

**IMPLEMENTASI *HAND GESTURE RECOGNITION* SEBAGAI
PENGEMBANGAN APLIKASI KENDALI ROBOT DIVISI KONTES
ROBOT TEMATIK INDONESIA**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Pada
Program Studi Informatika Departemen Teknik Elektronika Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



**NURUL HUSNA
NIM. 21343063/2021**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA (NK)
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

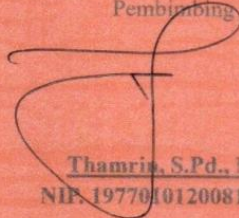
2025

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

Judul : Implementasi Hand Gesture Recognition Sebagai
Pengembangan Aplikasi Kendali Divisi Kontes Robot
Tematik Indonesia
Nama : Nurul Husna
TM/Nim : 2021/21343063
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknik

Padang, November 2025

Disetujui oleh,
Pembimbing

Thamrin, S.Pd., MT,
NIP. 197701012008121001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Elektronika FT-UNP



Dr. Dedy Irfan, S.Pd., M.Kom
NIP. 197604082005011002

HALAMAN PENGESAHAN

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Tugas Akhir di Depan Tim Penguji
Program Studi Informatika Departemen Teknik Elektronika Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

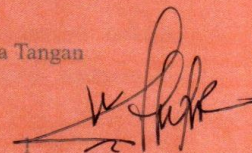
Judul : Implementasi Hand Gesture Recognition Sebagai
Pengembangan Aplikasi Kendali Divisi Kontes Robot
Tematik Indonesia
Nama : Nurul Husna
TM/Nim : 2021/21343063
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknik

Padang, November 2025

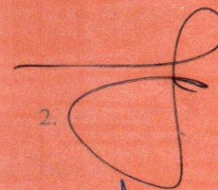
Nama Penguji

Tanda Tangan

1. Penguji I : Ahmaddul Hadi, S.Pd., M.Kom



2. Penguji II : Thamrin S.Pd., M.T.



3. Penguji III : Dr. Phil. Dony Novaliendry, M.Kom.



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Husna
TM / NIM : 2021 / 21343063
Program Studi : Informatika (S1)
Departemen : Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **"Implementasi *Hand Gesture Recognition* Sebagai Pengembangan Aplikasi Kendali Robot Divisi Kontes Robot Tematik Indonesia"** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat saya terbukti melakukan plagiat, maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat Negara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 1 Desember 2025

Yang Menyatakan



Nurul Husna

NIM. 21343063

ABSTRAK

Nurul Husna. 2025. “Implementasi *Hand Gesture Recognition* Sebagai Pengembangan Aplikasi Kendali Robot Divisi Kontes Robot Tematik Indonesia.” *Tugas Akhir*. Padang: Program Studi Informatika, Departemen Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali robot beroda berbasis *Hand Gesture Recognition* menggunakan MediaPipe dan mikrokontroler ESP32 dengan komunikasi Wi-Fi (UDP). Sistem memanfaatkan kamera laptop untuk mendeteksi gestur tangan pengguna secara *real-time* dan menerjemahkannya menjadi kode perintah gerak robot. Deteksi gestur dilakukan dengan menganalisis koordinat *landmark* dari MediaPipe, di mana posisi vertikal titik PIP dan TIP dibandingkan untuk menentukan kondisi jari terbuka atau tertutup. Kombinasi status kelima jari membentuk pola biner yang dicocokkan dengan konfigurasi gestur untuk menghasilkan perintah gerak. Pengujian dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya menggunakan *lux meter*, latar pola, dan jarak tangan terhadap kamera menggunakan meteran. Hasil menunjukkan sistem mampu mengenali tujuh gestur dengan akurasi rata-rata 95,71% dan frame rate 14,28 FPS pada jarak 40 cm. Sistem ini terbukti efektif, stabil, dan berpotensi diterapkan pada teknologi kendali tanpa kontak.

