

# Implementasi Deteksi Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan OpenCV dan MediaPipe

Achmad Hasyim Nur'azizan<sup>1</sup>, Abdul Riqza Ardiansyah<sup>2</sup>, Rasio Fernandis<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: <sup>1</sup>[zizannao@gmail.com](mailto:zizannao@gmail.com), <sup>2</sup>[riqzariqza7@gmail.com](mailto:riqzariqza7@gmail.com), <sup>3</sup>[rasiofernandis09@gmail.com](mailto:rasiofernandis09@gmail.com)

**Abstrak** – Bahasa Isyarat yaitu bahasa yang menggunakan isyarat untuk komunikasi manual, biasanya menggunakan tubuh, dan gerak bibir. Bahasa isyarat bahasa yang digunakan oleh orang Tuli untuk berkomunikasi. Untuk orang yang belum bisa mengenal bahasa isyarat pastinya kebingungan untuk mempraktikkannya, maka diperlukan sebuah sistem untuk pembelajaran bahasa isyarat. OpenCV merupakan perkembangan teknologi yang ada pada saat ini, penggunaan OpenCV ini bertujuan untuk belajar bahasa isyarat secara langsung dan MediaPipe adalah Library pelatihan pengenalan pola tangan untuk klasifikasinya menggunakan metode Support Vector Machine (SVM), dengan mengetahui pola tangan secara real time tidak perlu lagi menggunakan gambar untuk mengetahui hasil yang didapat. Pada penelitian ini didapatkan hasil dari pengujian secara real time dihasilkan *f1 score* 0.9875, *recall* 0.9875, dan hasil *precision* 0.9875, dengan jumlah data sebanyak 400 dataset citra dan pengujian secara real time.

**Kata Kunci** — Bahasa Isyarat Tangan, Machine Learning, MediaPipe

## 1. PENDAHULUAN

Dalam bersosialisasi kita memerlukan yang namanya komunikasi. Terdapat banyak jenis media komunikasi yang dapat digunakan untuk berinteraksi dengan yang lain, salah satunya adalah menggunakan bahasa isyarat tangan [1]. Kegunaan bahasa isyarat tangan adalah untuk membantu orang-orang yang mengalami disabilitas dalam berkomunikasi [2]. Bahasa isyarat tangan juga digunakan oleh orang-orang yang memiliki kelainan perilaku seperti autisme dan *down syndrome*. Banyak masyarakat yang kesusahan dalam berkomunikasi dengan kalangan tersebut dikarenakan kurangnya wawasan masyarakat tentang bahasa isyarat tangan. Bahasa isyarat tangan yang umum digunakan adalah *American Sign Language* dan resmi diakui di Indonesia dengan sebutan SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) [3].

Pada dasarnya bahasa isyarat tangan menggunakan bahasa tubuh yang menggunakan gerakan tangan, wajah, dan gerakan tubuh untuk merepresentasikan sebuah kata, tetapi bahasa isyarat yang berupa alfabet juga dapat digunakan untuk membantu proses komunikasi pada kata-kata yang tidak memiliki bahasa tubuh dalam bahasa isyarat [4]. Bahasa isyarat merupakan sarana bantu yang digunakan para pengajar untuk mengajar penyandang tunarungu dan tunawicara untuk mengenal huruf alfabet dasar. Untuk memudahkan orang normal dalam memahami bahasa isyarat, diperlukan suatu sistem yang dapat menerjemahkan bahasa isyarat secara otomatis dan akurat [5].

Terdapat beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. mengimplementasikan model *Convolutional neural network* (CNN) yang dikombinasikan dengan transfer learning dari *ImageNet* dan *Kinectic* untuk mengatasi masalah dataset dengan jumlah kecil. Dataset dikumpulkan dengan menggunakan kamera ponsel Samsung *Galaxy S6*, sensor *Sony Exmore RS IMX240* 16 megapiksel. Dataset yang digunakan 200 video yang terdiri dari 10 kata (kelas) dan 2 penanda tangan. Akurasi validasi tertinggi adalah 100% dan akurasi pengujian tertinggi adalah 97,50%. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan model transfer *learning Inception* [6].

