



**The 7<sup>th</sup> Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)**

Website Ciastech 2024 : <https://ciastech.net>  
Open Conference Systems : <https://ocs.ciastech.net>  
Proceeding homepage : <https://ciastech.net>

P-ISSN : 2622-1276  
E-ISSN: 2622-1284

---

---

## **PENGEMBANGAN SISTEM PENGENALAN BAHASA ISYARAT INDONESIA SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN K-NEAREST NEIGHBORS CLASSIFIER BERBASIS PYTHON**

**Jelita Milenia Dewanti<sup>1)</sup>, Alimin<sup>2\*)</sup>, Kurniawan Wahyu<sup>3)</sup>, Renita Selviana<sup>4)</sup>**

*1, 2, 3, 4) Program Studi S1 Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi dan Bisnis Yadika Bangil*

---

---

### **INFORMASI ARTIKEL**

**Data Artikel :**

Naskah masuk, 30 November 2024  
Direvisi, 6 Desember 2024  
Diterima, 20 Desember 2024

**Email Korespondensi :**

[alimin@itbyadika.ac.id](mailto:alimin@itbyadika.ac.id)

### **ABSTRAK**

Penelitian ini mengusulkan dan mengimplementasikan sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) secara real-time menggunakan metode K-Nearest Neighbors (K-NN) Classifier dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Bahasa Isyarat Indonesia adalah bentuk komunikasi visual yang penting bagi komunitas tuna rungu dan tuna netra di Indonesia. Sistem ini bertujuan untuk memberikan solusi interaktif dan responsif dalam mengenali dan mengklasifikasikan gestur tangan Bahasa Isyarat Indonesia. Penelitian ini melibatkan pengumpulan dataset Bahasa Isyarat Indonesia melalui perekaman gestur tangan menggunakan webcam. Landmark tangan diekstraksi menggunakan MediaPipe, dan data yang dihasilkan diolah dan dipre-proses untuk melatih model K-Nearest Neighbors. Pembagian dataset dilakukan secara proporsional antara data latih 80% dan data uji 20%. Program diimplementasikan menggunakan Python dengan memanfaatkan pustaka MediaPipe dan scikit-learn. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja model pada dataset uji, serta respon sistem dalam kondisi real-time. Hasil pengujian mencakup akurasi pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia dan kecepatan respon sistem terhadap gestur tangan. Penelitian ini menyoroti kemampuan sistem dalam mendukung pengenalan gestur tangan Bahasa Isyarat Indonesia secara real-time.

**Kata Kunci :** *Bahasa isyarat Indonesia, gestur tangan, K-Nearest Neighbors, dataset, MediaPipe*

## **1. PENDAHULUAN**

Lingkungan global yang majemuk mengakomodasi berbagai bentuk komunikasi, yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang berbeda. Dalam konteks ini, Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) memegang peran sentral sebagai media komunikasi yang esensial bagi masyarakat tunarungu atau yang biasa disebut teman tuli di Indonesia. Bahasa ini memanfaatkan gestur tangan, ekspresi wajah, dan gerakan tubuh untuk mentransmisikan makna dengan cara yang kaya dan ekspresif. Kekhasan Bahasa Isyarat Indonesia menjadikannya sebuah bentuk komunikasi unik dan sangat penting bagi komunitasnya. Penelitian ini berusaha untuk memperkenalkan sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia secara real-time [1].

Komunikasi adalah salah satu kebutuhan dasar manusia yang berperan penting dalam kehidupan sosial, pendidikan, dan pekerjaan. Bagi mayoritas orang, komunikasi dilakukan secara verbal atau tulisan. Namun, bagi penyandang disabilitas pendengaran, keterbatasan dalam mendengar membuat mereka mengandalkan bahasa isyarat sebagai alat utama komunikasi. Bahasa isyarat membantu mereka menyampaikan gagasan, kebutuhan, dan perasaan mereka kepada orang lain[2]. Di Indonesia, Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) adalah salah satu bahasa isyarat yang digunakan oleh komunitas tuli. Sayangnya, tidak semua orang di masyarakat memiliki pemahaman terhadap BISINDO[3]. Akibatnya, penyandang disabilitas pendengaran sering kali menghadapi tantangan dalam berkomunikasi dengan orang yang tidak memiliki pengetahuan atau kemampuan menggunakan bahasa isyarat, sehingga mengurangi kesempatan mereka untuk berpartisipasi dalam aktivitas sehari-hari[4].