Kata kunci: *Hand Gesture Recognition*, MediaPipe, ESP32, Robot Beroda

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Implementasi *Hand Gesture Recognition* Sebagai Pengembangan Aplikasi Kendali Robot Divisi Kontes Robot Tematik Indonesia”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Departemen Teknik Elektronika, Universitas Negeri Padang.

Tugas Akhir ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Dr. Dedy Irfan, S.Pd., M.Kom., selaku Ketua Departemen Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
3. Ibu Dr. Yeka Hendriyani, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Program Studi Informatika, yang telah memberikan izin, dukungan, dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Thamrin, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta arahan selama proses penyusunan Tugas Akhir.

5. Bapak Ahmaddul Hadi, S.Pd., M.Kom., selaku Ketua Penguji, atas koreksi dan masukan yang membangun dalam penyempurnaan karya ini.
6. Bapak Dr. Phil. Dony Novaliendry, M.Kom., selaku Dosen Penguji, atas koreksi dan masukan yang membangun dalam penyempurnaan karya ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Informatika, yang telah berbagi ilmu, pengalaman, dan semangat selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa mendoakan, memberikan kasih sayang, serta semangat dalam setiap langkah penulis.
9. Teman-teman seperjuangan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan secara satu per satu, yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi penulis dan pembaca.

Padang, 1 November 2025



Nurul Husna

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
A. Human-Robot Interaction (HRI)	7
B. Robot Beroda.....	10
C. Pengolahan Citra	11
D. Hand Gesture Recognition (HGR)	12
E. Python.....	15
F. OpenCV.....	16
G. MediaPipe.....	17
I. Arduino IDE	23
J. Visual Studio Code	24
K. Metode Pengembangan	25
L. Penelitian Relevan.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Metode Penelitian.....	30

B.	Jenis dan Sumber Penelitian.....	31
C.	Perancangan Sistem Deteksi Kombinasi Jari	31
4.	Mekanisme Pengiriman Data	36
D.	Metode Pengembangan Sistem.....	37
1.	Analisa Kebutuhan	37
2.	Desain Sistem	38
3.	Implementasi	47
4.	Integrasi dan Pengujian	54
5.	Pemeliharaan	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		56
A.	Hasil dan Pengembangan Sistem.....	56
1.	Tahap Analisis	56
2.	Tahap Desain	58
3.	Implementasi	60
4.	Integrasi dan Pengujian	68
5.	Pemeliharaan Sistem	73
B.	Pembahasan	74
BAB V PENUTUP.....		76
A.	Kesimpulan.....	76
B.	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....		78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Logo Bahasa Pemrograman Python	16
Gambar 2. Logo OpenCV	17
Gambar 3. Logo <i>MediaPipe</i>	18
Gambar 4. Landmark tangan dari <i>MediaPipe</i> Hands.....	19
Gambar 5. Mikrokontroler ESP32	19
Gambar 6 Pin <i>Layout</i> ESP32.....	19
Gambar 7. Logo Arduino IDE.....	23
Gambar 8. Logo Visual Studio Code	24
Gambar 9. Metode <i>Waterfall</i>	26
Gambar 10 <i>landmark</i> tangan.....	32
Gambar 11. Desain Blok Diagram	39
Gambar 12. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	41
Gambar 13. <i>Wireframe</i> UI Aplikasi.....	46
Gambar 14. L298N dengan ESP32	47
Gambar 15. L298N dengan Motor DC	48
Gambar 16. L298N dengan baterai	49
Gambar 17. Tampak Atas	50
Gambar 18. Tampak Samping.....	50
Gambar 19. Tampak Depan.....	50
Gambar 20 Antarmuka Aplikasi.....	59
Gambar 21 Rangkaian Robot.....	61
Gambar 22 Rangka Robot (samping).....	68
Gambar 23 Rangka Robot (belakang).....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Flowchart Sistem	82
Lampiran 2 Source Code gui.py.....	83
Lampiran 3 Source Code deteksi.py	96
Lampiran 4 Source Code komunikasi.py	103
Lampiran 5 Source Code main.py.....	106
Lampiran 6 HGR2.ino.....	106
Lampiran 7 Dok Pengujian Akurasi Berdasarkan Intensitas Cahaya (100 lux)...	112
Lampiran 8 Dok Pengujian Akurasi Berdasarkan Intensitas Cahaya (50 lux).....	112
Lampiran 9 Dok Pengujian Akurasi Berdasarkan Intensitas Cahaya (192 lux)...	113