Menggunakan fitur *skeleton* dan *hand shape* untuk mengklasifikasikan SIBI. Hasil akurasi yang dicapai dengan metode fusi fitur adalah akurasi dengan urutan menurun: 88,016% saat menggunakan *sequence feature vector concatenation*, 85,448% saat menggunakan *Conneau feature vector concatenation*, 83,723% saat menggunakan *feature-vector concatenation*, dan 49,618% saat menggunakan penggabungan fitur sederhana. Model klasifikasi yang digunakan adalah *2-layer bidirectional LSTM* [7].

Melakukan klasifikasi menggunakan CNN untuk citra SIBI abjad A hingga Z. Akurasi, *recall*, *specificity*, dan *sensitivity* yang dihasilkan dari penelitian ini adalah 80.76%. Dataset citra yang digunakan berjumlah 416 yang terdiri dari 384 citra dari hasil pengambilan foto dan 32 hasil pengambilan dari frame video [8].

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti menggunakan *library Opencv* yang dapat mengidentifikasi atau mengklasifikasi gerakan bahasa isyarat yang diambil dari webcam untuk dilakukan klasifikasi dengan data yang ada didalam dataset. *Library* mengenali gerakan tangan dengan mendeteksi titik sudut dalam sebuah citra. Titik tersebut merupakan titik yang baik untuk dilakukan pelacakan titik sudut objek pada frame [9]. Maka dari itu dibutuhkan sebuah aplikasi yang dapat mendeteksi objek bahasa isyarat tangan. Penulis membuat penelitian

tentang deteksi objek bahasa isyarat tangan menggunakan *MediaPipe* dan *OpenCV*. Hasil penelitian ini diharapkan mampu mengetahui pola-pola bentuk tangan yang menunjukkan sebuah huruf atau kata dengan hasil akurasi yang tinggi.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahasa Isyarat Tangan

Di Indonesia terdapat dua bahasa isyarat yang digunakan, yaitu Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) [10]. BISINDO merupakan bahasa isyarat yang muncul secara alami dalam budaya Indonesia dan praktis untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari sehingga BISINDO memiliki beberapa variasi di tiap daerah [11]. Sementara itu, SIBI merupakan sistem isyarat yang diakui oleh pemerintah dan digunakan dalam pengajaran di Sekolah Luar Biasa untuk tunarungu [12]. Salah satu perbedaan BISINDO dan SIBI yang cukup terlihat adalah BISINDO menggerakkan dua tangan untuk mengisyaratkan abjad, sedangkan SIBI hanya menggunakan satu tangan saja [13].

### 2.2 Dataset

Dataset pada penelitian ini merupakan gambar yang diambil langsung secara *real time*. Gambar gerakan diambil menggunakan kamera dari sistem *Hands Gesture Recognition* sebagai alat bantu untuk mengambil data berupa video yang dijadikan beberapa *frame* [14]. Kemudian melakukan konversi warna gambar, untuk memastikan bahwa gambar diolah dengan benar oleh model yang memerlukan format *RGB* [15]. Selanjutnya mendeteksi tangan menggunakan *MediaPipe Hands*, setelah proses pengambilan gambar yang berupa video [16]. Langkah selanjutnya proses ekstraksi video, setiap pengambilan data memerlukan waktu 15 detik untuk memperoleh 100 data citra.

Tabel 1. Detail dataset

Sampel	Jumlah data	Sumber data
halo	100	Real time
Iya	100	Real time
Tidak	100	Real time
Aku saying kamu	100	Real time
Total	400	

Pada dataset *training* didapat gambar secara *real time* dengan total 400 data, dibagi menjadi 4 validasi. Kemudian uji cobanya langsung dengan *OpenCV* secara *real time*.

### 2.3 Jenis Penelitian

Teknik pengumpulan studi pustaka dilakukan dengan mempelajari beberapa topik yang berhubungan dengan penelitian ini. Referensi sumber yang digunakan berasal dari jurnal, internet, dan sebagainya. Pada penelitian ini menggunakan metode R&D (*Research and Development*), dimana metode penelitian ini akan menghasilkan produk perangkat lunak tertentu untuk diujikan efektifitasnya [17]. Dapat dikatakan bahwa tujuan penelitian R&D adalah menginformasikan proses pengambilan keputusan sepanjang pengembangan dari suatu produk menjadi berkembang dan kemampuan pengembang untuk menciptakan berbagai hal dari jenis ini pada situasi kedepan [18]. Pada gambar 1 menunjukkan Langkah-langkah metode penelitian ini.

