

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING UNTUK PENGENALAN
BAHASA ISYARAT INDONESIA MENGGUNAKAN MODEL
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)**

DISUSUN OLEH

UMI SALAMAH
NPM : 2109020077



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING UNTUK
PENGENALAN BAHASA ISYARAT INDONESIA
MENGUNAKAN MODEL CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK (CNN)

Nama Mahasiswa : UMI SALAMAH
NPM : 2109020077
Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing



Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom
NIDN. 0127099201

Ketua Program Studi



Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom
NIDN. 0117019301

Dekan



Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING UNTUK PENGENALAN BAHASA ISYARAT INDONESIA MENGGUNAKAN MODEL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Juni 2025

Yang membuat pernyataan



NPM. 2109020077

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Umi Salamah
NPM : 2109020077
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

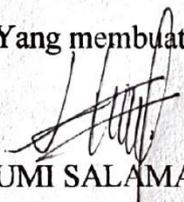
**IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING UNTUK PENGENALAN BAHASA
ISYARAT INDONESIA MENGGUNAKAN MODEL CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK (CNN)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Juni 2025

Yang membuat pernyataan


UMI SALAMAH

NPM. 2109020077

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Umi Salamah
Tempat dan Tanggal Lahir : Suka Maju, 18 Februari 2001
Alamat Rumah : Perumahan Griya Pelita Mas Blok A12
Telepon/Faks/HP : 085763345520
E-mail : salamahu971@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD	: SD N 008 LUBUK BAJA	TAMAT: 2014
SMP	: SMPN 1 BATAM	TAMAT: 2017
SMA	: SMK AL-AZHAR BATAM	TAMAT: 2020

ABSTRAK

Bahasa isyarat merupakan sarana komunikasi utama bagi penyandang tunarungu untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Namun, keterbatasan pemahaman masyarakat terhadap Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) sering menjadi hambatan komunikasi. Penelitian ini mengusulkan implementasi machine learning dengan memanfaatkan model Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengenali gestur BISINDO secara otomatis. Dataset yang digunakan terdiri dari citra tangan dengan berbagai variasi gestur yang direpresentasikan sebagai huruf atau kata. Proses pelatihan dilakukan melalui tahap pra-pemrosesan data, augmentasi citra, serta optimasi parameter CNN guna meningkatkan akurasi. Model CNN yang dibangun berhasil mencapai tingkat akurasi tinggi dalam mengenali pola gestur pada data uji, menunjukkan bahwa metode ini efektif untuk sistem penerjemah bahasa isyarat berbasis komputer. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan teknologi assistive communication yang lebih inklusif.

Kata Kunci: Bahasa Isyarat Indonesia, Machine Learning, Convolutional Neural Network, Pengenalan Gestur, BISINDO

ABSTRACT

Sign language is the main means of communication for deaf people to interact with the surrounding environment. However, limited public understanding of the Indonesian Sign Language (BISINDO) is often a barrier to communication. This study proposes the implementation of machine learning by utilizing Convolutional Neural Network (CNN) model to recognize BISINDO gesture automatically. The Dataset used consists of hand images with various variations of gestures represented as letters or words. The training process was conducted through data pre-processing, image augmentation, and optimization of CNN parameters to improve accuracy. The CNN Model that was built managed to achieve a high degree of accuracy in recognizing gesture patterns in the test data, showing that this method is effective for Computer-Based sign language translation systems. The results of this study are expected to support the development of assistive communication technology that is more inclusive.

Keywords: Indonesian Sign Language, machine Learning, Convolutional Neural Network, gesture recognition, BISINDO

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur peneliti panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan perkuliahan dan penelitian skripsi ini , guna memenuhi salah satu syarat dalam dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

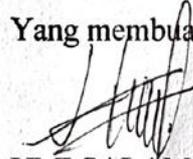
1. Bapak Prof. Dr. Agussani, MAP, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
3. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom, dan Bapak Mhd. Basri, S.Si., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi dan Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi.
4. Bapak Dr. Al-Khowarizmi , selaku Dosen Pembimbing dan Mentor yang cukup baik dimana beliau yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penelitian skripsi ini bahkan beberapa permasalahan kehidupan mahasiswa.
5. Bapak Dr. Irvan, M.Si dan selaku Dosen Penguji yang telah membantu dan memberikan saran dalam pengerjaan skripsi ini dan juga membantu dalam memberikan arahan dukungan , semangat dan juga perhatian yang cukup baik bagi kebutuhan penulis selama awal perkuliahan

6. Ayah kandung penulis yaitu Fansuryal dan Juga Ibu Kandung saya yaitu Yenni Damanik yang telah memberikan dukungan dari segi moral maupun materi selalu menjadi Orang tua , partner hingga sahabat diskusi serta canda tawa yang cukup baik dalam kehidupan sehingga perkuliahan ini dapat berjalan dengan baik dimana niat baik dan perjuangan yang cukup panjang akan membuahkan hasil yang baik nantinya.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di jurusan Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer & Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas ilmu dan didikannya selama perkuliahan.
8. Saudara Kandung Penulis yaitu Abang Zefrizal, Kakak Elis Ningsih, Abang Fauzi, Abang Latif, Kakak Putri Adik Nabil yang dimana memberikan semangat dan dukungan serta motivasi membuat saya selalu percaya diri untuk melangkah.
9. Sahabat Terdekat saya yaitu, Farhan Rizqi Ma'ajid , Sakinah Tul Fakhirah , Wirna Lestari dan Ade rinanda yang selalu menjadi tempat terbaik untuk berdiskusi panjang terkait pikiran dan memberikan semangat secara mental dan perjuangan dalam kehidupan dan penyelesain skripsi ini
10. Terimah kasih kepada sosok yang belum saya ketahui Namanya namun sudah tertulis jelas di *lauhul mahfuz*. Sudah menjadi salah satu sumber motivasi penulis dalam menyelesaikan tesis ini sebagai bentuk upaya memantaskan diri, semoga kita bertemu di versi terbaik kita masing-masing. Aamiin
11. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini, mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tidak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyelesaian skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin,

ini merupakan yang patut dibanggakan untuk diri sendiri. Terimakasih sudah bertahan.

Medan, 27 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



UMI SALAMAH

DAFTAR ISI

HALAMAN PEGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Machine Learning	7
2.1.1 Supervised Learning	7
2.1.2 Unsupervised Learning	8
2.1.3 Semisupervised Learning	9
2.1.4 Reinforcement Learning	9
2.2 Convolutional Neural Network	10
2.2.1 Lapisan Konvolusi.....	10
2.2.2 Lapisan Pooling	11
2.2.3 Lapisan Fully Connected	12
2.3 TensorFlow	13
2.4 Bahasa Isyarat Indonesia	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.1.1 Karakteristik Observasi Dalam Penelitian	15
3.2 Alur Penelitian	17
3.2.1 Identifikasi Masalah	17
3.2.2 Studi Literatur	18
3.2.3 Pengumpulan Data	19
3.2.4 Perancangan Model Pada Sistem	19
3.2.5 Implementasi Sistem	23
3.2.6 Evaluasi dan Validasi Sistem	25
3.3 Kebutuhan Hardware dan Software	26
3.3.1 Kebutuhan Hardware	26
3.3.2 Kebutuhan Software	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Pengambilan data	28
4.2 Klasifikasi Data dan Training Data	31
4.2.1 Ekstraksi Fitur Menggunakan MediaPipe.....	32
4.2.2 Pelatihan Model Menggunakan Random Forest Classifier	35
4.3 Implementasi Machine Learning Dalam Web	38
4.3.1 Integrasi Model	38
4.3.2 Deteksi Gesture Secara Real-Time	38
4.3.3 Logika Stabilitas Prediksi	39
4.3.4 Antarmuka Pengguna	40
4.3.5 Hasil Implementasi	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 3. 1 Kebutuhan Hardware.....	26
Tabel 4.1 Data Collection.....	29
Tabel 4.2 data classifier	33
Tabel 4.3 train.calssifier.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Model Convolutional Neural Network.....	10
Gambar 2. 4 Proses Lapisan Konvolusi	11
Gambar 2. 5 Proses Lapisan Pooling.....	12
Gambar 2. 6 Proses Lapisan Fully Connected.....	12
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	17
Gambar 4.3 Data Colection	31
Gambar 4.4 train.calssifier.....	41
Gambar 4.5 deteksi huruf H.....	41
Gambar 4.6 deteksi huruf A	42
Gambar 4.7 deteksi huruf I.....	43
Gambar 4.8 Hasil deteksi kata HAI.....	43
Gambar 4.9 deteksi huruf I.....	44
Gambar 4.10 deteksi huruf Y	44
Gambar 4.11 deteksi huruf A	45
Gambar 4.12 Hasil deteksi kata IYA.....	45
Gambar 4.13 deteksi huruf S.....	46
Gambar 4.14 deteksi huruf A	46
Gambar 4.15 deteksi huruf Y	47
Gambar 4.16 deteksi huruf A	47
Gambar 4.17 Hasil deteksi kata SAYA.....	48

Gambar 4.18 deteksi huruf U	48
Gambar 4.19 deteksi huruf M.....	49
Gambar 4.20 deteksi huruf I.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi saat ini, khususnya di bidang Artificial Intelligence (AI), telah memberikan pengaruh signifikan dalam berbagai sektor industri. Salah satu cabang AI yang paling berkembang adalah Machine Learning, yang memungkinkan sistem untuk belajar dan mengambil keputusan secara mandiri berdasarkan data yang tersedia. Dalam konteks pengolahan data visual, teknologi Computer Vision menjadi salah satu aplikasi penting dari AI, dengan potensi yang sangat besar dalam mendeteksi dan mengenali objek atau pola visual. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam Computer Vision adalah Convolutional Neural Network (CNN), yang dirancang untuk mengenali struktur spasial dari citra secara efisien. (Gresya et al., 2024)

Seiring dengan perkembangan teknologi tersebut, muncul berbagai peluang untuk menerapkannya dalam meningkatkan kualitas interaksi manusia. Sebagaimana diketahui, manusia adalah makhluk sosial yang senantiasa berinteraksi satu sama lain. Dengan kemampuan berjalan tegak, keterampilan tangan, dan penggunaan bahasa yang kompleks, manusia membutuhkan media komunikasi yang efektif agar dapat saling memahami satu sama lain. (Mauliddiyah, 2021)

Komunikasi merupakan aktivitas dasar dalam kehidupan sosial yang memungkinkan seseorang menyampaikan informasi, emosi, dan persepsi kepada orang lain. Media komunikasi pun beragam, dan salah satu bentuk komunikasi yang

sangat penting, khususnya bagi penyandang disabilitas pendengaran, adalah bahasa isyarat. (Mauliddiyah, 2021)

Bahasa isyarat merupakan bentuk komunikasi visual yang umum digunakan oleh penyandang tunarungu. Bahasa ini mengandalkan gestur tubuh, terutama gerakan tangan, ekspresi wajah, dan posisi tubuh untuk menyampaikan pesan. Di Indonesia, Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) menjadi salah satu sarana utama dalam komunikasi komunitas tunarungu. Seiring dengan kemajuan teknologi, menjadi penting untuk menghadirkan inovasi yang dapat mempermudah komunikasi para penyandang tunarungu dalam berbagai situasi social. (Amri, 2024)

Namun, tantangan besar masih dihadapi dalam hal pemahaman dan pengetahuan masyarakat umum tentang bahasa isyarat. Perbedaan sistem komunikasi antara penyandang tunarungu yang menggunakan bahasa isyarat dan masyarakat umum yang menggunakan komunikasi verbal seringkali menjadi hambatan besar. Hal ini menyebabkan kesenjangan dalam komunikasi yang dapat mengurangi kualitas interaksi dan integrasi social. (Amri, 2024)