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Daftar <i>landmark</i> jari	33
Tabel 2. Klasifikasi Gestur Tangan	44
Tabel 3 Kebutuhan Fungsional.....	57
Tabel 4 Kebutuhan Non-fungsional	58
Tabel 5 Hasil Pengujian Akurasi Gestur	69
Tabel 6 Hasil Pengujian Intensitas Cahaya	71
Tabel 7 Hasil Pengujian Jarak	72
Tabel 8 Hasil Pengujian Latar Belakang.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi robotika mengalami perkembangan yang pesat, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan otomatisasi dalam berbagai sektor. Di Indonesia, inovasi di bidang robotika semakin berkembang, termasuk dalam penerapan robot di berbagai sektor seperti pendidikan, industri, dan pertanian. Sejak tahun 2003 pemerintah telah menyelenggarakan Kontes Robot Indonesia (KRI), sebagai bentuk dukungan terhadap riset dan pengembangan robotika nasional. Salah satu divisi yang dikembangkan sejak 2019 adalah Kontes Robot Tematik Indonesia (KRTMI), yang difokuskan pada tema-tema robot layanan sesuai kebutuhan nasional dan tren Industri 4.0. Pada tahun-tahun terakhir, KRTMI mengusung tema *Robot Game - Digital Twin* yang terinspirasi dari dunia industri manufaktur.

Salah satu jenis robot yang berkembang signifikan dalam konteks tersebut adalah robot beroda (Iqbal et al., 2024). Robot beroda merupakan salah satu jenis robot yang dirancang untuk bergerak menggunakan roda sebagai media penggeraknya (Ramadhani, 2024). Dibandingkan dengan robot berkaki, robot beroda memiliki keunggulan dalam kecepatan dan efisiensi energi, serta lebih mudah dalam pengendalian dan perancangan. Robot jenis ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti robot pembersih, robot pengantar barang, hingga robot untuk keperluan edukasi (Wahyudi et al., 2022). Pada umumnya robot beroda dikendalikan

menggunakan sistem kendali konvensional seperti *joystick* dan *remote control* (Adi & Candradewi, 2019).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan interaksi yang lebih alami antara manusia dan robot, muncul tren pengembangan sistem kendali yang tidak lagi bergantung pada perangkat fisik seperti *remote control*, melainkan memanfaatkan gestur tangan sebagai media interaksi. Teknologi *hand gesture recognition* (HGR) menjadi salah satu pendekatan solusi alternatif yang menarik karena mampu menerjemahkan gerakan tangan manusia ke dalam perintah yang dapat dipahami oleh robot. Teknologi ini mengubah interaksi antara manusia dan robot atau komputer menjadi lebih interaktif dan spontan (Leksono et al., 2020).