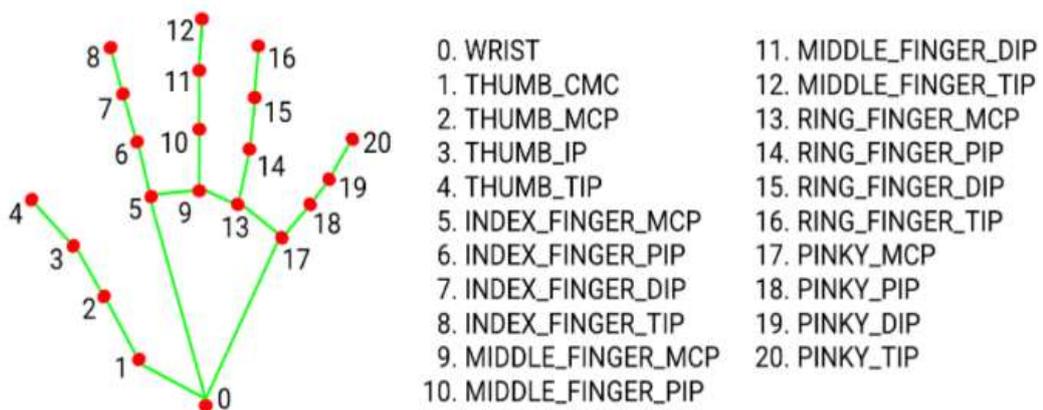
### 2.4 Flowchart Hand Recognition

*Flowchart* sistem digunakan untuk menunjukkan alur kerja dari penelitian ini dimana sistem secara keseluruhan menjelaskan prosedur urutannya [19]. Berikut pada Gambar 1 di tunjukkan alur mengenai *hand recognition* sampai proses analisis *landmark*. Data dari web/cam akan di baca menggunakan *library OpenCV* untuk dianalisis [20]. Proses scan tangan di lakukan secara *real-time* dan akan menghasilkan *landmark point*. Proses analisi disini menggunakan *library* dari *MediaPipe* dan *OpenCV* dengan bahasa pemrograman Python [21].



Gambar 1. Flowchart hand recognition dengan MediaPipe

Pada flowchart gambar 1 terdapat data *real time* dimana pengambilan datanya secara *real time*, kemudian untuk deteksi tangan, data yang sudah dimasukkan kedalam tahap *training* diuji coba dengan menggunakan *hand recognition*, untuk menentukan *keypoint* pada tangan dibutuhkan proses *landmark library* ini untuk menentukan *keypoint*.



Gambar 2. Struktur *keypoint* hank landmark

Sumber (ResearchGate)

## 2.5 MediaPipe

*MediaPipe* juga merupakan *framework* yang di tulis menggunakan bahasa C++ dan bisa digunakan untuk mengembangkan aplikasi *cross-platform*, seperti *windows*, *linux*, *android* bahkan *website* [22]. Dengan menggunakan *multithreading* dan *GPU acceleration*, membuat *MediaPipe* sangat cepat dalam memproses banyak data yang masuk, *MediaPipe* mempunyai kalkulator yang akan berjalan ketika program di mulai dan akan berhenti ketika program selesai [23]. Kalkulator tersebut di gunakan *MediaPipe* untuk konsep *multithreading*, *MediaPipe* menggunakan *machine learning* secara *real-time*. *Machine learning* yang ditawarkan oleh *MediaPipe* antara lain *Face Detection*, *Face Mesh*, *Iris*, *Hands*, *Pose*, *Holistic*, *Hair Segmentation*, *Object Detection*, *Box Tracking*, *Instant Motion Tracking* [21]. Dari paparan solusi yang sudah

di berikan serta dapat di terapkan dengan menggunakan *machine learning* yang di berikan oleh *MediaPipe*, maka penelitian ini berfokus pada implementasi *library OpenCV* dan *MediaPipe* untuk mengenali objek tangan manusia serta melakukan segmentasi khusus untuk jari pada tangan [24]. Hasil yang akan muncul atau terdeteksi oleh kamera atau webcam secara *realtime*, maka akan menghasilkan *landmark* pada tangan, dimana proses yang ditampilkan tersebut berdasarkan pemodelan yang sudah dibuat oleh *machine learning MediaPipe* dan *OpenCV* [25]. Hasil seperti gambar 3 dibawah ini adalah contoh *landmark* dari model tangan ditangkap oleh kamera atau webcam dengan menggunakan *MediaPipe* dan *OpenCV*, dimana dengan hasil gambar tersebut dapat digunakan untuk mengetahui pengenalan tangan.