Permasalahan ini berdampak pada berbagai aspek kehidupan penyandang disabilitas pendengaran, seperti kesulitan dalam berkomunikasi dengan orang lain di tempat umum, keterbatasan interaksi dalam lingkungan kerja, hingga hambatan dalam memperoleh layanan kesehatan dan pendidikan[5]. Situasi ini menunjukkan bahwa masih kurangnya jembatan komunikasi antara penyandang disabilitas pendengaran dan masyarakat luas. Untuk menjawab tantangan ini, pengembangan teknologi yang dapat mengonversi isyarat tangan ke dalam bentuk yang dapat dipahami oleh orang awam adalah kebutuhan mendesak yang harus dipenuhi untuk meningkatkan inklusivitas dan kesetaraan akses komunikasi bagi semua individu[6]. Berbagai metode dan algoritma machine learning telah diimplementasikan untuk pengenalan bahasa isyarat di berbagai negara. Salah satu algoritma yang umum digunakan adalah K-Nearest Neighbors (K-NN) karena sifatnya yang sederhana, cepat, dan mampu menghasilkan akurasi yang cukup baik dalam pengenalan pola. K-NN bekerja dengan membandingkan input isyarat tangan[7].

Dengan data referensi untuk menentukan kategori atau label yang paling sesuai. Sistem berbasis K-NN dapat mengenali pola isyarat dengan menggunakan pembelajaran berbasis data, sehingga memungkinkan pengenalan bahasa isyarat secara real-time. Kemampuan ini sangat relevan untuk memenuhi kebutuhan interaksi langsung bagi penyandang disabilitas pendengaran. Bahasa pemrograman Python memiliki peran yang signifikan, karena menyediakan berbagai pustaka dan framework yang mendukung pengembangan aplikasi pengenalan gambar dan machine learning. Dengan pustaka seperti OpenCV untuk pemrosesan citra dan scikit-learn untuk implementasi algoritma machine learning. Sebagai framework, MediaPipe menyediakan berbagai solusi untuk pemrosesan video dan pengenalan objek secara efisien, termasuk pengenalan tangan dan gerakan tubuh. Dengan menggunakan MediaPipe, pengembang dapat dengan mudah mendeteksi dan melacak posisi tangan dalam waktu nyata, yang merupakan langkah awal yang krusial dalam sistem pengenalan bahasa isyarat[8]. Python memungkinkan pengembang untuk menciptakan aplikasi yang

efisien dalam mengenali pola bahasa isyarat secara real-time. Pengembangan sistem ini diharapkan mampu menjadi solusi praktis yang dapat diterapkan di lingkungan sosial, pendidikan, dan pekerjaan yang melibatkan penyandang disabilitas pendengaran[9].

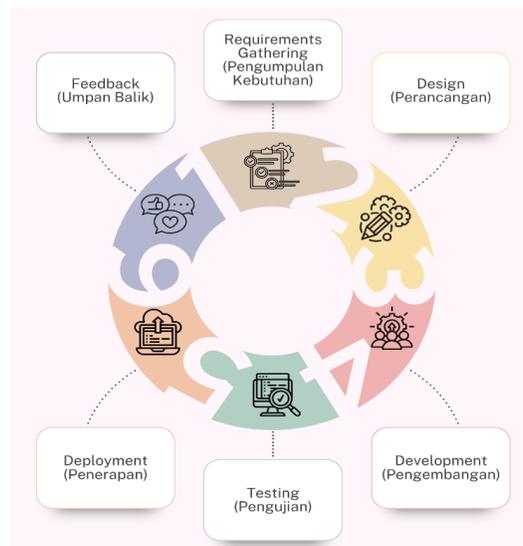
Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) secara real-time menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors berbasis Python. Sistem ini akan dikembangkan dan diuji untuk mengenali isyarat tangan yang merepresentasikan kata atau kalimat dalam BISINDO. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang mampu mengonversi gerakan isyarat tangan ke dalam teks atau suara sehingga mempermudah masyarakat umum dalam memahami bahasa isyarat. Sistem ini diharapkan dapat diterapkan di sekolah luar biasa, pusat rehabilitasi, atau di berbagai sektor pelayanan publik, sehingga dapat memperkuat integrasi penyandang disabilitas pendengaran ke dalam kehidupan sosial. Penelitian ini akan mengintegrasikan aspek pemrosesan citra, algoritma machine learning, dan pengembangan perangkat lunak secara terstruktur. Proses ini meliputi akuisisi data isyarat tangan, pra-pemrosesan citra untuk meningkatkan akurasi pengenalan, pemilihan dan implementasi algoritma K-NN, hingga pengujian sistem di lingkungan nyata. Melalui pendekatan ini, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan sistem yang mampu mengenali isyarat bahasa Indonesia secara akurat, cepat, dan praktis, serta berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut pada masa mendatang demi menciptakan masyarakat yang lebih inklusif.