Dalam menjawab tantangan tersebut, Machine Learning hadir sebagai pendekatan yang menawarkan solusi cerdas. Dengan kemampuan untuk mengenali pola berdasarkan data masukan, sistem ini dapat mengevaluasi hubungan sebab-akibat dan menghasilkan keluaran yang akurat. Salah satu alat utama dalam pendekatan ini adalah jaringan saraf tiruan, atau Artificial Neural Network, yang dapat dilatih melalui proses yang disebut pelatihan atau pembelajaran. (Nugroho et al., 2023)

Pemanfaatan machine learning telah diterapkan secara luas di berbagai bidang seperti kesehatan, militer, hingga komunikasi. Dalam penelitian ini,

teknologi tersebut diterapkan untuk membangun model pengenalan pola gerakan tangan pada BISINDO, sehingga dapat menjembatani komunikasi antara penyandang tunarungu dengan masyarakat umum. Inovasi ini diharapkan dapat mendukung integrasi sosial yang lebih inklusif. (Nugroho et al., 2023)

Penerapan teknologi pembelajaran mesin, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), dapat menjadi langkah yang sangat efektif untuk menyelesaikan masalah komunikasi ini. Jenis model pembelajaran mendalam yang dikenal sebagai CNN telah terbukti sangat efektif dalam pengolahan citra dan pengenalan pola, termasuk pengenalan gerakan tangan, yang merupakan komponen penting dari Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Dengan menggunakan CNN, sistem dapat dilatih untuk mengenali dan mengklasifikasikan gerakan tangan dan ekspresi wajah secara otomatis tanpa perlu memahami setiap gerakan secara manual. Ini memungkinkan pengembangan aplikasi pengenalan bahasa isyarat yang dapat digunakan secara real-time untuk membuat komunikasi lebih mudah bagi penyandang tunarungu dan individu yang tidak mahir BISINDO. Diharapkan juga bahwa penggunaan teknologi ini akan meningkatkan pemahaman dan penggunaan komunikasi serta meningkatkan kecepatan, akurasi, dan aksesibilitas. (Nugroho et al., 2023)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan latar belakang tersebut, penelitian tentang pengenalan (BISINDO) masih sedikit pada ranah teknologi informasi sehingga dalam implementasi bidang TI membutuhkan ketetapan dalam menentukan ekstraksi ciri dalam model machine learning untuk mendapatkan akurasi dalam melakukan klasifikasi yang dapat diimplementasikan sehingga penelitian akan

membahas pengenalan BISINDO dengan menggunakan algoritma CNN untuk membantu tunarungu dan masyarakat berkomunikasi dengan baik

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Penelitian ini hanya akan berfokus pada pengenalan bahasa isyarat yang digunakan di Indonesia, tanpa mempertimbangkan bahasa isyarat dari negara lain.
2. Implementasi machine learning akan menggunakan model Convolutional Neural Network (CNN) yang sudah ada tanpa membuat arsitektur baru atau mengubah model yang sudah ada.
3. Fokus pada pemahaman Bahasa isyarat tertentu yang telah ditentukan sebelumnya, seperti kata kata dasar atau frasa sederhana, bukan seluruh kosakata bahasa isyarat.
4. Kondisi gambar: dataset gambar Bahasa isyarat yang diambil menggunakan *Kaggle*
5. penelitian ini menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai algoritma utama untuk mendeteksi pengenalan bahasa isyarat Indonesia.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melihat performansi dari CNN dalam mengenali isyarat tangan BISINDO.terdapat tujuan khusus penelitian ini yaitu ;

1. Membangun dan melatih model CNN yang efektif untuk mengenali dan menerjemahkan bahasa isyarat Indonesia menjadi teks atau suara.

2. Mengumpulkan dan menyusun dataset yang cukup besar dan beragam dari gerakan bahasa isyarat untuk kebutuhan pelatihan model.
3. Mengembangkan sistem yang dapat melakukan pengenalan gerakan bahasa isyarat secara real-time, sehingga dapat digunakan dalam komunikasi sehari-hari.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem yang dapat membantu penyandang tunarungu dan tunawicara berkomunikasi dengan masyarakat umum. Dengan menggunakan teknologi machine learning, komunikasi menjadi lebih mudah dan efisien, mengurangi kesenjangan antara penyandang disabilitas dan orang-orang yang tidak memahami bahasa isyarat
2. Implementasi machine learning dalam pengenalan bahasa isyarat membuka peluang untuk pengembangan aplikasi cerdas yang dapat digunakan dalam berbagai konteks, seperti sistem kontrol cerdas, robotika, dan rumah pintar. Aplikasi ini dapat membantu dalam situasi sehari-hari dan memberikan solusi praktis bagi pengguna
3. Model CNN digunakan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa mendeteksi dan mengidentifikasi gerakan tangan bahasa isyarat sangat akurat. Ini meningkatkan kemampuan sistem untuk menerjemahkan Bahasa isyarat secara real-time, yang merupakan komponen penting dalam komunikasi yang efektif.
4. Bagi masyarakat adanya penelitian ini perancangan model yang bisa membantu menerjemahkan bahasa isyarat BASINDO akan dapat membuat

komunikasi lebih mudah antara orang disabilitas tunawicara/tunarungu
dengan orang non disabilitas

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Machine Learning

Istilah machine learning pertama kali didefinisikan oleh Arthur Samuel ditahun 1959. Menurut Arthur Samuel, machine learning adalah salah satu bidang ilmu komputer yang memberikan kemampuan pembelajaran kepada komputer untuk mengetahui sesuatu tanpa pemrogram yang jelas. Machine Learning merupakan sebuah model komputasi statistik, yang berfokus pada prediksi menggunakan komputer. Algoritma machine learning membangun model matematika dari data sampel, yang dikenal sebagai "data pelatihan atau data training", untuk membuat prediksi atau keputusan tanpa diprogram secara eksplisit untuk melakukan tugas (Santoso, Megasari, & Hambali, 2020). Machine Learning adalah salah satu cabang ilmu Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) yang berkembang sangat cepat. Machine learning menggunakan metode populer untuk menggantikan atau menirukan learning menggunakan metode populer untuk menggantikan atau menirukan perilaku manusia dalam menyelesaikan masalah dan melakukan otomatisasi (Wahyono, 2020)

2.1.1. Supervised Learning

Supervised Learning dimisalkan perusahaan real estate yang ingin memprediksi harga sebuah rumah berdasarkan ciri-ciri tertentu dari rumah tersebut. Untuk memulai, perusahaan pertama-tama akan mengumpulkan kumpulan data yang berisi banyak instance. Setiap instance mewakili pengamatan tunggal dari sebuah rumah dan fitur terkait. Fitur adalah properti yang tercatat dari sebuah rumah yang mungkin berguna untuk memprediksi harga. Target adalah

fitur yang dapat diprediksi, dalam hal ini harga rumah. Dataset umumnya dibagi menjadi kumpulan data train, validasi, dan pengujian (model akan selalu tampil optimal pada data tempat mereka dilatih). *Supervised Learning* menggunakan pola dalam kumpulan data train untuk memetakan fitur ke target sehingga suatu algoritma dapat membuat prediksi harga perumahan pada kumpulan data masa depan. (Nugroho et al., 2023)

2.1.2. Unsupervised Learning

Unsupervised Learning berbeda dari supervised learning karena tujuannya adalah untuk menemukan pola dalam data dan mengelompokkan contoh individu dalam dataset ke dalam kategori tertentu. Karena tidak ada target yang ditentukan, algoritma pengajaran tidak dapat mengetahui pola dalam data. Algoritma itu sendiri bertugas menemukan pola atau hubungan dalam data. Pengelompokan, asosiasi, dan deteksi anomali adalah beberapa tugas umum dalam pembelajaran tidak terawasi. Salah satu metode untuk mengelompokkan data berdasarkan kombinasi atribut yang ada adalah clustering.

Misalnya, sebuah perusahaan real estat menggunakan algoritma clustering untuk menemukan tiga klaster berbeda dalam datasetnya. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa klaster-klaster tersebut menunjukkan tiga arsitek berbeda, masing-masing bertanggung jawab atas desain rumah yang termasuk dalam dataset. Meskipun fitur seperti ini sangat penting, mungkin tidak tercatat secara eksplisit dalam data pelatihan, namun algoritma mampu menemukan pola dan keterkaitan dalam data. Hal ini menunjukkan kemampuan Unsupervised Learning untuk menggali data tersembunyi dari dataset yang tidak diawasi. (Nugroho et al., 2023)

2.1.3. Semisupervised Learning

Semisupervised Learning dapat dianggap sebagai "happy medium" antara *Supervised Learning* dan *Unsupervised Learning* yang sangat berguna untuk dataset yang berisi data berlabel dan tidak berlabel. Situasi ini biasanya muncul ketika pelabelan gambar menjadi intensif waktu atau biaya yang mahal. pembelajaran sering digunakan untuk citra medis, di mana seorang dokter mungkin memberi label pada subset kecil dari citra dan menggunakannya untuk melatih model. Model ini kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan sisa gambar yang tidak berlabel dalam dataset. Dataset berlabel yang dihasilkan kemudian digunakan untuk melatih model kerja yang seharusnya, secara teori, mengungguli model *Unsupervised Learning*.(Nugroho et al., 2023)

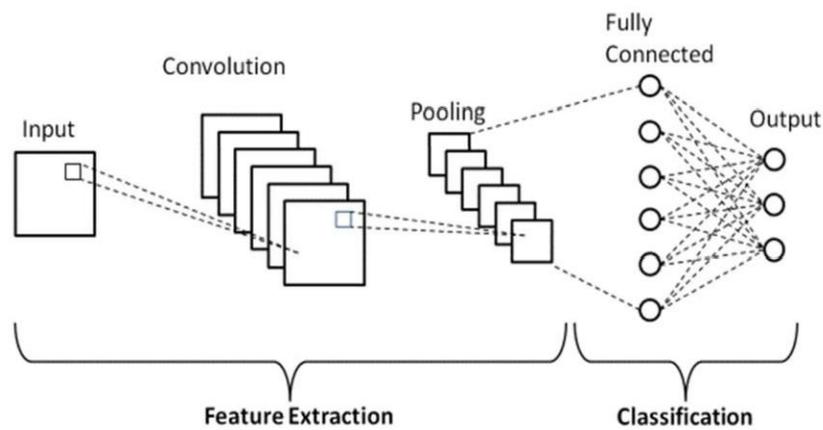
2.1.4. Reinforcement Learning

Reinforcement Learning melatih algoritma melalui metode coba-coba untuk mencapai hasil yang diinginkan. Meskipun kuat, penerapannya dalam kedokteran masih terbatas. Contohnya, algoritma dapat dilatih memainkan Super Mario Bros dengan menggerakkan Mario ke tiang bendera sambil menghindari bahaya. Dengan eksplorasi dan "reward," algoritma belajar perilaku optimal untuk menyelesaikan permainan.