HGR (*Hand Gesture Recognition*) menerapkan berbagai sensor sebagai input data, seperti sensor *inertial measurement units* (IMU), sarung tangan, *electromyography* (EMG), dan kamera. HGR berbasis kamera menjadi pilihan utama karena sifatnya yang tidak memerlukan kontak fisik langsung, tidak memerlukan perangkat tambahan yang menempel pada tubuh, serta mampu digunakan di berbagai kondisi lingkungan. Robot beroda dengan kendali HGR memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam lingkungan industri beresiko tinggi seperti area pertambangan, fasilitas nuklir, dan pabrik kimia. HGR memungkinkan operator untuk mengendalikan robot dari jarak aman tanpa harus melakukan kontak langsung, sehingga meningkatkan aspek keselamatan dan efisiensi kerja. (Ezigbo et al., 2023).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Adi & Candradewi (2019) memperoleh tingkat akurasi 97.5 % dengan menggunakan metode *contrast stretching* untuk *preprocessing* dan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk pengenalan isyarat tangan. Sistem ini berhasil mengenali 12 isyarat tangan pada jarak dari tangan ke kamera sejauh 120-200 cm untuk mengendalikan 12 gerakan robot beroda. Penelitian yang dilakukan oleh Talakua et al (2020) menggunakan fitur *accelerometer* untuk mendeteksi *gesture* tangan dan mengirim datanya melalui modul NRF24L01 ke robot berbasis *wireless*. Penelitian yang dilakukan oleh Enda & Nasir (2020) menggunakan metode *leap motion* untuk mendeteksi titik koordinat posisi tangan pada pandangan dan *K-Nearest Neighbors* (KNN) untuk menentukan kelas pada data testing. Penelitian ini berhasil mengenali 5 jenis instruksi yaitu, maju, mundur, berhenti, belok kanan, dan belok kiri dengan tingkat akurasi sistem pengenalan mencapai 94 %. Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani. A (2024) menggunakan *framework MediaPipe* untuk melakukan deteksi dan pengenalan gestur tangan secara *real-time*, yang kemudian dikirimkan ke robot melalui koneksi *WiFi*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi gestur tangan dengan akurasi 100% pada jarak 30 cm dan rata rata *frame per second* (fps) sebesar 14,12 FPS dalam pengujian (Adi & Candradewi, 2019; Enda & Nasir, 2020; Ramadhani, 2024; Talakua et al., 2020).

Namun, penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan dalam pengenalan gestur tangan untuk kontrol robot beroda, seperti

jangkauan deteksi yang terbatas dan ketergantungan pada sensor tambahan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem yang lebih efisien dan responsif untuk meningkatkan performa pengendalian robot beroda. Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan eksplorasi pemanfaatan *framework MediaPipe* untuk mendeteksi gestur tangan secara *real time* serta mengintegrasikannya dengan sistem pengendalian robot beroda. Hasil yang diharapkan dapat menjadi modul pelengkap yang mendukung tim KRTMI. Berdasarkan pemaparan tersebut, tugas akhir ini akan dibuat dengan judul **“Implementasi *Hand Gesture Recognition* Sebagai Pengembangan Aplikasi Kendali Robot Divisi Kontes Robot Tematik Indonesia”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah, yaitu :

1. Diperlukan pendekatan kendali robot beroda yang lebih efisien dan alami untuk mendukung interaksi manusia dan robot yang intuitif dan responsif.
2. Perkembangan teknologi pengenalan gestur tangan membuka peluang penerapan sistem kendali tanpa kontak pada robot beroda.
3. Belum banyak penelitian yang memanfaatkan *framework MediaPipe* sebagai solusi HGR yang ringan dan *real-time*.
4. Pemanfaatan teknologi *Hand Gesture Recognition* (HGR) berbasis kamera dalam platform robot tematik seperti KRTMI masih minim

dieksplorasi, padahal pendekatan ini berpotensi menjadi metode kendali manual atau *override* yang relevan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka perlunya pokok pembatasan dalam permasalahan untuk menghindari pembahasan yang meluas dalam tugas akhir ini, diantaranya yaitu :

1. Sistem kendali yang dikembangkan berfokus pada penerapan metode *Hand Gesture Recognition* (HGR) sebagai pengganti kendali berbasis *remote control*, tanpa mengubah struktur mekanik atau hardware utama dari robot beroda yang sudah ada
2. Sistem hanya akan mendeteksi 7 gestur tangan untuk pengendalian robot beroda.
3. Penelitian dilakukan dalam ruangan dengan kondisi pencahayaan yang terkendali.
4. Robot beroda yang digunakan bukan robot *autonomous*, namun merupakan robot semi-manual sebagai platform sebagai platform simulasi robot layanan tematik dalam konteks KRTMI.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem HGR berbasis *MediaPipe* yang dapat bekerja secara *real time* dengan akurasi deteksi lebih dari 90% dalam kondisi pencahayaan terkendali ?