Gambar 3. *Hand Landmark*

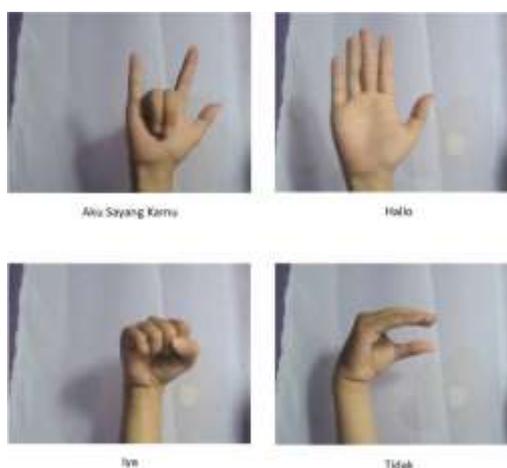
*Hand gesture recognition* sendiri merupakan teknologi yang mampu membaca gerak tangan kemudian dirubah menjadi teks, suara ataupun perintah [26]. *Gesture recognition* adalah topik yang ada pada *language technology* dan *computer science* memiliki tujuan untuk dapat memahami gerakan manusia pada umumnya melalui gestur tangan maupun wajah [27]. Selain itu *gesture* juga dianggap sebagai salah satu cara interaksi yang lebih natural, karena hal itu secara alamiah *gesture* di gunakan untuk menyampaikan informasi [28].

Pada dasarnya untuk mendeteksi pergerakan citra pada *vision based* di rekam dengan cara *frame by frame* yang membentuk pergerakan dinamis [29]. Setiap perubahan yang terjadi pada citra *frame by frame* tersebut menjadi tantangan untuk dapat mengimplementasikan algoritma yang tepat untuk situasi *real-time* [30]. Pada pelacakan tangan atau biasa disebut dengan *hand tracking* ini terdiri dari 2 model yang saling bergantung satu dengan yang lainnya yaitu deteksi telapak model dan model *landmark* [21]. Dengan menggunakan model deteksi telapak tangan dapat menjadi akurat dan hasilnya ini akan diteruskan menuju model *landmark* [31].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengambilan Data

Dataset pada penelitian ini merupakan gambar yang diambil langsung secara *real time*. Gambar gerakan diambil menggunakan kamera dari sistem *Hands Gesture Recognition* sebagai alat bantu untuk mengambil data berupa video yang dijadikan beberapa *frame*. Kemudian melakukan konversi warna gambar, untuk memastikan bahwa gambar diolah dengan benar oleh model yang memerlukan format *RGB*. Selanjutnya mendeteksi tangan menggunakan *MediaPipe Hands*, setelah proses pengambilan gambar yang berupa video. Langkah selanjutnya proses ekstraksi video, setiap pengambilan data memerlukan waktu 15 detik untuk memperoleh 100 data citra.



Gambar 4. Gambar citra yang diambil menggunakan *MediaPipe*

### 3.2 Menentukan *Keypoint*

Dalam menentukan *keypoint* tangan dapat dengan menggunakan kode berikut ini. Kode tersebut akan menghasilkan *landmark* titik-titik pada tangan yang digunakan untuk pengenalan Bahasa isyarat.

```
for landmark in hand_landmarks.landmark:  
    x, y, z = int(landmark.x * frame.shape[1]), int(landmark.y * frame.shape[0]), landmark.z  
    cv2.circle(frame, (x, y), 5, (0, 255, 0), -1) # Gambar titik landmark
```

