *epoch* dengan *batch size* 32. Setelah pelatihan selesai, kinerja model pada data validasi menunjukkan akurasi sebesar 95%, yang mengindikasikan kemampuan model dalam mengenali *gesture* tangan secara akurat. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki performa yang kompetitif.

Selain akurasi, evaluasi pada data uji dilakukan menggunakan metrik berikut:

1. Precision dan Recall: Precision rata-rata: 94%, mengindikasikan bahwa sebagian besar prediksi model benar untuk tiap kelas *gesture*. Recall rata-rata: 93%, menunjukkan bahwa model mampu mengenali sebagian besar instance dalam setiap kelas *gesture*.
2. F1-Score : Rata-rata 93.5%, menunjukkan keseimbangan yang baik antara precision dan recall.

3. Confusion Matrix: Analisis confusion matrix menunjukkan bahwa gesture seperti *Palm* dan *Fist* memiliki tingkat prediksi yang sangat akurat, sementara *gesture Thumb* dan *Index* memiliki sedikit kesalahan klasifikasi akibat kemiripan pola visual.

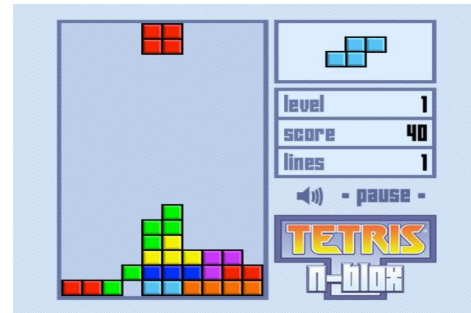
Tahap selanjutnya adalah pengujian real-time untuk mengamati performa model dalam kondisi nyata. Pada tahap ini, model diintegrasikan dengan kamera laptop untuk menangkap input gerakan tangan secara langsung. Hasil pengujian real-time menunjukkan responsivitas yang baik, dengan *latency* rata-rata 50 ms per frame dan akurasi 91% dalam mengenali gesture tangan.



Gambar 5. Pengujian Model Secara Real-Time Implementasi dan Integrasi Game dengan Gerakan Tangan Game

Penelitian ini mengembangkan sistem pengendalian permainan menggunakan gerakan tangan pada permainan Tetris. Permainan ini dapat diakses melalui peramban web di situs Free Tetris (<https://www.freetetris.org/game.php>). Dalam permainan ini, pemain akan dihadapkan dengan tugas untuk menyusun blok-blok yang jatuh

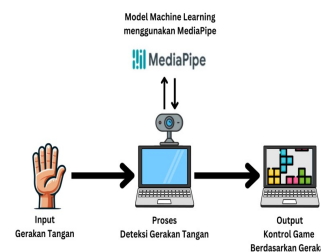
sehingga membentuk garis yang lengkap. Pemain dapat memilih tingkat kesulitan permainan yang sesuai dengan kemampuannya. Untuk mengontrol permainan, pemain menggunakan gerakan tangan untuk mengubah posisi dan rotasi blok, memberikan pengalaman yang lebih interaktif dibandingkan dengan kontrol konvensional. Gambar 3 menunjukkan salah satu adegan dalam permainan Tetris.



Gambar 6. Game Tetris Berbasis Web

Integrasi Kontrol Game

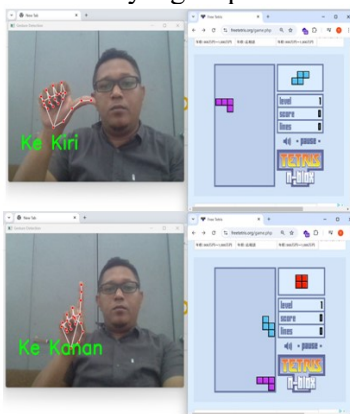
Pada bagian ini, Anda bisa menjelaskan bagaimana sistem pengendalian gerakan tangan terintegrasi dengan mekanisme permainan, termasuk aspek teknis seperti deteksi gerakan, pemrosesan input gerakan tangan, dan bagaimana hal tersebut berinteraksi dengan logika permainan Tetris.



Gambar 7. Integrasi MediaPipe dan Machine Learning untuk Kontrol Game

Langkah-langkah yang bisa dibahas dalam bagian integrasi kontrol game ini antara lain:

1. Deteksi Gerakan Tangan: Penjelasan tentang teknologi atau perangkat keras yang digunakan untuk mendeteksi gerakan tangan, seperti sensor gerak (misalnya, kamera, sensor inframerah, atau perangkat lain).
2. Pemrosesan Input: Bagaimana gerakan tangan diproses untuk menghasilkan input yang dimengerti oleh permainan. Ini bisa melibatkan algoritma pengolahan citra atau deteksi gerakan secara *real-time*.
3. Integrasi dengan Permainan: Menjelaskan bagaimana input dari gerakan tangan diterjemahkan menjadi kontrol dalam permainan Tetris, seperti menggerakkan atau memutar blok.
4. Pengujian dan Umpan Balik: Bagaimana sistem diuji untuk memastikan kontrol gerakan tangan berfungsi dengan baik dan memberikan pengalaman bermain yang responsif.