2. Bagaimana mengukur performa sistem HGR berbasis *MediaPipe* dalam deteksi gestur tangan secara *real-time* dengan *frame-rate* lebih dari 14 FPS?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem *Hand Gesture Recognition* (HGR) berbasis framework *MediaPipe* untuk mengendalikan pergerakan robot beroda secara real time.
2. Mengukur dan mengevaluasi performa sistem HGR dalam deteksi gestur tangan dengan tingkat akurasi lebih dari 90% dalam kondisi pencahayaan terkendali

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat diperoleh sebagai berikut

1. Meningkatkan keilmuan dan kreatifitas mahasiswa di bidang robotika
2. Memberikan alternatif solusi yang lebih fleksibel dan intuitif dalam mengendalikan robot beroda, tanpa memerlukan perangkat kontrol fisik seperti *remote control* atau *joystick*.
3. Penelitian ini dapat bermanfaat untuk diterapkan di lingkungan industri atau area berisiko tinggi seperti pabrik kimia, fasilitas nuklir, atau pertambangan, dimana keselamatan dan efisiensi operasional sangat penting. Dengan HGR, operator dapat mengendalikan robot dari jarak yang aman dan mengurangi risiko kontak langsung dengan lingkungan berbahaya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi aplikasi kendali robot beroda berbasis *Hand Gesture Recognition*, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem *Hand Gesture Recognition* (HGR) berbasis MediaPipe berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk mengendalikan robot beroda secara *real-time*. Sistem mampu mengenali tujuh gestur tangan dengan rata rata akurasi sebesar 95,71 % dalam kondisi pencahayaan terkendali, jarak tangan 40 cm, dan latar polos, sehingga memenuhi target akurasi di atas 90 %.
2. Hasil pengujian performa menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan rata rata *frame rate* sebesar 14,28 FPS, menandakan bahwa proses deteksi dan pengiriman data perintah ke robot berlangsung secara *real-time* dan stabil.

B. Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan pelaksanaan Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem lebih lanjut, antara lain :

1. Peningkatan akurasi deteksi gestur dengan menggunakan metode *machine learning* berdasarkan dataset yang tersedia, sehingga performa sistem lebih optimal dalam kondisi yang berubah-ubah.

2. Menambahkan sensor jarak seperti sensor *ultrasonic* untuk mendeteksi objek di sekitar robot agar dapat menghindari tabrakan ketika menerima perintah dari gestur pengguna.
3. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut agar dapat dijalankan langsung di perangkat *mobile* seperti Android maupun IOS.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, H. A., & Candradewi, I. (2019). Sistem Pengenal Isyarat Tangan Untuk Mengendalikan Gerakan Robot Beroda menggunakan Convolutional Neural Network. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 9(2), 193. <https://doi.org/10.22146/ijeis.50208>
- Al Farid, F., Hashim, N., Abdullah, J., Bhuiyan, M. R., Shahida Mohd Isa, W. N., Uddin, J., Haque, M. A., & Husen, M. N. (2022). A Structured and Methodological Review on Vision-Based Hand Gesture Recognition System. *Journal of Imaging*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/jimaging8060153>
- Andri Nugraha Ramdhon, & Fadly Febriya. (2021). Penerapan Face Recognition Pada Sistem Presensi. *Journal of Applied Computer Science and Technology*, 2(1), 12–17. <https://doi.org/10.52158/jacost.v2i1.121>
- Ardiansyah, A. R., Nur'azizan, A. H., & Fernandis, R. (2024). Implementasi Deteksi Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan OpenCV dan MediaPipe. *Stains (Seminar Nasional Teknologi & Sains)*, 3(1), 331–337.
- Aziz, M. N. (2024). *Sistem Kontrol Wireless Pada Robot Tematik Indonesia Berbasis ESP32 Dan Arduino Mega* (Issue Table 10).
- Enda, D., & Nasir, M. (2020). *Pengenalan Bentuk Tangan Secara Real Time Menggunakan Leap Motion Dan K-Nearest Neighbors*. 5(2), 178–184.
- Ezigbo, P. J., Nosiri, O. C., Mbonu, E. S., Ofor, V., & Obichere, J. (2023). Hand Gesture Recognition and Control for Human-Robot Interaction Using Deep Learning. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering and Telecommunications*, 12(6), 433–441. <https://doi.org/10.18178/ijeetc.12.6.433-441>
- Farajtabar, M., & Charbonneau, M. (2024). The path towards contact-based physical human–robot interaction. *Robotics and Autonomous Systems*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2024.104829>
- Google. (2020). *Hands - Mediapipe*. Github. https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands#model_complexity%0A
<https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>
- Halim Richard, C. (2023). *Implementasi Hand Tracking Mediapipe Untuk Gesture Classification Menggunakan Dense Neural Network Pada Aplikasi 3D*. 7–12.
- Hercog, D., Lerher, T., Truntič, M., & Težak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/s23156739>