Dalam *Reinforcement Learning*, algoritma belajar sendiri dengan mencoba berbagai input pengontrol. Saat berhasil menggerakkan Mario tanpa cedera, ia mendapat "reward" dan mulai memahami perilaku yang diinginkan. Akhirnya, algoritma belajar menyelesaikan permainan. Meski berguna dalam ilmu komputer, dampaknya dalam kedokteran klinis masih terbatas. (Nugroho et al., 2023)

2.2 Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jenis arsitektur jaringan saraf tiruan yang dimaksudkan untuk memproses gambar dan data berstruktur lainnya. CNN memiliki lapisan konvolusi yang memungkinkan model untuk secara otomatis mengekstrak elemen penting dari gambar secara hierarkis dengan menggunakan konsep konvolusi, pooling, dan lapisan terhubung penuh, CNN dapat mengenali pola dan objek dalam gambar dengan tingkat keakuratan yang tinggi. (Widya Agata et al., 2024)



Gambar 2.3 Model Convolutional Neural Network

Sumber: SFU Cognitive Science Student Society. (2021, Juli 5). An introduction to Convolutional Neural Network (CNN). Medium. <https://medium.com/sfu-cspmp/an-introduction-to-convolutional-neural-network-cnn-207cdb53db977>

2.2.1 Lapisan Konvolusi

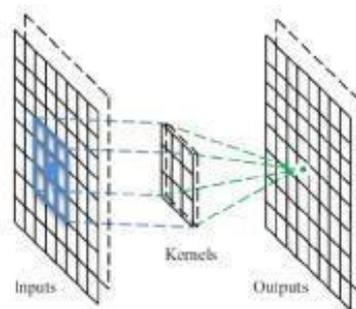
Lapisan konvolusi adalah inti dari struktur CNN, dan terdiri dari beberapa proses, seperti konvolusi, pooling, dropout, flatten, dan klasifikasi. Lapisan konvolusi menggunakan filter untuk mendapatkan gambar input.

Pada lapisan ini dilakukan perkalian titik antara dua matriks, dimana satu matriks adalah himpunan parameter yang dapat dipelajari, yang dikenal dengan

kernel, dan matriks lainnya adalah bagian terbatas dari bidang reseptif. Secara matematis, suatu perkalian konvolusi untuk fungsi diskrit satu dimensi, dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$f(x) * g(x) = \sum f(\alpha)g(x - \alpha) \quad (1) \quad (2.2)$$

Dimana $g(x)$ adalah filter atau kernel konvolusi yang dioperasikan dengan cara menggeser pada sinyal masukan $f(x)$.



Gambar 2. 4 Proses Lapisan Konvolusi

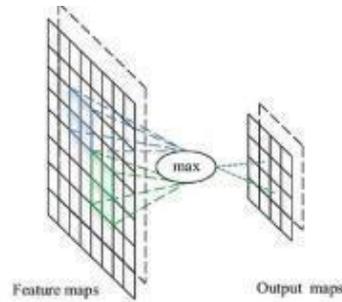
(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/a-Illustration-of-the-operation-principle-of-the-convolution-kernel-convolutional-layer_fig2_309487032)

Ada tiga komponen utama pemrosesan proses lapisan konvolusi: mekanisme pembagian bobot pada atribut yang sama, yang dapat mengurangi parameter yang tidak penting; kedua, konektivitas antar lokal, yang mempelajari bagaimana hubungan antar piksel, dan ditutup dengan lokasi objek tertentu. (Rere et al., 2019)

2.2.2 Lapisan Pooling

Lapisan pooling menghubungkan kekuatan komputasi dan kompleksitas data input dengan jaringan saraf tiruan convolutional neural network (CNN). Meskipun tidak hanya penyederhanaan data, lapisan ini biasanya digunakan untuk

mengurangi dimensi parameter jaringan dan peta fitur. Lapisan ini umumnya menggunakan strategi max-pooling.



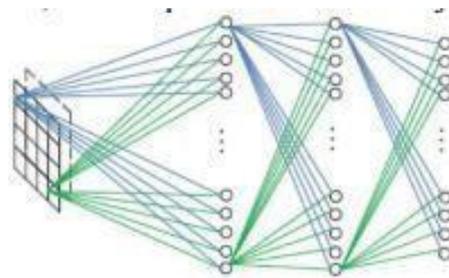
Gambar 2. 5 Proses Lapisan Pooling

(Sumber :https://www.researchgate.net/publication/309487032_Artificial_neural_network_for_bubbles_pattern_recognition_on_the_images)

Sama seperti lapisan konvolusi, lapisan pooling juga translation invariant. Ini karena proses komputasi mengurangi resolusi peta fitur untuk menghitung piksel ketetangaan. (Rere et al., 2019)

2.2.3 Lapisan Fully Connected

Dalam Convolutional Neural Network, lapisan fully connected berfungsi sebagai mesin voting yang mengintegrasikan informasi dari seluruh feature map untuk menghasilkan klasifikasi akhir (Mehindra Prasmatio et al., 2020).



Gambar 2. 6 Proses Lapisan Fully Connected

(Sumber :https://www.researchgate.net/publication/309487032_Artificial_neural_network_for_bubbles_pattern_recognition_on_the_images)

2.3. TensorFlow

Tensorflow adalah library open source yang menggabungkan berbagai model, algoritma machine learning, dan deep learning (jaringan syaraf) Tensorflow menggunakan Python untuk menyediakan API front-end untuk membangun aplikasi dengan framework sekaligus menjalankannya dengan sangat baik. Kemampuan Tensorflow termasuk melatih dan menjalankan jaringan syaraf tiruan untuk klasifikasi tulisan tangan, penyematan kata, pengenalan gambar, pemrosesan bahasa alami, model sequence-to-secuence untuk terjemahan, dan simulasi berbasis PDE (Partial Differential Equation). (Muharram, 2021)

2.4. Bahasa Isyarat Indonesia

Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) adalah alat komunikasi utama bagi penyandang tuna rungu dan tuna wicara di Indonesia. Namun, keterbatasan jumlah penerjemah dan kurangnya pemahaman masyarakat umum terhadap BISINDO menjadi hambatan komunikasi. (Budiman et al., 2023)

Penyampaian pikiran penyandang tunarungu kepada orang biasa dan sesama penyandang tunarungu merupakan tantangan bagi mereka. Seringkali terjadi kesalahan dalam menerjemahkan bahasa isyarat penderita tunarungu karena bahasa yang jarang digunakan dan ketidakmampuan mereka untuk mengenali bahasa isyarat mereka. Akibatnya, apa yang dipikirkan oleh penderita tunarungu tidak tersampaikan dengan baik. (Budiman et al., 2023)

Beberapa penelitian sebelumnya digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini, termasuk Jurnal yang ditulis oleh Mehreen Hurroo dan Mohammad Elham Walizad membahas sistem pengenalan bahasa isyarat menggunakan Bahasa Isyarat

Amerika. Jurnal tersebut membahas tentang penggunaan Convolutional Neural Network dan Visi Komputer. Pengguna harus dapat menggunakan kamera web untuk menangkap gambar isyarat tangan untuk jurnal ini, dan sistem akan memprediksi dan menampilkan nama gambar yang diambil. Algoritme warna HSV digunakan oleh penulis untuk mengidentifikasi gerakan tangan dan mengubah latar belakang menjadi hitam. Piksel biner gambar adalah fitur yang diekstrak. Untuk melatih dan mengklasifikasikan gambar, penulis menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). (Mauliddiyah, 2021)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Pendekatan Penelitian Pendekatan penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode observasi, yaitu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan mengamati fenomena secara langsung. Dalam konteks penelitian ini, observasi diterapkan untuk menganalisis pola gerakan tangan yang digunakan dalam Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Metode ini memungkinkan penelitian memperoleh data yang berbasis fakta dan sesuai dengan kondisi nyata yang diamati.

observasi dalam penelitian ini adalah pengumpulan dan analisis data gambar digital yang menunjukkan berbagai gerakan tangan dalam BISINDO. Data ini berasal dari dataset yang diperoleh melalui platform Kaggle, yang terdiri dari kumpulan gambar dan video dengan berbagai sudut pandang, pencahayaan, dan karakteristik individu. Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan pola visual dari gerakan tangan yang berubah posisi dan ekspresi. Pola-pola ini dapat digunakan dalam sistem pengenalan bahasa isyarat yang menggunakan pengolahan gambar.

3.1.1. Karakteristik Observasi dalam Penelitian

Observasi dalam penelitian ini memiliki sejumlah karakteristik yang memastikan akurasi dan validitas hasil yang diperoleh. Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari metode yang digunakan:

1. Langsung dan Objektif

Observasi dilakukan secara langsung terhadap dataset yang telah dikumpulkan tanpa adanya modifikasi atau intervensi. Analisis dilakukan

secara objektif dengan mengacu pada parameter yang telah ditetapkan untuk mengenali pola gerakan tangan dalam BISINDO.

2. Berbasis Data Empiris

Data yang digunakan berasal dari kumpulan citra dan video yang tersedia dalam dataset, sehingga mencerminkan pola gerakan tangan yang nyata. Data ini kemudian diproses menggunakan teknik pengolahan citra digital guna mengidentifikasi variasi gerakan yang khas dalam bahasa isyarat.

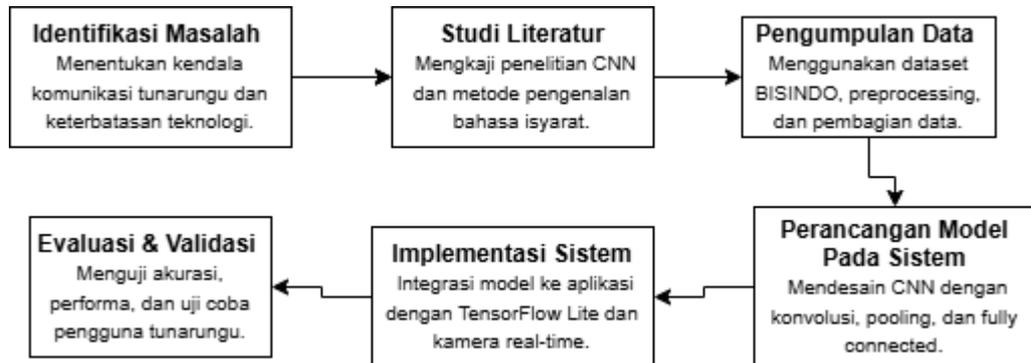
3. Sistematis dan Terstruktur

Proses observasi dilakukan dengan tahapan yang jelas, mulai dari pengumpulan data, analisis pola gerakan tangan, hingga validasi hasil. Pendekatan sistematis ini bertujuan untuk memastikan bahwa penelitian menghasilkan temuan yang akurat serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Metode observasi yang diterapkan dalam penelitian ini berperan penting dalam memastikan bahwa sistem pengenalan bahasa isyarat yang dikembangkan mampu mengenali pola visual secara optimal. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai karakteristik gerakan tangan dalam BISINDO, serta membuka peluang bagi pengembangan teknologi komunikasi yang lebih inklusif bagi penyandang tunarungu.

3.2. Alur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, ada serangkaian langkah yang akan diambil untuk mencapai kesimpulan dari penelitian ini. Rinciannya mengenai langkah-langkah penelitian dapat ditemukan dalam diagram berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah langkah awal yang sangat penting dalam penelitian, di mana masalah harus dirumuskan dengan mempertimbangkan prinsip keilmuan seperti keteraturan prosedur, rasionalitas, dan bukti empiris. Sehingga penelitian dapat diterima secara rasional, setiap langkah yang diambil harus memiliki dasar yang logis dan dapat dipahami melalui penalaran yang jelas, penelitian harus dilakukan.