Gambar 7. Integrasi Kontrol Game Tetris

Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa kontrol berbasis gerakan tangan dalam permainan Tetris dapat berfungsi dengan baik. Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk menguji akurasi deteksi gerakan tangan, seperti kemampuan sistem untuk memutar atau menggerakkan blok Tetris sesuai dengan gerakan yang dilakukan pemain. Selain itu, pengujian kinerja juga dilakukan untuk menilai responsivitas sistem dalam mendeteksi gerakan tangan dan mengirimkan perintah ke permainan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa tidak ada *delay* yang signifikan yang dapat mengganggu pengalaman bermain. Evaluasi pengujian ini menggunakan metrik seperti akurasi deteksi gerakan, kecepatan respons, serta pengalaman pengguna yang dikumpulkan melalui umpan balik dari beberapa partisipan.

Partisipan yang terlibat dalam evaluasi ini adalah mahasiswa Informatika Universitas Adzka, yang diminta untuk mengisi kuesioner berdasarkan pengalaman mereka. Kuesioner terdiri dari sepuluh pertanyaan dengan skala lima poin, yaitu: 5 (sangat setuju), 4 (setuju), 3 (netral), 2 (tidak setuju), dan 1 (sangat tidak setuju). Semua pertanyaan kuesioner disusun mengikuti aturan SUS (*System Usability Scale*), dengan pernyataan yang bergantian antara positif dan negatif untuk menghindari bias otomatis dalam respons. Hasil dari evaluasi ini diharapkan memberikan gambaran mengenai kegunaan, kenyamanan, dan efektivitas sistem dalam memberikan pengalaman bermain Tetris dengan kontrol berbasis gerakan tangan.

Tabel 1. Tabel Kuesioner Untuk Partisipan

No	Pertanyaan
1	Bermain game Tetris dengan gerakan tangan menarik.
2	Saya merasa bahwa mengontrol game Tetris dengan gerakan tangan itu rumit.
3	Untuk melatih refleks, saya lebih suka menggunakan game Tetris ini dengan gerakan tangan.
4	Saya merasa webcam tidak dapat mendeteksi gerakan tangan dengan baik selama permainan.
5	Petunjuk permainan untuk memainkan Tetris dengan gerakan tangan mudah dipahami.
6	Saya kesulitan meletakkan balok Tetris karena aplikasi tidak

Tabel 2. Standar Skor SUS

Skor SUS Rata-rata	Nilai	Penilaian Adjektif
> 80.3	A	Sangat Baik
68 – 80.3	B	Baik
68	C	Cukup
51 – 68	D	Buruk
< 51	F	Sangat Buruk

Setelah mahasiswa mencoba permainan Tetris berbasis kontrol gerakan tangan, dilakukan evaluasi terhadap pengalaman pengguna melalui kuisisioner yang disebarkan kepada 18 mahasiswa. Kuisisioner ini dirancang untuk mengukur kenyamanan, responsivitas, serta kepuasan pengguna terhadap sistem kontrol berbasis gerakan tangan yang dikembangkan. Setiap mahasiswa diminta untuk memberikan penilaian pada beberapa aspek dari permainan, seperti kemudahan dalam memahami kontrol, akurasi deteksi gerakan tangan, dan kelancaran gameplay.

Tabel berikut menyajikan hasil kuisisioner yang diberikan kepada para pengguna setelah mereka mencoba permainan.

Tabel 4. Hasil Kuisisioner dari Partisipan

No	Pertanyaan	Skor RAW	Skor Akhir
1		35	87,5
2		34	85
3		34	85
4		32	80
5		35	87,5
6		37	92,5
7		36	90
8		36	90
9		36	90
10		35	87,5
11		32	80
12		33	82,5
13		32	80
14		31	77,5
15		33	82,5
16		32	80
17		33	82,5
18		33	82,5
Rata-rata		33,83	84,58

Dari hasil kuisisioner, mayoritas mahasiswa memberikan penilaian positif terhadap kontrol gerakan tangan yang diterapkan dalam permainan ini. Rata-rata skor untuk setiap aspek menunjukkan bahwa sistem telah dirancang dengan cukup baik dalam memberikan pengalaman yang responsif dan mudah digunakan. Aspek kemudahan menggunakan kontrol mendapatkan skor rata-rata tertinggi (85), yang menunjukkan bahwa mahasiswa merasa nyaman dalam menggunakan gerakan tangan untuk mengendalikan permainan. Skor untuk akurasi deteksi gerakan tangan dan responsivitas sistem juga menunjukkan hasil yang memadai, meskipun ada beberapa variasi pada beberapa pengguna terkait akurasi deteksi gerakan. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor lingkungan atau kondisi gerakan tangan yang tidak sepenuhnya optimal pada beberapa pengguna.

V. Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem permainan Tetris berbasis kontrol gerakan tangan menggunakan model pengenalan gerakan yang menggunakan teknologi pembelajaran mesin menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN).