- Husaini, F. (2021). *Penggunaan Python dalam sistem berbasis visi komputer memungkinkan pengembangan aplikasi pengenalan objek secara real-time dengan kamera, termasuk untuk deteksi wajah, deteksi masker, serta pengenalan gestur tangan seperti dalam sistem Hand Gesture Recogn.* Universitas Satya Negara Indonesia.
- Indriani, Harris, M., & Agoes, A. S. (2021). Applying Hand Gesture Recognition for User Guide Application Using MediaPipe. *Proceedings of the 2nd International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2021)*, 207(Issat), 101–108. <https://doi.org/10.2991/aer.k.211106.017>
- Kamal, K., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi (TEKNOS)*, 1(1), 1–10.
- Khairudin, M., Refalda, R., Yatmono, S., Pramono, H. S., Triatmaja, A. K., & Shah, A. (2020). The mobile robot control in obstacle avoidance using fuzzy logic controller. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(3), 334–351. <https://doi.org/10.17509/ijost.v5i3.24889>
- Leksono, J. W., Samudra, A., Yannuansa, N., & Fauzi, A. (2020). Kendali Mobil Robot menggunakan Isyarat Tangan Berbasis Arduino. *Electro Luceat*, 6(2), 228–235. <https://doi.org/10.32531/jelekn.v6i2.253>
- Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C.-L., Yong, M. G., Lee, J., Chang, W.-T., Hua, W., Georg, M., & Grundmann, M. (2019). *MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines*. <http://arxiv.org/abs/1906.08172>
- Mawarni, D. I., Indarto, I., Deendarlianto, D., & Yuana, K. A. (2023). Metode Digital Image Processing Untuk Menentukan Distribusi Ukuran Diameter Gelembung Udara Pada Microgelembung Generator. *Journal of Information System Management (JOISM)*, 4(2), 132–136. <https://doi.org/10.24076/joism.2023v4i2.977>
- Mohamed, N., Mustafa, M. B., & Jomhari, N. (2021). A Review of the Hand Gesture Recognition System: Current Progress and Future Directions. *IEEE Access*, 9, 157422–157436. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3129650>
- Mohan, M., Nunez, C. M., & Kuchenbecker, K. J. (2024). Closing the loop in minimally supervised human–robot interaction: formative and summative feedback. *Scientific Reports*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60905-x>
- Najeeb, A., Sachan, A., Tomer, A., & Prakash, A. (2023). Face Mask Detection Using OpenCV. *Advances in Science and Technology*, 124 AST(Icicv), 53–