Bagaimana pengembangan sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) secara real-time menggunakan metode K-Nearest Neighbors (K-NN) Classifier dapat meningkatkan aksesibilitas dan komunikasi bagi komunitas penyandang tuna rungu di Indonesia? Penelitian ini bertujuan utama untuk mengembangkan sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia secara real-time. Dengan menggabungkan kecerdasan buatan, terutama metode K-Nearest Neighbors (K-NN) Classifier, dan memanfaatkan bahasa pemrograman Python, penelitian ini berupaya memberikan solusi inovatif yang dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan gestur tangan Bahasa Isyarat Indonesia dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penerapan sistem pengenalan bahasa isyarat ini diharapkan memberikan manfaat konkrit seperti meningkatkan aksesibilitas komunikasi bagi individu dengan gangguan pendengaran, memberdayakan individu untuk lebih aktif berpartisipasi dalam kehidupan sehari-hari dan interaksi sosial, dan teknologi sebagai alat untuk mencapai inklusi.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini akan dilakukan di SLBN Pandaan yang beralamat di Jl. Pahlawan Sunaryo No.5A, Kuti Rejo, Kutorejo, Kec. Pandaan, Pasuruan, Jawa Timur. SLBN Pandaan dipilih karena memiliki komunitas dan fasilitas yang mendukung penelitian ini, terutama dalam hal pengumpulan data isyarat bahasa dan pengujian sistem dengan pengguna yang sesuai. Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama enam bulan, mulai dari November 2024 hingga Maret 2025. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, pengembangan sistem, pengujian, serta evaluasi.

Highsmith menjelaskan bahwa Agile adalah pendekatan untuk menghadapi ketidakpastian dalam proyek, terutama dalam pengembangan perangkat lunak, dengan meningkatkan fleksibilitas. Agile memprioritaskan pengiriman produk secara bertahap dan mengutamakan kolaborasi tim, sehingga memungkinkan perubahan pada setiap tahap siklus pengembangan[10].



Gambar 1. Metode Agile

## 2.1 Analisis

Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data isyarat tangan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Data ini mencakup gambar atau video dari gerakan tangan yang mewakili berbagai kata atau frasa dalam BISINDO. Data tersebut akan digunakan untuk melatih dan menguji model *K-Nearest Neighbors* dalam mengenali pola isyarat.

Jenis data yang dibutuhkan:

1. Dataset Isyarat Tangan, yaitu Gambar atau video dari berbagai gerakan tangan yang sesuai dengan kosakata dasar BISINDO.
2. Label Isyarat, adalah setiap data gerakan tangan dilabeli dengan kata atau frasa yang sesuai dalam Bahasa Indonesia.

Pengumpulan kebutuhan sistem dilakukan melalui beberapa metode. Melakukan wawancara dengan penyandang disabilitas pendengaran dan pengajar di SLBN Pandaan untuk memahami gerakan isyarat tangan dasar yang sering digunakan dan penting untuk dikenali dalam sistem. Selain itu, wawancara ini juga mengidentifikasi kebutuhan antarmuka yang memudahkan pengguna dalam interaksi dengan sistem[11]. Observasi Langsung, yaitu dengan mengamati secara langsung gerakan isyarat tangan yang digunakan oleh penyandang disabilitas pendengaran untuk memastikan setiap gestur dapat diidentifikasi dengan jelas oleh kamera dan diproses oleh sistem[12]. Studi Literatur, yaitu mengkaji penelitian terdahulu tentang pengenalan bahasa isyarat, khususnya yang menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors*, untuk mendapatkan pemahaman tentang parameter dan fitur yang relevan, serta cara terbaik mengelola dan memproses data gerakan tangan[13]. Sistem ini akan mengevaluasi kinerja model menggunakan metrik akurasi, presisi, dan *recall*. Rumus-rumus tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Akurasi  
Akurasi menghitung proporsi prediksi yang benar terhadap total data.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

2. Presisi  
Presisi menunjukkan proporsi prediksi positif yang benar terhadap semua prediksi positif.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

### 3. Recall

*Recall* atau sensitivitas menunjukkan kemampuan model dalam mendeteksi data positif secara benar.