Sistem ini mampu mendeteksi dan mengenali gerakan tangan pengguna dengan baik, yang memungkinkan interaksi dalam permainan tanpa menggunakan perangkat input konvensional. Berdasarkan hasil eksperimen dan evaluasi yang dilakukan, model ini menunjukkan kinerja yang memadai dalam mendeteksi gerakan tangan dengan akurasi yang baik, serta responsivitas yang cukup tinggi dalam permainan.

Hasil kuisioner yang diberikan kepada beberapa mahasiswa menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi terhadap pengalaman pengguna dalam menggunakan kontrol gerakan tangan. Mahasiswa merasa nyaman dalam menggunakan sistem kontrol ini, meskipun terdapat sedikit variasi dalam akurasi deteksi gerakan tangan pada beberapa partisipan. Skor rata-rata kepuasan pengguna mencapai 84,58 yang mencerminkan bahwa sistem yang dikembangkan cukup efektif dan menyenangkan untuk digunakan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan CNN untuk pengenalan gerakan tangan dapat memberikan solusi interaktif yang menarik dalam konteks permainan berbasis kontrol gerakan. Penelitian ini juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti peningkatan akurasi deteksi dalam berbagai kondisi lingkungan dan perbaikan sistem untuk mendukung variasi gerakan yang lebih kompleks.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada Universitas

Adzkia, khususnya LPPM Universitas Adzkia, atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian.

VI. Daftar Pustaka

- A. C. M. Yeng, P. Y. Han, K. W. How, and O. S. Yin, "Hand Gesture Controlled Game for Hand Rehabilitation," in *Proceedings of the International Conference on Computer, Information Technology and Intelligent Computing (CITIC 2022)*, S.-C. Haw and K. Sonai Muthu, Eds., Dordrecht: Atlantis Press International BV, 2022, pp. 205–215. doi: 10.2991/978-94-6463-094-7_17.
- A. Firmansyah, F. K. Putri, and N. N. Ramandhani, "Psikologi Perkembangan Motorik Dan Kognitif Anak Kelas Ii Sekolah Dasar Dan Implikasinya Dalam Memahami Pembelajaran," *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- A. H. Nur'azizan, A. R. Ardiansyah, and R. Fernandis, "Implementasi Deteksi Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan OpenCV dan MediaPipe," vol. 3, 2024.
- C. Peng, J. T. Hansberger, L. Cao, and V. A. Shanthakumar, "Hand gesture controls for image categorization in immersive virtual environments," in *2017 IEEE Virtual Reality (VR)*, Los Angeles, CA, USA: IEEE, 2017, pp. 331–332. doi: 10.1109/VR.2017.7892311.
- D. Agustiani, "Implementasi Machine Learning dan Computer Vision pada Pengembangan Sistem

- Otomasi Klasifikasi dan Perhitungan Kendaraan,” 2019.
- D. J. Rios-Soria, S. E. Schaeffer, and S. E. Garza-Villarreal, “Hand-gesture recognition using computer-vision techniques,” 2013.
- FreeTetris, “Online Tetris Game,” [Online]. Available: <https://www.freetetris.org/game.php>. [Accessed: Nov. 22, 2024].
- G. Chursin and M. Semenov, “Using computer vision in the gameplay of educational computer games,” *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1989, no. 1, p. 012011, Aug. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1989/1/012011.
- H. P, A. V, A. K, T. R. H. Subramaniam, and J. J. Nair, “Vision Based Gesture Recognition,” *Procedia Computer Science*, vol. 235, pp. 303–315, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.04.031.
- Indriani, Moh. Harris, and A. S. Agoes, “Applying Hand Gesture Recognition for User Guide Application Using MediaPipe:” presented at the 2nd International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2021), Bandung, Indonesia, 2021. doi: 10.2991/aer.k.211106.017.
- M. Idrees, A. Ahmad, M. A. Butt, and H. Muhammad, “Controlling Power Point Using Hand Gestures In Python,” vol. 18, no. 6, 2021.
- N. L. Khikmah and R. Wulanningrum, “Perbaikan Citra Gambar Tangan Menggunakan Particle Swarm Optimization,” 2021.
- O. Mishra, P. Suryawanshi, Y. Singh, and S. Deokar, “A Mediapipe-Based Hand Gesture Recognition Home Automation System,” in 2023 2nd International Conference on Futuristic Technologies (INCOFT), Belagavi, Karnataka, India: IEEE, Nov. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/INCOFT60753.2023.10425411.
- P. S, G. Deena, H. D, A. K B, and H. S, “Gaming using different hand gestures using artificial neural network,” *EAI Endorsed Trans IoT*, vol. 10, Feb. 2024, doi: 10.4108/eetiot.5169.
- Riha Adatul’aisy, Ana Puspita, Ninda Abelia, Riska Apriliani, and Dwi Noviani, “Perkembangan Kognitif dan Motorik Anak Usia Dini melalui Pendekatan Pembelajaran,” *Khirani*, vol. 1, no. 4, pp. 82–93, Dec. 2023, doi: 10.47861/khirani.v1i4.631.
- Z. Zheng, “Human Gesture Recognition in Computer Vision Research,” *SHS Web Conf.*, vol. 144, p. 03011, 2022, doi: 10.1051/shsconf/202214403011.