Dalam tahap penelitian ini masalah yang diidentifikasi adalah masalah komunikasi yang dihadapi penyandang tunarungu ketika mereka berinteraksi dengan orang lain yang tidak memahami bahasa isyarat mereka. Meskipun penyandang tunarungu menggunakan bahasa isyarat seperti BISINDO untuk berkomunikasi, masih banyak yang belum mahir menggunakannya. Hal ini

menyebabkan masalah dalam penyampaian informasi, yang berdampak pada kualitas interaksi sosial yang dilakukan oleh penyandang tunarungu. Oleh karena itu, masalah utama dalam penelitian ini adalah bagaimana mengatasi kesulitan komunikasi yang muncul sebagai akibat dari kurangnya pemahaman bahasa isyarat di masyarakat umum, yang dapat menghambat penyandang tunarungu untuk berintegrasi dengan orang lain dan berpartisipasi dalam kehidupan sehari-hari.

3.2.2 Studi Literatur

Pada tahapan awal alur penelitian sebagai peneliti, saya mengumpulkan, meninjau, dan menganalisis literatur yang relevan dan terkait dengan topik penelitian seperti pengumpulan data informasi, membaca dan mencatat serta mengolah informasi menjadi bahan penelitian. Disamping itu sebagai penulis, studi literatur digunakan untuk memahami pengetahuan yang sudah ada tentang topik yang diteliti, mengidentifikasi celah pengetahuan, dan membentuk dasar yang kuat untuk penelitian yang akan dilakukan.

Studi literatur dalam penelitian ini berfokus pada pemanfaatan kecerdasan buatan, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), dalam pengenalan bahasa isyarat. Seiring dengan perkembangan teknologi Computer Vision, sistem berbasis pembelajaran mesin semakin mampu mengenali dan mengklasifikasikan pola visual, termasuk gerakan tangan yang digunakan dalam bahasa isyarat. Dalam penelitian ini, dataset bahasa isyarat diperoleh dari platform Kaggle dan melalui preprocessing untuk meningkatkan akurasi model. Dengan menerapkan CNN, sistem diharapkan mampu mengenali gerakan tangan secara otomatis dan real-time, sehingga dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan komunikasi antara penyandang tunarungu dan masyarakat luas.

3.2.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan dataset "Bahasa Isyarat Indonesia Alphabets" yang tersedia di platform Kaggle. Dataset ini berisi gambar bahasa isyarat Indonesia dari huruf A hingga Z, dengan total 312 gambar. Setiap huruf direpresentasikan dalam tiga latar belakang berbeda, yaitu kaos putih polos, dinding putih, dan kaos putih bermotif titik, dengan masing-masing latar menghasilkan empat gambar per huruf. Pengambilan gambar dilakukan dari sudut pandang depan dengan jarak sekitar 70 cm antara objek dan lensa kamera. Sebelum digunakan dalam pelatihan model, data ini melalui tahap preprocessing, seperti normalisasi, augmentasi, dan konversi ke format yang sesuai agar meningkatkan kualitas serta akurasi model dalam mengenali pola bahasa isyarat. Penggunaan dataset ini bertujuan untuk membangun sistem berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu mengenali serta menginterpretasikan bahasa isyarat secara otomatis dan real-time guna mendukung komunikasi bagi penyandang tunarungu.

3.2.4 Perancangan Model Pada Sistem

Perancangan sistem ini bertujuan untuk mengenali huruf dalam Bahasa Isyarat Indonesia menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Sistem ini dikembangkan dengan memanfaatkan dataset "Bahasa Isyarat Indonesia Alphabets", yang berisi 312 gambar tangan yang merepresentasikan huruf A hingga Z. Gambar dalam dataset ini diambil dari sudut pandang depan dengan variasi latar belakang berupa kaos putih polos, dinding putih, dan kaos bermotif titik putih, guna meningkatkan ketahanan model terhadap berbagai kondisi pencahayaan dan lingkungan.

1. Dataset dan Preprocessing

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan dataset "Bahasa Isyarat Indonesia Alphabets", yang terdiri dari 312 gambar tangan yang merepresentasikan huruf A hingga Z dalam Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Gambar-gambar dalam dataset ini diambil dari sudut pandang depan, sehingga memungkinkan model untuk mengenali bentuk dan pola gerakan tangan dengan lebih akurat. Untuk meningkatkan ketahanan model terhadap berbagai kondisi pencahayaan dan lingkungan, gambar dalam dataset ini memiliki variasi latar belakang yang berbeda, yaitu latar belakang berupa kaos putih polos, dinding putih, serta kaos bermotif titik putih.

Keberagaman latar belakang ini bertujuan untuk mengurangi bias model terhadap kondisi tertentu serta meningkatkan generalisasi model saat diterapkan pada data nyata. Dengan adanya perbedaan tekstur dan warna latar belakang, model diharapkan mampu mengenali huruf isyarat tanpa terpengaruh oleh faktor eksternal yang dapat menyebabkan kesalahan klasifikasi. Sebelum gambar digunakan dalam pelatihan model, dilakukan tahapan preprocessing untuk meningkatkan kualitas data, yaitu :

- a. Konversi ke skala abu-abu. Mengurangi kompleksitas data dengan menghilangkan informasi warna yang tidak relevan.
- b. Normalisasi. Mengubah nilai piksel dalam rentang 0 hingga 1 agar model lebih stabil dalam proses pembelajaran.

- c. Data Augmentation. Menerapkan transformasi seperti rotasi, flipping, dan penyesuaian pencahayaan untuk meningkatkan variasi data serta mencegah overfitting pada model.

2. Arsitektur Model CNN

Setelah data diproses, model CNN dirancang dengan beberapa lapisan utama yang memiliki fungsi spesifik dalam ekstraksi fitur dan klasifikasi huruf BISINDO:

- a. Lapisan Konvolusi (Convolutional Layers). Menggunakan tiga lapisan konvolusi dengan kernel berukuran 3×3 untuk mengekstraksi fitur visual dari gambar masukan. Setelah itu menerapkan fungsi aktivasi ReLU (Rectified Linear Unit) untuk memperkenalkan non-linearitas, sehingga meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola yang lebih kompleks.
- b. Lapisan Pooling (Pooling Layers). Menggunakan Max Pooling dengan ukuran 2×2 untuk mereduksi dimensi data tanpa menghilangkan informasi penting. Setelah itu mengurangi jumlah parameter dan beban komputasi, sehingga meningkatkan efisiensi model dalam memproses data.
- c. Lapisan Fully Connected (Fully Connected Layers). Terdiri dari dua lapisan fully connected, masing-masing dengan 128 dan 64 neuron, yang bertugas menginterpretasikan fitur yang telah diekstraksi oleh lapisan konvolusi. Fungsi aktivasi ReLU diterapkan pada hidden layer untuk meningkatkan daya prediksi model. Lapisan akhir menggunakan

Softmax Activation Function untuk mengklasifikasikan setiap input gambar ke dalam salah satu dari 26 kategori huruf BISINDO.

3. Pelatihan dan Evaluasi Model

Setelah model dirancang, dilakukan proses pelatihan dengan membagi dataset menjadi:

- a. 80% (250 gambar) digunakan sebagai data latih, berfungsi untuk melatih model dalam mengenali dan mempelajari pola dari citra bahasa isyarat.
- b. 10% (31 gambar) digunakan sebagai data validasi, berfungsi untuk mengoptimalkan parameter model serta mencegah terjadinya overfitting selama proses pelatihan.
- c. 10% (31 gambar) digunakan sebagai data uji, yang bertujuan untuk mengukur performa model terhadap data baru yang belum pernah digunakan pada saat pelatihan, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan generalisasi model.

Model dioptimalkan menggunakan Adam Optimizer dengan learning rate sebesar 0.001, serta menggunakan fungsi loss Categorical Cross-Entropy untuk mengukur kesalahan prediksi. Evaluasi model dilakukan berdasarkan beberapa metrik, yaitu:

- a. Akurasi (Accuracy). Mengukur persentase prediksi yang benar terhadap total data uji.
- b. Presisi (Precision). Menilai sejauh mana model dapat membedakan kelas yang benar dan salah.

- c. Recall. Mengevaluasi seberapa baik model dapat menangkap semua instance dari kelas yang benar.
- d. F1-Score. Mengukur keseimbangan antara presisi dan recall untuk mendapatkan evaluasi performa yang lebih menyeluruh.

4. Optimasi Model

Untuk meningkatkan keakuratan serta mencegah kemungkinan overfitting, diterapkan beberapa teknik optimasi, antara lain :

- a. Data Augmentation, yang mencakup rotasi, flipping, dan perubahan pencahayaan guna meningkatkan variasi data latih.
- b. Dropout Layer, yang berfungsi untuk menonaktifkan sejumlah neuron secara acak selama pelatihan agar model tidak terlalu bergantung pada fitur tertentu dalam data latih.
- c. Batch Normalization, yang membantu menstabilkan distribusi nilai fitur selama pelatihan serta mempercepat proses konvergensi model.

3.2.5 Implementasi Sistem

Implementasi sistem ini dilakukan dengan mengintegrasikan model Convolutional Neural Network (CNN) yang telah dilatih menggunakan dataset "Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Alphabets" ke dalam sebuah aplikasi berbasis website. Website ini dirancang agar dapat diakses melalui browser pada perangkat komputer maupun mobile, sehingga mempermudah pengguna dalam mengakses layanan pengenalan bahasa isyarat tanpa perlu menginstal aplikasi tambahan.

Tahapan implementasi diawali dengan menyiapkan lingkungan pengembangan yang mencakup pustaka TensorFlow dan Keras untuk pemrosesan

model deep learning, serta OpenCV sebagai pendukung proses penangkapan dan pengolahan citra secara real-time dari kamera perangkat. Teknologi WebRTC atau MediaDevices API digunakan untuk mengaktifkan kamera secara langsung dari halaman web, memungkinkan sistem untuk menangkap input video dari pengguna.

Sistem dirancang agar dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan gerakan tangan yang membentuk huruf-huruf dalam BISINDO. Kamera akan menangkap gambar tangan pengguna, yang kemudian melalui proses preprocessing untuk menyesuaikan ukuran gambar, normalisasi, serta penghapusan noise agar model dapat mengenali pola dengan lebih akurat. Setelah itu, gambar yang telah diproses dikirim ke model CNN untuk diklasifikasikan ke dalam salah satu dari 26 huruf BISINDO. Hasil klasifikasi kemudian ditampilkan dalam bentuk teks di layar, memungkinkan komunikasi antara pengguna penyandang tunarungu dan masyarakat umum yang tidak memahami bahasa isyarat.

Untuk memastikan sistem berjalan secara optimal, dilakukan pengujian performa model menggunakan dataset uji dan evaluasi dalam kondisi nyata, termasuk variasi pencahayaan dan latar belakang. Parameter yang dianalisis meliputi akurasi pengenalan huruf, waktu respons sistem, serta stabilitas model dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Selain itu, dilakukan pengujian pada pengguna untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan dan efektivitas sistem dalam mendukung komunikasi berbasis BISINDO.

Implementasi sistem ini tidak hanya terbatas pada pengenalan gambar secara statis, tetapi juga dirancang agar dapat bekerja secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan demikian, diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan aksesibilitas komunikasi bagi penyandang

tunarungu, serta mendorong penggunaan bahasa isyarat dalam kehidupan sehari-hari.

3.2.6 Evaluasi dan Validasi Sistem

Evaluasi dan validasi sistem dilakukan melalui serangkaian pengujian terhadap aplikasi yang telah diimplementasikan menggunakan model Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengenali huruf-huruf Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Pengujian ini akan dilakukan dalam sidang uji skripsi, di mana aplikasi akan diuji langsung oleh dosen penguji untuk menilai kinerja sistem berdasarkan akurasi, kecepatan inferensi, serta stabilitas saat digunakan dalam berbagai kondisi.