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

Keterangan:

- TP: True Positive (jumlah data positif yang diprediksi benar).
- TN: True Negative (jumlah data negatif yang diprediksi benar).
- FP: False Positive (jumlah data negatif yang diprediksi salah sebagai positif).
- FN: False Negative (jumlah data positif yang diprediksi salah sebagai negatif).

## 2.1 Software dan Hardware

Selain merinci spesifikasi perangkat keras dan lunak yang digunakan, setiap komponen memiliki peran penting dalam mendukung pengembangan sistem. Prosesor seperti Intel i5 memastikan kelancaran pemrosesan data, sedangkan RAM berkapasitas 8 GB memungkinkan pengelolaan tugas multitasking, termasuk pemrosesan citra dan pelatihan algoritma K-NN. Penyimpanan berbasis SSD dengan kapasitas minimal 256 GB dipilih untuk mempercepat akses data selama proses pengembangan dan pengujian.

Kamera dengan resolusi 720p digunakan untuk menangkap gerakan tangan secara real-time, dengan hasil tangkapan yang cukup detail untuk pemrosesan lebih lanjut oleh pustaka seperti MediaPipe. Jika diperlukan pemrosesan grafis yang lebih intensif, GPU seperti NVIDIA GTX 1050 dapat mempercepat pelatihan model dan pemrosesan citra.

Dari sisi perangkat lunak, sistem operasi seperti Windows, Linux, atau macOS digunakan berdasarkan kompatibilitas perangkat keras dan preferensi pengembang. Bahasa pemrograman Python dipilih karena memiliki pustaka lengkap, seperti OpenCV untuk pemrosesan citra, scikit-learn untuk implementasi algoritma K-NN, dan MediaPipe untuk deteksi landmark tangan secara real-time. Pustaka-pustaka ini mempermudah pengembangan dan integrasi fitur utama dalam sistem pengenalan bahasa isyarat.

**Tabel 1.** Tabel *Software dan Hardware* Pendukung

Komponen	Spesifikasi Minimum	Fungsi Utama
Prosesor	Intel i5	Pemrosesan data dan pelatihan model
RAM	8 GB	Mendukung multitasking
Penyimpanan	256 GB SSD	Penyimpanan dataset
Kamera (Webcam)	Resolusi 720p	Merekam gerakan tangan
GPU	NVIDIA GTX 1050	Mempercepat proses pelatihan model
Sistem Operasi	Windows	Platform pengembangan
Pustaka Python	OpenCV, scikit-learn, MediaPipe	Pemrosesan citra dan pengenalan pola