Gambar 5. Code *keypoint* Landmark

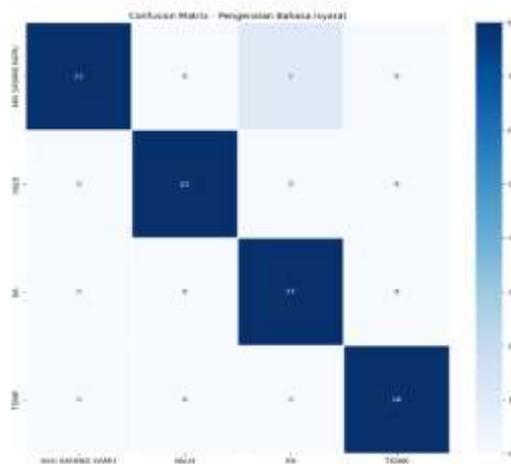
### 3.3 Mengetahui pola tangan

Pada gambar 6 dibawah ini adalah hasil dari penelitian ini pada pengenalan tangan pada bahasa isyarat pada setiap kata pada data aku sayang kamu, halo, iya dan tidak. Hasil percobaan ini dilakukan secara *realtime*.



Gambar 1. Hasil Percobaan

Pola tangan dalam penelitian ini dilakukan dengan data awal gambar tangan dengan 4 kata dan pada setiap kata diberikan data sebanyak 100 data gambar. Setelah itu pada data gambar tersebut akan dilakukan *landmark* pada setiap data dan akan diekspor berformatkan *csv* setiap titik *landmark*. Setelah itu dilakukan klasifikasi dengan menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) pada setiap data yang akan dilakukan *training* dengan hasil *f1 score* 0.9875 , *recall* 0.9875 dan hasil *precision* 0.9875. Berikut ini adalah hasil gambar 7 *confusion matrix* yang dihasilkan dari penelitian ini.



Gambar7. Hasil Confusion Matrix

#### 4. SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengenalan Bahasa isyarat secara *realtime* dengan bantuan *OpenCV* dan *MediaPipe*. Disamping itu pengambilan gambar dilakukan secara realtime juga dengan dibuat sebagai *per frame* gambar dengan memerlukan waktu sekitar 15 detik dengan gambar data sebanyak 100 per gambar, serta menggunakan data berjumlah 4 yaitu aku sayang kamu, halo, iya, dan tidak. Setelah itu dilakukan titik *landmark* pada setiap data diekspor menjadi dataset berformat *csv*. Pada Kumpulan data tersebut dilakukan dengan metode *Support Vector Machine* (SVM) dengan menghasilkan akurasi model yang dihasilkan *f1 score* 0.9875, *recall* 0.9875 dan hasil *precision* 0.9875.