Aplikasi ini berfungsi dengan menangkap gambar isyarat tangan menggunakan kamera, kemudian memprosesnya dengan model CNN yang telah dilatih menggunakan dataset "Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Alphabets". Setelah gambar diproses, hasil klasifikasi akan ditampilkan dalam bentuk huruf yang sesuai pada antarmuka aplikasi. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi sistem dengan gerakan isyarat yang sebenarnya untuk menilai akurasi model dalam mengenali setiap huruf.

Stabilitas sistem juga diuji dengan mencoba berbagai skenario penggunaan, seperti pencahayaan yang berbeda, jarak tangan dari kamera, serta variasi latar belakang. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat berjalan secara konsisten tanpa mengalami penurunan performa yang signifikan. Jika ditemukan adanya kendala, maka dilakukan perbaikan pada preprocessing gambar atau teknik augmentasi data untuk meningkatkan ketahanan model terhadap variasi lingkungan.

Hasil evaluasi dan validasi dalam sidang uji penelitian ini akan menentukan apakah sistem telah memenuhi standar yang diharapkan. Dengan demikian, evaluasi ini menjadi tahap penting untuk memastikan bahwa aplikasi pengenalan BISINDO berbasis CNN dapat berfungsi dengan baik dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi.

3.3 Kebutuhan Hardware dan Software

Dalam penelitian ini, perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang digunakan harus memenuhi spesifikasi yang cukup untuk menjalankan proses pengolahan citra dan pelatihan model Convolutional Neural Network (CNN). Berikut adalah rincian kebutuhan hardware dan software:

3.3.1 Kebutuhan Hardware

Tabel 3.1 Kebutuhan Hardware

No	Komponen	Spesifikasi
1.	Prosesor	Intel Core i5/i7
2.	RAM	8 GB
3.	GPU	NVIDIA GTX 1050 Ti
4.	Penyimpanan	SSD 475 GB
5.	Sistem Operasi	Windows 10
6.	Kamera Webcam	Resolusi minimal 720p, 30 FPS

Dengan spesifikasi perangkat keras yang telah ditetapkan, sistem deteksi kantung ini diharapkan dapat berjalan secara optimal dan memberikan hasil deteksi yang akurat serta respons yang cepat dalam kondisi real-time.

3.3.2 Kebutuhan Software

Untuk mendukung implementasi model Convolutional Neural Network (CNN) dalam penelitian ini, diperlukan beberapa perangkat lunak utama. Sistem

operasi yang digunakan adalah Windows 10/11 (64-bit) karena kompatibel dengan pustaka machine learning dan mendukung perangkat keras yang diperlukan. Bahasa pemrograman Python 3.x dipilih karena memiliki ekosistem yang luas dalam pengembangan model kecerdasan buatan. Framework utama yang digunakan adalah TensorFlow dan Keras, yang berfungsi dalam membangun, melatih, dan menguji model CNN untuk mengenali gerakan bahasa isyarat. Selain itu, OpenCV digunakan untuk pengolahan citra secara real-time, memungkinkan sistem menangkap dan memproses gambar dari kamera dengan cepat dan akurat. Untuk menulis dan menjalankan kode, digunakan Google Colab sebagai lingkungan pengembangan karena mendukung eksekusi berbasis cloud dengan akses ke GPU, sehingga mempercepat proses pelatihan model.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 pengambilan data

Pada penelitian ini, proses pengambilan data dilakukan secara manual menggunakan kamera laptop sebagai alat bantu untuk menangkap citra isyarat tangan. Tidak seperti pendekatan yang menggunakan dataset yang tersedia secara daring seperti dari Kaggle, peneliti memilih untuk membangun dataset sendiri guna memastikan kesesuaian data dengan kebutuhan penelitian serta untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif dan variatif.

Dataset yang dikumpulkan terdiri dari 26 kelas, yang masing-masing merepresentasikan huruf A hingga Z dalam Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Untuk setiap huruf, dikumpulkan sebanyak 100 citra, sehingga total terdapat 2.600 citra yang digunakan sebagai data pelatihan. Citra-citra tersebut merupakan representasi dari bentuk tangan yang menunjukkan huruf-huruf BISINDO.

Pengambilan data dilakukan dengan bantuan kode Python menggunakan pustaka OpenCV, yang memungkinkan sistem untuk secara otomatis menangkap dan menyimpan citra tangan yang ditampilkan di depan kamera. Tahapan pengambilan citra dilakukan sebagai berikut:

1. Pembuatan direktori untuk menyimpan dataset, berdasarkan jumlah kelas (26 huruf).
2. Aktivasi kamera laptop untuk menampilkan umpan langsung (live preview) pada layar.

3. Sistem akan menampilkan perintah kepada pengguna untuk mempersiapkan posisi tangan, dan pengguna dapat menekan tombol Q saat siap memulai pengambilan citra.
4. Setelah itu, sistem akan menangkap 100 citra secara bertahap dan menyimpannya dalam folder sesuai label huruf (dalam format angka 0–25).
5. Proses ini diulang untuk setiap huruf hingga semua data berhasil dikumpulkan.

Berikut adalah potongan kode Python yang digunakan dalam proses pengambilan data:

Tabel 4.1 Data Collection

Source Code
<pre>import os import cv2 DATA_DIR = './data' if not os.path.exists(DATA_DIR): os.makedirs(DATA_DIR) number_of_classes = 26 dataset_size = 100 cap = cv2.VideoCapture(0) for j in range(number_of_classes): if not os.path.exists(os.path.join(DATA_DIR, str(j))): os.makedirs(os.path.join(DATA_DIR, str(j)))</pre>

```
print('Collecting data for class {}'.format(j))

done = False

while True:

    ret, frame = cap.read()

    cv2.putText(frame, 'Ready? Press "Q" ! :)', (100, 50),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.3, (0, 255, 0), 3,

                cv2.LINE_AA)

    cv2.imshow('frame', frame)

    if cv2.waitKey(25) == ord('q'):

        break

counter = 0

while counter < dataset_size:

    ret, frame = cap.read()

    cv2.imshow('frame', frame)

    cv2.waitKey(25)

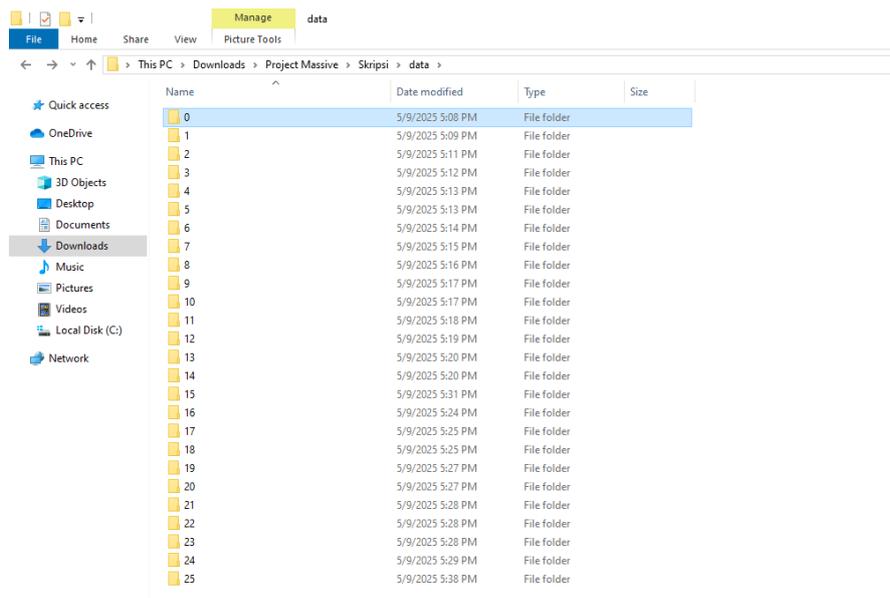
    cv2.imwrite(os.path.join(DATA_DIR, str(j), '{}.jpg'.format(counter)),
frame)

    counter += 1

cap.release()

cv2.destroyAllWindows()
```

Setiap folder yang dihasilkan akan diberi nama angka dari 0 sampai 25, yang nantinya dikonversi ke label huruf (0 untuk huruf A, 1 untuk huruf B, dan seterusnya) dalam proses pelatihan model



Gambar 4.3 Data Collection

Dengan pengumpulan data secara manual ini, model yang dibangun dapat dilatih menggunakan citra-citra yang lebih realistis dan bervariasi. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengenali isyarat tangan dengan lebih baik, bahkan dalam kondisi pencahayaan atau latar belakang yang berbeda.

4.2 klasifikasi data dan training data

Setelah proses pengambilan data selesai, tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan klasifikasi data dan pelatihan model (training) untuk mengenali isyarat tangan berdasarkan huruf A hingga Z dalam Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Proses ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu:

1. Ekstraksi fitur dari citra menggunakan MediaPipe
2. Pelatihan model klasifikasi menggunakan Random Forest

4.2.1 Ekstraksi Fitur Menggunakan MediaPipe

Setiap citra hasil pengambilan data sebelumnya tidak langsung digunakan dalam bentuk gambar mentah. Untuk dapat dilatih oleh model pembelajaran mesin, citra perlu dikonversi menjadi representasi numerik (fitur) yang bermakna. Dalam penelitian ini, proses ekstraksi fitur dilakukan menggunakan library MediaPipe, khususnya modul `mp.solutions.hands`.

MediaPipe digunakan untuk mendeteksi titik-titik kunci (landmark) pada tangan. Setiap tangan terdiri dari 21 titik landmark, dan masing-masing titik memiliki nilai koordinat x dan y . Dengan demikian, satu gambar dapat menghasilkan hingga 42 fitur (21×2 koordinat).

Langkah-langkah proses ekstraksi fitur dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Gambar dibaca menggunakan OpenCV dan dikonversi ke format RGB.
- MediaPipe mendeteksi keberadaan tangan dan memproses landmark-nya.
- Setiap titik landmark diekstrak dan nilai x , y disimpan sebagai vektor fitur.
- Data fitur disimpan bersama dengan label (nama folder, yaitu 0 untuk A, 1 untuk B, dst.) ke dalam sebuah struktur dictionary Python.
- Semua data dan label kemudian disimpan ke dalam file `data.pickle` untuk proses pelatihan selanjutnya.

Kode Python yang digunakan pada tahap ini dapat dilihat pada file `data.classifier.py` sebagai berikut:

Tabel 4.2 data classifier

Source Code
<pre>import os import mediapipe as mp import cv2 import matplotlib.pyplot as plt import tensorflow as tf import logging import warnings import pickle # Menekan logging dari TensorFlow os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL'] = '3' tf.get_logger().setLevel(logging.ERROR) # Menekan peringatan dari protobuf warnings.filterwarnings('ignore', module='google.protobuf.symbol_database', category=UserWarning, mp_hands = mp.solutions.hands mp_drawing = mp.solutions.drawing_utils mp_drawing_styles = mp.solutions.drawing_styles # Perbaiki kesalahan pengetikan</pre>

```
hands = mp_hands.Hands(static_image_mode=True,
min_detection_confidence=0.3)

DATA_DIR = './data'

data = []
labels = []

for dir_ in os.listdir(DATA_DIR):
    for img_path in os.listdir(os.path.join(DATA_DIR, dir_)):
        data_aux = []

        img = cv2.imread(os.path.join(DATA_DIR, dir_, img_path))
        img_rgb = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)

        results = hands.process(img_rgb)
        if results.multi_hand_landmarks:
            for hand_landmarks in results.multi_hand_landmarks:
                for i in range(len(hand_landmarks.landmark)):
                    x = hand_landmarks.landmark[i].x
                    y = hand_landmarks.landmark[i].y
                    data_aux.append(x)
                    data_aux.append(y)

            data.append(data_aux)
            labels.append(dir_)
```

```
f = open('data.pickle', 'wb')  
pickle.dump({'data': data, 'labels': labels}, f)  
f.close()
```

Hasil akhir dari proses ini adalah file data.pickle yang berisi dua elemen utama:

- data: berisi daftar vektor fitur dari gambar
- labels: berisi label kelas untuk setiap data

4.2.2 Pelatihan Model Menggunakan Random Forest Classifier

Setelah data fitur dan label berhasil disimpan, tahap selanjutnya adalah melatih model klasifikasi. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah Random Forest Classifier, yang merupakan algoritma klasifikasi berbasis pohon keputusan (decision tree) dengan pendekatan ensemble.