59. <https://doi.org/10.4028/p-2ffx83>

- Normalisa, Rachmaniar, A., Diana, D., Saefudin, M., & Parulian, R. (2022). Application Of Computer Vision Detection Of Apples And Oranges Using Python Language. *Journal of Information System, Informatics and Computing (JISICOM)*, 6(2), 455–466. <https://doi.org/10.52362/jisicom.v6i2.946>
- Oudah, M., Al-Naji, A., & Chahl, J. (2020). Hand Gesture Recognition Based on Computer Vision: A Review of Techniques. *Journal of Imaging*, 6(8). <https://doi.org/10.3390/JIMAGING6080073>
- Panagou, S., Neumann, W. P., & Fruggiero, F. (2024). A scoping review of human robot interaction research towards Industry 5.0 human-centric workplaces. *International Journal of Production Research*, 62(3), 974–990. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2172473>
- Pratikto, R. B., Setiawan, E., & Syauqy, D. (2021). Rancang Bangun Simulasi Robot Beroda untuk Pengiriman Barang di dalam Gedung berbasis Metode Particle Filter. ... *Teknologi Informasi Dan Ilmu ...*, 5(8), 3229–3236. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/9528%0Ahttp://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/9528/4300>
- Putri, D., & Taufik, A. (2024). Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Menggunakan Metode Waterfall. *Saturnus : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(1), 33–44. <https://doi.org/10.24176/simet.v5i1.132>
- Qi, J., Ma, L., Cui, Z., & Yu, Y. (2024). Computer vision-based hand gesture recognition for human-robot interaction: a review. *Complex and Intelligent Systems*, 10(1), 1581–1606. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01173-6>
- Rachmawati, O. C. R., Barakbah, A., & Karlita, T. (2024). Programming Language Selection for the Development of Deep Learning Library. *International Journal on Informatics Visualization*, 8(1), 434–441. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.1.2437>
- Ramadhani, A. (2024). Sistem Kontrol Robot Mobil Melalui Deteksi Bentuk Gestur Jari Tangan Menggunakan MediaPipe. *Dinamika*, 15(1), 37–48.
- Risky Aditia, M. S. A. F. A. (2023). Implementation of Opencv Face Recognition in Real-Time Age and Gender Detection Using Python with Classification Method. *Jurnal Garuda Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 49–55.
- Rodriguez-Guerra, D., Sorrosal, G., Cabanes, I., & Calleja, C. (2021). Human-Robot Interaction Review: Challenges and Solutions for Modern Industrial Environments. *IEEE Access*, 9, 108557–108578. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3099287>

- Siregar, Kristina Yanti ; Pangaribuan, H. (2025). Desain dan Implementasi Sistem Pengendalian Gorden Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Light Dependent Resistor. *Comasie*, 12(3), 78–87. <http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/comasiejournal>
- Supiyandi Supiyandi, Muhammad Abdul Mujib, Khairul Azis, Rahmat Abdillah, & Salsa Nabila Iskandar. (2024). Penerapan Teknologi Pengolahan Citra dalam Analisis Data Visual pada Tinjauan Komprehensif. *Jurnal Kendali Teknik Dan Sains*, 2(3), 179–187. <https://doi.org/10.59581/jkts-widyakarya.v2i3.3796>
- Susim, T., & Darujati, C. (2021). Pengolahan Citra untuk Pengenalan Wajah (Face Recognition) Menggunakan OpenCV. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3), 534–545. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i3.202>
- Syafika, N., Huda, Y., Anwar, M., & Irfan, D. (2023). Rancang Bangun Sistem Kendali Robot Menggunakan Joystick NRF24L01 Berbasis Arduino. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 11(4), 493. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v11i4.125716>
- Talakua, E. L., Utama, Y. A. K., & ... (2020). Sistem Kendali Mobile Robot Menggunakan Gestur Tangan Berbasis Wireless. *Seminar Nasional Ilmu ...*, 1–7.
- Tan, J., Chen, Y., & Jiao, S. (2024). Visual Studio Code in Introductory Computer Science Course: An Experience Report. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--48259>
- Wahyudi, T., Marindani, D., & Elbani, A. (2022). Rancang Bangun Robot Beroda Pengangkut Barang Menggunakan Sensor Gyroscope. *Journal of Electrical Engineering, Energy and Information Technology*, 10(2). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/j3eituntan/article/view/56713>
- Waskito, T. B., Sumaryo, S., & Casi Setianingsih. (2019). Kendali Robot Beroda Dengan Gerak Isyarat Tangan Berbasis Image Processing. *EProceedings ...*, 6(3), 10052–10059. <https://bit.ly/3x9bbQB>