#### 5. SARAN

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menambah jumlah dataset sehingga bisa mengenali banyak kosa kata yang lainnya, dengan membandingkan metode lain untuk hasil yang baik sehingga dapat menghasilkan performa model yang lebih baik dan juga harapannya model yang telah dibuat dapat digunakan dengan mudah oleh para pengguna disabilitas dan orang normal untuk pembelajaran kedepannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Kissya, 'Penggunaan Bahasa Isyarat Dalam Komunikasi Antara Penyandang Tuna Rungu, Guru, Serta Keluarga Di (Sekolah Luar Biasa Pelita Kasih) Rumah Tiga Ambon', *Hipotesa - Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, vol. 16, no. 1, Art. no. 1, May 2022.
- [2] S. Rosalind and C. Siahaan, 'EFEKTIVITAS PENGGUNAAN BAHASA ISYARAT DALAM PELAYANAN PELANGGAN DI COFFE SHOP OLEH KARYAWAN DENGAN PENYANDANG DISABILITAS TUNARUNGU', *JURNAL ComunitA Servizio : Jurnal Terkait Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat, terkhusus bidang Teknologi, Kewirausahaan dan Sosial Kemasyarakatan*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2022, doi: 10.33541/cs.v4i1.3837.
- [3] hidayat farid, 'PERSEPSI GURU DAN PUSTAKAWAN SLB NEGERI 1 SUNGAI PAGU TERHADAP DEPRIVASI INFORMASI BAGI SISWA TULI', vol. 4, no. 1, pp. 1–12, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.24036/ib.v4i1.359>.
- [4] C. T. K. R. Mocodompis, 'IMPLEMENTASI BAHASA ISYARAT DALAM AKTIVITAS PELAYANAN BARISTA KAFE SUNYI GRAND GALAXY CITY', *Prosiding Konferensi Nasional Sosial dan Politik (KONASPOL)*, vol. 1, no. 0, Art. no. 0, Jan. 2023, doi: 10.32897/konaspol.2023.1.0.2373.
- [5] R. H. Alfikri, M. S. Utomo, H. Februariyanti, and E. Nurwahyudi, 'PEMBANGUNAN APLIKASI PENERJEMAH BAHASA ISYARAT DENGAN METODE CNN BERBASIS ANDROID', *Jurnal Teknoinfo*, vol. 16, no. 2, Art. no. 2, Jul. 2022, doi: 10.33365/jti.v16i2.1752.
- [6] Suharjito, N. Thiracitta, and H. Gunawan, 'SIBI Sign Language Recognition Using Convolutional Neural Network Combined with Transfer Learning and non-trainable Parameters', *Procedia Computer Science*, vol. 179, pp. 72–80, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2020.12.011.
- [7] M. F. Naufal and S. F. Kusuma, 'Analisis Perbandingan Algoritma Machine Learning dan Deep Learning untuk Klasifikasi Citra Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)', *JTIHK*, vol. 10, no. 4, pp. 873–882, Aug. 2023, doi: 10.25126/jtiik.20241046823.
- [8] M. Sholawati, K. Auliasari, and F. Ariwibisono, 'PENGEMBANGAN APLIKASI PENGENALAN BAHASA ISYARAT ABJAD SIBI MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)', *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4507.
- [9] N. Jawas, 'PELACAKAN GERAKAN TANGAN UNTUK PENGENALAN GERAK-ISYARAT', *IT (INFORMATIC TECHNIQUE) JOURNAL*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, May 2018, doi: 10.22303/it.5.1.2017.13-23.
- [10] R. A. Mursita, 'RESPON TUNARUNGU TERHADAP PENGGUNAAN SISTEM BAHASA ISYARAT INDONESIA (SIBI) DAN BAHASA ISYARAT INDONESIA (BISINDO) DALAM KOMUNIKASI', *INKLUSI*, vol. 2, no. 2, Art. no. 2, Dec. 2015, doi: 10.14421/ijds.2202.
- [11] G. Gumelar, H. Hafiar, and P. Subekti, 'BAHASA ISYARAT INDONESIA SEBAGAI BUDAYA TULI MELALUI PEMAKNAAN ANGGOTA GERAKAN UNTUK KESEJAHTERAAN TUNA RUNGU', *j.info*, vol. 48, no. 1, p. 65, Jul. 2018, doi: 10.21831/informasi.v48i1.17727.
- [12] M. Mujib, 'Komunikasi Matematis Siswa Tunarungu dalam Pembelajaran Matematika Didasarkan pada Teori Schoenfeld', *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2016, doi: 10.24042/ajpm.v7i1.136.
- [13] L. A. S. Lapono, F. R. Ngana, B. Bernandus, and A. B. S. Umbu, 'STUDI AWAL RANCANG BANGUN PENDETEKSI GERAK PADA LEKUKAN JARI TANGAN', *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2022.
- [14] R. Fadli, H. Syaputra, H. Mirza, and N. Oktaviani, 'Perancangan Artificial Intelligence Hand Tracking menggunakan Algoritma Pyramidal Lucas-Kanade Optical Flow', *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, vol. 4, no. 4, Art. no. 4, Aug. 2022, doi: 10.31004/jpdk.v4i4.5819.