Langkah-langkah proses pelatihan meliputi:

1. Membaca data dari file data.pickle
2. Menyesuaikan panjang vektor fitur agar konsisten, karena tidak semua gambar menghasilkan jumlah titik landmark yang sama. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan padding terhadap vektor yang memiliki panjang lebih pendek.
3. Membagi dataset menjadi data latih dan data uji menggunakan train_test_split. Komposisi data dibagi menjadi:
 - 80% data latih
 - 20% data uji

Pembagian dilakukan secara acak namun tetap menjaga proporsi label melalui parameter stratify.

4. Melatih model menggunakan Random Forest.
5. Memprediksi hasil pada data uji dan mengevaluasi akurasi model menggunakan metrik accuracy score.
6. Menyimpan model terlatih ke dalam file model.p untuk digunakan dalam tahap implementasi.

Kode pelatihan terdapat pada file train.classifier.py dan memiliki inti proses sebagai berikut:

Tabel 4.3 train.calssifier

Source Code
<pre>import pickle from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier from sklearn.model_selection import train_test_split from sklearn.metrics import accuracy_score import numpy as np # Load data with open('./data.pickle', 'rb') as f: data_dict = pickle.load(f) # Ensure all data elements have the same length data = data_dict['data'] max_length = max(len(sample) for sample in data)</pre>

```
data_padded = np.array([np.pad(sample, (0, max_length - len(sample)),
'constant') for sample in data])

# Convert labels to numpy array

labels = np.asarray(data_dict['labels'])

# Split data

x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(data_padded, labels,
test_size=0.2, shuffle=True, stratify=labels)

# Train model

model = RandomForestClassifier()

model.fit(x_train, y_train)

# Predict and evaluate

y_predict = model.predict(x_test)

score = accuracy_score(y_predict, y_test)

print('{}% of samples were classified correctly !'.format(score * 100))

# Save model

with open('model.p', 'wb') as f:

    pickle.dump({'model': model}, f)
```

4.3 implementasi machine learning dalam web

Tahap akhir dari proses pengembangan sistem adalah implementasi model machine learning ke dalam antarmuka berbasis web. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk membuat sistem yang interaktif, mudah diakses, dan dapat digunakan secara real-time untuk mendeteksi huruf-huruf dalam Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dari gerakan tangan pengguna.

Implementasi ini dibangun menggunakan framework Streamlit, yang memungkinkan pengembangan aplikasi web secara cepat dan interaktif, khususnya untuk kebutuhan visualisasi data dan model machine learning. Sistem ini juga memanfaatkan pustaka OpenCV untuk menangkap citra dari kamera, serta MediaPipe untuk mendeteksi titik-titik landmark pada tangan.

4.3.1 Integrasi Model

Model yang telah dilatih sebelumnya dan disimpan dalam file model.p dimuat kembali menggunakan pustaka pickle. Model ini berupa Random Forest Classifier, yang telah dilatih untuk mengenali pola koordinat dari titik-titik landmark tangan dan mengklasifikasikannya ke dalam salah satu dari 26 huruf alfabet (A–Z).

Model ini akan menerima **84 fitur** input (hasil dari $21 \text{ landmark} \times 2 \text{ koordinat } x \text{ dan } y$, serta padding jika tidak lengkap) dan mengembalikan hasil prediksi berupa label huruf.

4.3.2 Deteksi Gesture Secara Real-Time

Setelah model dimuat, sistem menggunakan kamera laptop untuk menangkap citra secara real-time. MediaPipe digunakan untuk mendeteksi

keberadaan tangan dan mengekstrak titik-titik landmark dari citra. Proses ini berlangsung secara kontinu selama kamera aktif.

Langkah-langkah proses deteksi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Citra dari kamera diubah ke format RGB dan diproses oleh `mp.solutions.hands` untuk mendeteksi titik landmark.
2. Jika terdeteksi, maka koordinat dari setiap titik akan dikumpulkan dan disusun menjadi vektor fitur.
3. Jika jumlah titik tidak mencukupi, sistem melakukan padding dengan nilai nol agar dimensi tetap konsisten (84 elemen).
4. Vektor fitur dikirim ke model untuk dilakukan prediksi huruf.
5. Jika huruf yang sama terdeteksi secara stabil selama ± 2 detik, maka huruf tersebut dianggap valid dan ditambahkan ke daftar huruf yang dikenali.

4.3.3 Logika Stabilitas Prediksi

Untuk menghindari kesalahan akibat deteksi yang tidak konsisten (misalnya karena tangan bergerak atau pencahayaan berubah), sistem menerapkan logika stabilitas prediksi. Huruf baru hanya akan ditambahkan jika:

- Huruf tersebut terdeteksi secara konsisten selama beberapa frame (minimal 20 frame).
- Huruf sebelumnya tidak sama dengan huruf yang baru terdeteksi (menghindari duplikasi).

Hal ini memastikan bahwa hanya gerakan tangan yang jelas dan stabil yang akan diterima sebagai masukan.

4.3.4 Antarmuka Pengguna (User Interface)

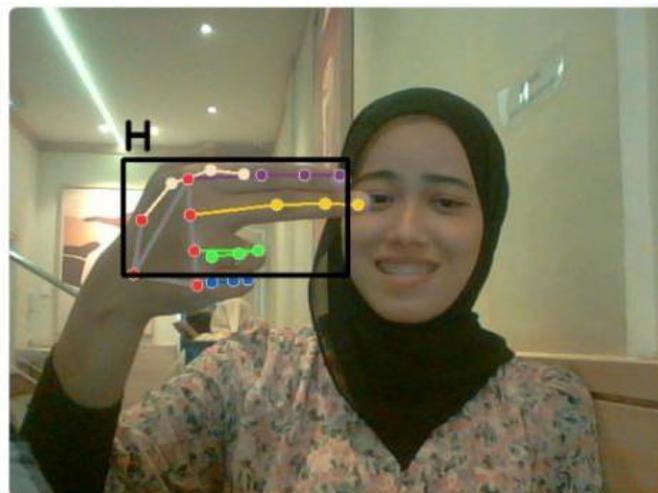
Antarmuka web yang dikembangkan melalui Streamlit dirancang untuk memberikan pengalaman pengguna yang intuitif dan responsif. Fitur-fitur yang tersedia antara lain:

- Tombol Start Webcam untuk memulai proses deteksi.
- Tampilan kamera secara langsung untuk memberikan umpan balik visual kepada pengguna.
- Visualisasi huruf yang sedang terdeteksi secara real-time.
- Daftar huruf yang telah berhasil dikenali dan disusun sebagai satu kata.
- Tombol Enter (Simpan Kata) untuk menyimpan kata yang terbentuk.
- Tombol Reload untuk mereset sesi dan memulai ulang proses deteksi.

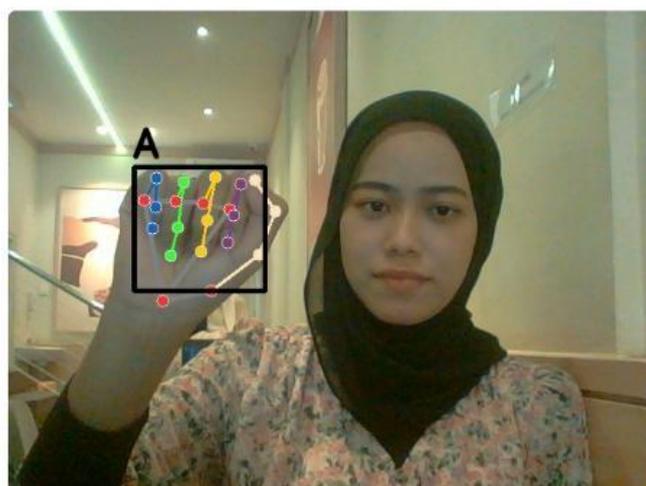
Setiap huruf yang dikenali ditampilkan dalam bentuk teks, dan pengguna dapat menyusunnya menjadi kata utuh dengan satu klik tombol. Berikut cuplikan logika antarmuka dalam bentuk pseudocode:

4.3.5 Hasil Implementasi

Dengan implementasi sistem ini, pengguna dapat melakukan interaksi langsung melalui kamera untuk menyusun huruf-huruf dari isyarat tangan secara otomatis dan real-time. Sistem dapat mengenali gesture tangan dengan akurasi yang cukup tinggi, selama dilakukan dengan posisi yang tepat dan stabil di depan kamera. Sistem juga dirancang agar dapat menangani berbagai kondisi pencahayaan dan posisi tangan, selama landmark berhasil dideteksi oleh MediaPipe. Secara keseluruhan, aplikasi ini memberikan solusi praktis dalam menghubungkan penyandang tunarungu dengan masyarakat luas melalui teknologi berbasis machine learning.

Gambar 4.4 train.calssifier

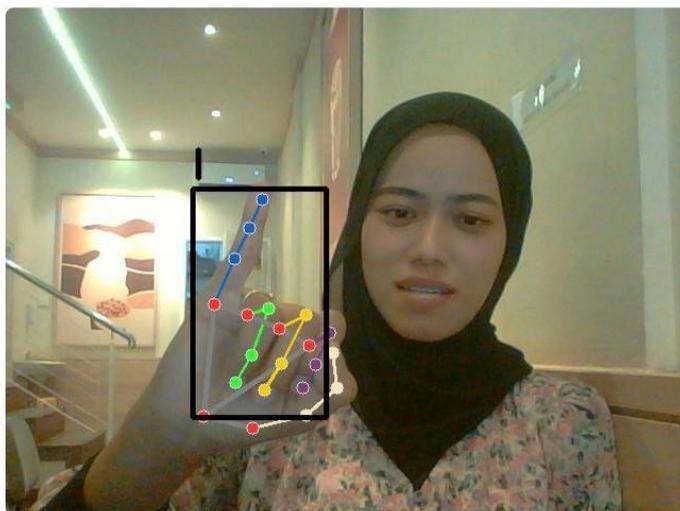
Gambar menunjukkan sistem berhasil mendeteksi huruf **H** dari gerakan tangan pengguna. Tangan membentuk konfigurasi horizontal dengan dua jari sejajar lurus, dan titik-titik kunci (keypoints) pada ruas jari dikenali dengan garis penghubung berwarna. Kotak deteksi hitam menandai area fokus sistem visi komputer, sedangkan hasil pengenalan huruf ditampilkan secara otomatis di bawah gambar sebagai “*Huruf Terdeteksi: H.*”

Gambar 4.5 deteksi huruf H

Huruf Terdeteksi: H A

Gambar memperlihatkan hasil deteksi huruf **A** yang dilakukan setelah huruf **H**, sehingga sistem mengenali dua huruf sekaligus yaitu **H** dan **A**. Posisi tangan menunjukkan gerakan yang sesuai dengan bentuk alfabet SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) untuk huruf **A**, dengan jari-jari menggenggam dan titik-titik kunci tetap terdeteksi dalam kotak hitam. Tampilan sistem secara langsung memperlihatkan teks “*Huruf Terdeteksi: H A.*”

Gambar 4.6 deteksi huruf **A**



 Huruf Terdeteksi: **H A I**

Gambar menampilkan proses pengenalan tiga huruf sekaligus yaitu **H**, **A**, dan **I**. Gerakan tangan pada gambar ini menunjukkan konfigurasi untuk huruf **I**, yang biasanya hanya mengangkat satu jari telunjuk sementara jari lainnya mengepal. Sistem berhasil deteksi formasi tersebut berdasarkan posisi keypoints dan memberikan hasil akhir berupa tampilan teks “*Huruf Terdeteksi: H A I.*”

Gambar 4.7 deteksi huruf I

Gambar menunjukkan antarmuka aplikasi deteksi bahasa isyarat yang berhasil mengenali huruf **H**, **A**, dan **I**, kemudian menyusunnya menjadi kata “**HAI**.” Sistem mendeteksi gestur tangan secara otomatis dan menyimpan hasilnya setelah tombol *Enter* ditekan.

Gambar 4.8 Hasil deteksi kata HAI

Gambar ini menunjukkan sistem berhasil mendeteksi gesture tangan pengguna sebagai huruf "I" dalam Bahasa Isyarat SIBI dengan akurasi yang tepat, ditandai dengan penandaan titik-titik sendi jari secara otomatis.

Gambar 4.9 deteksi huruf I

Pada gambar ini, sistem mengenali dua gesture secara berurutan, yaitu huruf "I" diikuti huruf "Y", yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mengenali kombinasi gerakan secara bertahap.

Gambar 4.10 deteksi huruf Y

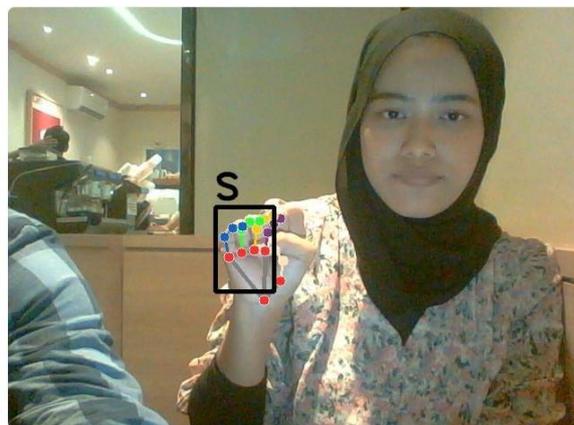
Gambar ini menampilkan proses deteksi tiga huruf yaitu "I", "Y", dan "A", yang membentuk kata "IYA". Hal ini menunjukkan sistem mampu mendeteksi rangkaian gesture secara runtut dengan hasil yang akurat

Gambar 4.11 deteksi huruf A



Gambar tersebut menunjukkan antarmuka aplikasi deteksi Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) huruf A-Z yang telah berhasil mengenali dan menyusun huruf-huruf dari gesture tangan menjadi kata "IYA". Pengguna menahan setiap gesture selama ± 2 detik hingga sistem secara otomatis mendeteksi huruf, lalu menampilkannya dalam bentuk kata. Tombol **Enter (Simpan Kata)** menandakan bahwa hasil deteksi telah dikonfirmasi dan disimpan oleh sistem.

Gambar 4.12 Hasil deteksi kata IYA



📷 Huruf Saat Ini: s

Gambar ini menunjukkan huruf "S" dari Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) yang ditampilkan oleh pengguna. Huruf yang dikenali ditampilkan secara real-time di

bawah video dengan tulisan “Huruf Saat Ini: s”. Sistem berhasil membaca isyarat huruf "S"

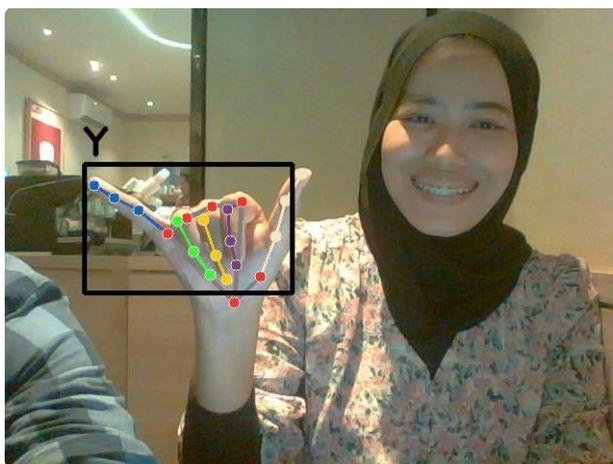
Gambar 4.13 deteksi huruf S



Huruf Terdeteksi: S A

Gambar ini Setelah pengguna mengisyaratkan huruf berikutnya yaitu "A", sistem berhasil mendeteksi huruf tersebut dan menampilkannya bersama huruf sebelumnya, sehingga membentuk hasil deteksi sementara berupa huruf "S A". Ini menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali urutan huruf secara bertahap untuk membentuk kata.

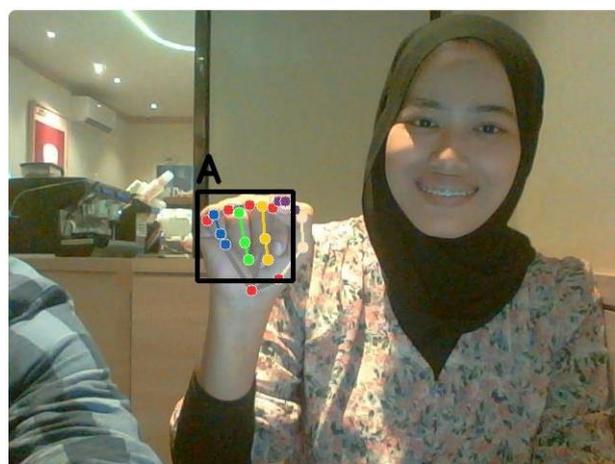
Gambar 4.14 deteksi huruf A



Huruf Terdeteksi: S A Y

Gambar ini deteksi huruf "Y", dan sistem mendeteksi huruf tersebut dengan benar, sehingga pada tampilan hasil deteksi muncul urutan huruf "S A Y". Proses ini menunjukkan kemampuan sistem dalam menggabungkan beberapa deteksi huruf untuk menyusun kata yang bermakna.

Gambar 4.15 deteksi huruf Y



 Huruf Terdeteksi: S A Y A

Gambar ini deteksi huruf "A", yang kemudian dikenali dan ditambahkan oleh sistem ke dalam rangkaian huruf sebelumnya. Hasil deteksi penuh pada tahap ini adalah "S A Y A", yang merupakan kata utuh dalam Bahasa Indonesia. Ini membuktikan bahwa sistem mampu membaca isyarat huruf secara berurutan dan menyusun sebuah kata dengan akurasi tinggi.

Gambar 4.16 deteksi huruf A

Deteksi Bahasa Isyarat (A-Z) ⇌

Tahan gesture selama ±2 detik agar huruf terdeteksi otomatis.



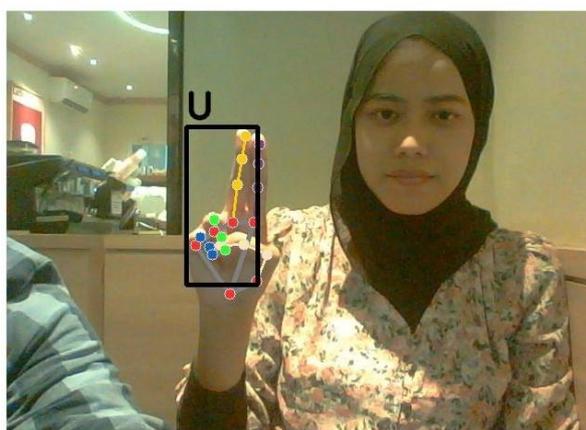




 Kata: SAYA

Gambar ini menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi deteksi Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) huruf A-Z yang telah berhasil mengenali gesture tangan pengguna dan menyusunnya menjadi kata "SAYA". Proses deteksi dilakukan secara otomatis dengan menahan gesture selama ± 2 detik untuk setiap huruf, kemudian pengguna menekan tombol **Enter (Simpan Kata)** untuk menyimpan hasil deteksi sebagai satu kata utuh.

Gambar 4.17 Hasil deteksi kata SAYA



Huruf Terdeteksi: U

Huruf Saat Ini: U

Gambar ini menunjukkan proses deteksi huruf isyarat "U", di mana sistem berhasil mengenali gesture tangan pengguna dan menampilkan huruf "U" sebagai hasil deteksi secara real-time.

Gambar 4.18 deteksi huruf U



Huruf Terdeteksi: U M

Huruf Saat Ini: M

Gambar ini merupakan lanjutan proses deteksi huruf dengan gesture tangan pengguna yang dikenali sebagai huruf "M", sehingga sistem berhasil membentuk deretan huruf "U M" berdasarkan urutan gesture yang diberikan.

Gambar 4.19 deteksi huruf M



 Huruf Terdeteksi: U M I

 Huruf Saat Ini: I

Gambar ini memperlihatkan hasil deteksi gesture tangan pengguna untuk huruf "I", yang kemudian ditambahkan ke deretan huruf sebelumnya sehingga membentuk urutan huruf "U M I" secara otomatis.

Gambar 4.20 deteksi huruf I

Deteksi Bahasa Isyarat (A-Z)

Tahan gesture selama ±2 detik agar huruf terdeteksi otomatis.

 Start Webcam

 Enter (Simpan Kata)

 Reload

 Kata: UMI

Gambar ini menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi deteksi Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) huruf A-Z yang telah berhasil mengenali gesture tangan pengguna dan menyusunnya menjadi kata "**UMI**". Proses deteksi dilakukan secara otomatis dengan menahan gesture selama ± 2 detik untuk setiap huruf, kemudian pengguna menekan tombol **Enter (Simpan Kata)** untuk menyimpan hasil deteksi sebagai satu kata. Coba terakhir dilakukan dengan huruf 'U', 'M', dan 'I' untuk membentuk kata "UMI", yang diproses dengan akurasi yang konsisten. Sistem terbukti berjalan stabil dan efektif dalam mengenali satu kata per sesi penggunaan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) menggunakan model machine learning, khususnya algoritma Random Forest yang dikombinasikan dengan deteksi landmark dari MediaPipe, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun mampu mengenali huruf-huruf isyarat tangan secara real-time dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Proses pengambilan data dilakukan secara manual melalui kamera laptop untuk 26 huruf alfabet, menghasilkan dataset yang kaya dan bervariasi. Hasil ekstraksi fitur dari titik-titik landmark tangan terbukti efektif sebagai input untuk klasifikasi huruf dengan model Random Forest, yang kemudian diintegrasikan dalam aplikasi web berbasis Streamlit.