- [15] T. Yudhianto, 'APLIKASI PETA TIGA DIMENSI KAMPUS UNIVERSITAS WIDYATAMA', Universitas Widyatama, 2014. Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <http://repository.widyatama.ac.id/handle/123456789/8271>
- [16] M. Maryamah, M. A. Pratama, M. R. Erfit, N. M. Farhani, and I. A. Hartono, 'Klasifikasi Abjad SIBI (Sistem Bahasa Isyarat Indonesia) menggunakan Mediapipe dengan Metode Deep Learning', *PROSIDING SEMINAR NASIONAL SAINS DATA*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Nov. 2023, doi: 10.33005/senada.v3i1.102.
- [17] S. N. Budiman, 'Peramalan Stock Barang Dagangan Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing', *Peramalan Stock Barang Dagangan Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing*, vol. 7, no. 2, Art. no. 2, Nov. 2021.
- [18] N. P. R. Sukmadewi, 'PROBLEM-BASED LEARNING (Konsep Ideal Model Pembelajaran dalam Peningkatan Mutu Prestasi Belajar dan Motivasi Berprestasi Masa Pandemi Covid 19)', *PINTU: Jurnal Penjaminan Mutu*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2021, Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.jurnal.stahnmpukuturan.ac.id/index.php/jurnalmutu/article/view/1326>
- [19] R. L. Putri, 'Peningkatan Kualitas Produk Melalui Penerapan Prosedur dan Sistem Produksi: Studi Pada UD Wijaya Kusuma Kota Blitar', *Wahana Riset Akuntansi*, vol. 4, no. 2, Art. no. 2, Oct. 2016, doi: 10.24036/wra.v4i2.7223.
- [20] M. U. Naja, 'TA : Rancang Bangun Pendeteksi Golongan Darah Menggunakan Metode Component Labelling', undergraduate, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, 2017. Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/2752/>
- [21] S. N. Budiman, S. Lestanti, S. M. Evvandri, and R. K. Putri, 'PENGENALAN GESTUR GERAKAN JARI UNTUK MENGONTROL VOLUME DI KOMPUTER MENGGUNAKAN LIBRARY OPENCV DAN MEDIAPIPE', *Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, vol. 16, no. 2, Art. no. 2, Nov. 2022, doi: 10.35457/antivirus.v16i2.2508.
- [22] R. Samsinar, G. G. Aditya, D. Almanda, F. Fadliandi, F. Amrulloh, and A. I. Ramadhan, 'Sistem Pendeteksi Kurir Menggunakan Smart Closed Circuit Television (CCTV) Berbasis Internet Of Things (IoT) dengan Media Komunikasi Bot Telegram (Studi Kasus : Rumah Indekost)', *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, May 2023, doi: 10.24853/resistor.6.1.47-54.
- [23] A. Darmawan, 'Aplikasi Hand Gesture Recognition Sebagai Media Penerjemah Bahasa Isyarat Berbasis Android', other, Universitas Komputer Indonesia, 2021. doi: 10/UNIKOM\_AgusDarmawan\_10115358\_Bab4.pdf.
- [24] A. G. Amrulloh, B. Dirgantoro, and A. N. Jati, 'Implementasi Pendeteksi Gerak Manusia Dengan Sensor Passive Infra-Red (Pir) Sebagai Kontrol Arah Kamera Dan Sistem Pengendali Kunci Pintu Dan Jendela Menggunakan Mikrokontroler', *eProceedings of Engineering*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2015, Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/2049>
- [25] A. Roihan, N. Rahayu, and D. S. Aji, 'Perancangan Sistem Kehadiran Face Recognition Menggunakan Mikrokomputer Berbasis Internet of Things', *Technomedia Journal*, vol. 5, no. 2 Februari, pp. 155–166, 2021, doi: 10.33050/tmj.v5i2.1373.
- [26] Y. Yusuf, N. Ramdijanti, and S. Setiawardhana, 'Pembuatan Game Puzzle dengan Gerakan Tangan dan Perintah Suara', *EEPIS Final Project*, 2010, Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <http://eepis-its.edu>
- [27] H. Hendy, 'Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan dengan Algoritma Genetika pada Pengenalan Iris Mata', skripsi, Prodi Teknik Infomatika, 2022. Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <http://repository.upbatam.ac.id/2532/>
- [28] V. S. Aryadi, R. Wulanningrum, and P. Kasih, 'Implementasi Fuzzy Logic Identifikasi Gesture Tangan Untuk Deteksi Kerusakan', *STAINS (SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI & SAINS)*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2022.
- [29] R. F. Waliulu, 'Deteksi dan Penggolongan Kendaraan dengan Kalman Filter dan Model Gaussian di Jalan Tol', *J. Sistem Info. Bisnis*, vol. 8, no. 1, p. 1, Apr. 2018, doi: 10.21456/vol8iss1pp1-8.
- [30] A. Rezky, A. Bagir, D. Pamerean, and F. Makhrus, 'Deteksi Kecelakaan Lalu Lintas Otomatis Pada Rekaman CCTV Indonesia Menggunakan Deep Learning', *Buletin Pagelaran Mahasiswa Nasional Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Oct. 2023.
- [31] L. N. HILDA, 'RANCANG BANGUN PENYANGGA SMARTPHONE DENGAN PENGATURAN POSISI OTOMATIS', diploma, Universitas Andalas, 2022. Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <http://scholar.unand.ac.id/117344/>