Sistem berhasil diimplementasikan dalam bentuk antarmuka web yang interaktif, yang memungkinkan pengguna menyusun satu kata dari gestur tangan, kemudian menyimpannya setelah klik tombol “Enter”. Dalam uji coba langsung, sistem mampu mengenali kata “HAI”, “SAYA”, dan “UMI” dengan proses yang stabil dan efisien. Sistem secara otomatis mereset setelah satu kata dikonfirmasi, menandakan bahwa fungsionalitas satu kata per sesi berjalan dengan baik. Secara keseluruhan, sistem ini berhasil menjadi solusi awal dalam menjembatani komunikasi antara penyandang tunarungu dan masyarakat umum melalui teknologi pengenalan bahasa isyarat berbasis citra

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem ini mendukung penyusunan kalimat secara berurutan, bukan hanya satu kata per sesi, sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas dan kemanfaatan aplikasi dalam percakapan yang lebih kompleks. Selain itu, akurasi sistem dapat ditingkatkan dengan memperluas dataset, termasuk dengan variasi latar belakang, pencahayaan, dan posisi tangan yang lebih beragam agar model lebih robust terhadap kondisi nyata.

Penggunaan model Convolutional Neural Network (CNN) ke depan juga sangat disarankan untuk menggantikan Random Forest, mengingat CNN lebih unggul dalam pemrosesan citra dan mampu menangkap fitur visual yang lebih kompleks. Integrasi suara (speech-to-text atau text-to-speech) juga dapat menjadi fitur tambahan yang signifikan untuk meningkatkan aksesibilitas sistem bagi masyarakat luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, I. (2024). Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Untuk Menerjemahkan Bahasa Isyarat. *Jurnal Multidisiplin Saintek Volume*, 2(9), 70–87. <https://ejournal.warunayama.org/kohesi>
- Budiman, S. N., Lestanti, S., Yuana, H., & Awwalin, B. N. (2023). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika SIBI (Sistem Bahasa Isyarat Indonesia) berbasis Machine Learning dan Computer Vision untuk Membantu Komunikasi Tuna Rungu dan Tuna Wicara*. 9(2), 119–128. <http://http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmi>
- Hasyim Nur'azizan, A., Riqza Ardiansyah, A., & Fernandis, R. (n.d.). *Implementasi Deteksi Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan OpenCV dan MediaPipe* (Vol. 3).
- Mauliddiyah, N. L. (2021). *jurnal* 3. 6.
- Muharram, R. F. (2021). Implementasi Artificial Intelligence Untuk Deteksi Masker Secara Realtime Dengan Tensorflow Dan SSD Mobilenet Berbasis Python. *JRKT (Jurnal Rekayasa Komputasi Terapan)*, 1(03), 281–290. <https://doi.org/10.30998/jrkt.v1i03.5832>
- Nugroho, A., Setiawan, R., Harris, A., Dinamika Bangsa, U., & Jendral Sudirman, J. (2023). *Processor: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer Deteksi Bahasa Isyarat Bisindo Menggunakan Metode Machine Learning*. 18(2). <https://doi.org/10.33998/processor.2023.18.2.1308>
- Rere, L. M. R., Usna, S., & Soegijanto, D. (2019). Studi Pengenalan Ekspresi Wajah Berbasis Convolutional Neural Network. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi STI&K (SeNTIK)*, 3.
- Widya Agata, A., S J Saputra, W., & Aji Putra, C. (2024). Pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Menggunakan Algoritma Scale Invariant Feature Transform (Sift) Dan Convolutional Neural Network (Cnn). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(1), 1054–1061. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8917>
- Gresya, S. A., Rambe, N. A., Adelita, M. G., & Sitompul, F. F. (2024). Penerapan Teknologi AI dan Machine Learning dalam Manajemen Rantai Pasokan. *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.32734/ee.v7i1.2303>

ORIGINALITY REPORT

25%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

15%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	2%
2	repository.umsu.ac.id Internet Source	2%
3	Submitted to De La Salle University – Manila Student Paper	2%
4	dspace.ups.edu.ec Internet Source	2%
5	core.ac.uk Internet Source	1%
6	Submitted to University of Hertfordshire Student Paper	1%
7	repository.unsri.ac.id Internet Source	1%
8	positori.usu.ac.id Internet Source	1%
9	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
10	Submitted to Fakultas Teknik Student Paper	1%
11	repository.upnvj.ac.id Internet Source	1%
12	jurnal.amikwidyaloka.ac.id Internet Source	1%

13	Submitted to IAIN Bengkulu Student Paper	< 1 %
14	repository.nurulfikri.ac.id Internet Source	< 1 %
15	Submitted to STT PLN Student Paper	< 1 %
16	Submitted to University of Wollongong Student Paper	< 1 %
17	ejournal.upi.edu Internet Source	< 1 %
18	Elisa Tikasni, Ema Utami, Dhani Ariatmanto. "Analisis Akurasi Object Detection Menggunakan Tensorflow Untuk Pengenalan Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan Metode SSD", JURNAL FASILKOM, 2024 Publication	< 1 %
19	Firmansyah Nur Hidayah, Yunianita Rahmawati, Yulian Findawati, Nuril Lutvi Azizah. "Pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia Dengan Algoritma YOLOv8 Berbasis Mobile", Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, 2025 Publication	< 1 %
20	docplayer.info Internet Source	< 1 %
21	id.123dok.com Internet Source	< 1 %
22	repository.uinsaizu.ac.id Internet Source	< 1 %
23	123dok.com Internet Source	< 1 %

24	Submitted to Institute of Technology, Sligo Student Paper	< 1 %
25	amslaurea.unibo.it Internet Source	< 1 %
26	repo.itera.ac.id Internet Source	< 1 %
27	Submitted to Universiti Teknikal Malaysia Melaka Student Paper	< 1 %
28	dspace.kocaeli.edu.tr:8080 Internet Source	< 1 %
29	eprints.umm.ac.id Internet Source	< 1 %
30	repository.its.ac.id Internet Source	< 1 %
31	Angky Fay Deleviar, Intan Oktaviani, Hanifah Permatasari. "Pengembangan Website Speech To Video Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Berbasis Algoritma Long Shot Term Memory", Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, 2025 Publication	< 1 %
32	eprints3.upgris.ac.id Internet Source	< 1 %
33	www.tdpproperty.com.au Internet Source	< 1 %
34	digilib.k.utb.cz Internet Source	< 1 %
35	ejournal.itn.ac.id Internet Source	< 1 %

Submitted to iGroup

36	Student Paper	< 1 %
37	if.ilkom.unsri.ac.id Internet Source	< 1 %
38	Submitted to Technological Institute of the Philippines Student Paper	< 1 %
39	repositori.uma.ac.id Internet Source	< 1 %
40	Yudisman Ferdinan Bili, Tundo, Nandang Sutisna, Atsilah Daini Putri, Dita Tri Yuliantoro, Laily Nurmayanti. "Prediksi Motif Batik dengan Menggunakan Metode Gabor Filter Convolution Neural Network", Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi), 2025 Publication	< 1 %
41	id.scribd.com Internet Source	< 1 %
42	perpus.unikama.ac.id Internet Source	< 1 %
43	Submitted to Heriot-Watt University Student Paper	< 1 %
44	Indah Respati Kusumasari, Rusdi Hidayat, Zika Aisyantus Sophia, Frisca Mei Maghfiroh, Ayu Dwi Anggraini. "Dampak Sosial Pengambilan Keputusan Berbasis Artificial Intelligence terhadap Dinamika Ketenagakerjaan", Journal of Macroeconomics and Social Development, 2024 Publication	< 1 %
45	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	< 1 %

-
- 46 Submitted to itera < 1 %
Student Paper
-
- 47 www.journal.mediapublikasi.id < 1 %
Internet Source
-
- 48 Submitted to Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia (INSTIKI) < 1 %
Student Paper
-
- 49 Submitted to Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung < 1 %
Student Paper
-
- 50 repositorio.ufsc.br < 1 %
Internet Source
-
- 51 Mohamad Idris, Angga Wijaya, Linda Septiani, Terza Aflika Happy, Risti Graharti. "Pemanfaatan Kecerdasan Buatan sebagai Alat Bantu Diagnosis di Bidang Kesehatan : Literatur Review", Jurnal Kedokteran Universitas Lampung, 2025 < 1 %
Publication
-
- 52 Submitted to Universitas Pendidikan Ganesha < 1 %
Student Paper
-
- 53 alicia.concytec.gob.pe < 1 %
Internet Source
-
- 54 Dina Fudhlatina, Fikri Budiman. "Peningkatan Akurasi Prediksi Curah Hujan menggunakan Gradient Boosting dan CatBoost dengan Pendekatan Voting Classifier", Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika, 2025 < 1 %
Publication
-
- 55 Reynold Robot, Miesje Karena Lolowang, Muhamad Dwisnanto Putro. "Arsitektur Convolutional Neural Network Ringan Untuk

Pengenalan Ekspresi Wajah", Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 2024

Publication

56	eprints.umpo.ac.id Internet Source	< 1 %
57	es.scribd.com Internet Source	< 1 %
58	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	< 1 %
59	sinta.unud.ac.id Internet Source	< 1 %
60	Ratu Nurmalika, Makmun Makmun, Bambang Yulianto, Ichsani Mursidah, Dhian Sweetania, Puji Sularsih. "Paradigma Klasifikasi Ragam Seni Lukis Berbasis Convolutional Neural Network (CNN) Dengan MobileNetV2 Dan Implementasi Pada Postman Melalui Flask Api", Jurnal Minfo Polgan, 2025 Publication	< 1 %
61	cr-enviro.com Internet Source	< 1 %
62	docu.tips Internet Source	< 1 %
63	e-journal.trisakti.ac.id Internet Source	< 1 %
64	ijireeice.com Internet Source	< 1 %
65	jurnal.polibatam.ac.id Internet Source	< 1 %
66	litapdimas.kemenag.go.id Internet Source	< 1 %

67	repository.radenintan.ac.id Internet Source	< 1 %
68	repository.upnjatim.ac.id Internet Source	< 1 %
69	sebuahlayangan.blogspot.com Internet Source	< 1 %
70	semnas.big.go.id Internet Source	< 1 %
71	www.aladzkiyajournal.com Internet Source	< 1 %
72	www.unhas.ac.id Internet Source	< 1 %
73	Muhammad Khatama Insani, Dwi Budi Santoso. "Perbandingan Kinerja Model Pre-Trained CNN (VGG16, RESNET, dan INCEPTIONV3) untuk Aplikasi Pengenalan Wajah pada Sistem Absensi Karyawan", Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, 2024 Publication	< 1 %
74	Submitted to Universitas Maritim Raja Ali Haji Student Paper	< 1 %
75	citisee.amikompurwokerto.ac.id Internet Source	< 1 %
76	dqlab.id Internet Source	< 1 %
77	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	< 1 %
78	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	< 1 %

79	journal.aptii.or.id Internet Source	< 1 %
80	journal.unm.ac.id Internet Source	< 1 %
81	os.zhdk.cloud.switch.ch Internet Source	< 1 %
82	repo.darmajaya.ac.id Internet Source	< 1 %
83	repository.binadarma.ac.id Internet Source	< 1 %
84	staging2.dqlab.id Internet Source	< 1 %
85	www.coursehero.com Internet Source	< 1 %
86	www.ejurnal.dipaneegara.ac.id Internet Source	< 1 %
87	www.jurnal.kampuswiduri.ac.id Internet Source	< 1 %
88	www.scribd.com Internet Source	< 1 %
89	www.topreference.co.tv Internet Source	< 1 %
90	Yuliy Gusnitasari Simanjuntak, Yuza Reswan. "PENERAPAN METODE DEEP LEARNING UNTUK DETEKSI USIA DARI EKSPRESI WAJAH REAL-TIME MENGGUNAKAN WEBCAM BERBASIS VISUAL CODE", Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi, 2025 Publication	< 1 %
91	doku.pub Internet Source	< 1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

SKRIPSI_UMI_SALAMAH_FINAL_-1759135056945

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67