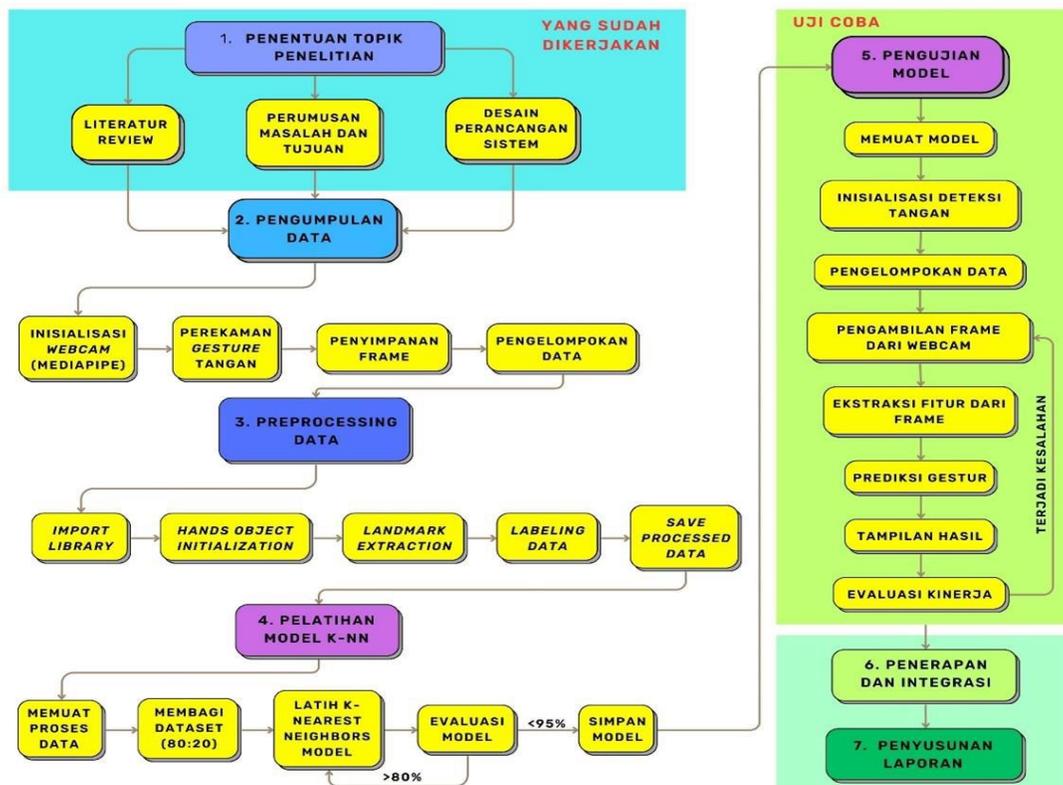
## 2.3. Desain

Dalam penelitian yang berfokus pada pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia secara real-time menggunakan K-Nearest Neighbors (K-NN) Classifier, beberapa tahapan telah berhasil dilaksanakan dan beberapa masih direncanakan, dengan penekanan pada implementasi di SLBN Pandaan.

Tahapan penelitian ini terdiri dari empat langkah utama. Tahap pengumpulan data dilakukan di lingkungan SLBN Pandaan menggunakan webcam untuk merekam gestur tangan dari komunikasi bahasa isyarat BISINDO. Hasil yang diharapkan adalah dataset beragam dengan variasi posisi, pencahayaan, dan latar belakang. Keberhasilan tahap ini diukur dari jumlah dan keragaman gestur serta kualitas visual data yang baik.

Selanjutnya, pada tahap preprocessing data, dataset yang telah terkumpul diproses melalui ekstraksi landmark tangan menggunakan MediaPipe, normalisasi ukuran tangan, dan transformasi data ke format yang sesuai untuk pelatihan model. Luaran dari tahap ini adalah dataset yang telah terolah dengan fitur relevan dan tingkat keseragaman yang tinggi. Pada tahap pelatihan model, dataset dipisahkan menjadi data latih (80%) dan data uji (20%). Model K-Nearest Neighbors (K-NN) dilatih menggunakan data latih untuk mengenali pola gestur tangan. Model yang dihasilkan dievaluasi berdasarkan tingkat akurasi, presisi, dan recall terhadap data latih.

Terakhir, pada tahap pengujian model, kinerja model dinilai menggunakan data uji dan diuji dalam kondisi real-time untuk memastikan kemampuannya mengklasifikasikan gestur tangan dengan tingkat keakuratan tinggi. Keberhasilan tahap ini diukur dari performa model terhadap data uji dan waktu respons sistem saat dioperasikan di SLBN Pandaan.



Gambar 2. Flowchart Pengembangan Sistem

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) secara real-time menggunakan metode K-Nearest Neighbors (K-NN). Sistem ini melibatkan empat tahapan utama, yaitu pengumpulan data, preprocessing data, pelatihan model, dan pengujian model.

### 3.1. Hasil Implementasi

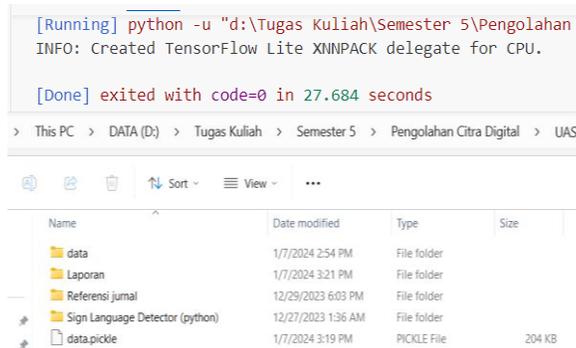
Pengumpulan Data, dataset terdiri dari 500 gambar gestur tangan yang diklasifikasikan menjadi lima kelas: "Hai", "Terima Kasih", "Maaf", "Cinta", dan "Tepuk Tangan". Data direkam menggunakan *webcam* dengan masing-masing kelas memiliki direktori tersendiri.

```
[Running] python -u "d:\Tugas Kuliah\Semester  
Collecting data for Class 0  
Collecting data for Class 1  
Collecting data for Class 2  
Collecting data for Class 3  
Collecting data for Class 4  
  
[Done] exited with code=0 in 164.204 seconds
```

Gambar 3. Pengumpulan Data

### 3.2. Preprocessing Data

landmark tangan diekstraksi menggunakan MediaPipe, dinormalisasi, dan disimpan dalam format pickle. Proses ini memastikan konsistensi data sebelum pelatihan model.



Gambar 4. Output Preprocessing Data

### 3.3. Pelatihan Model

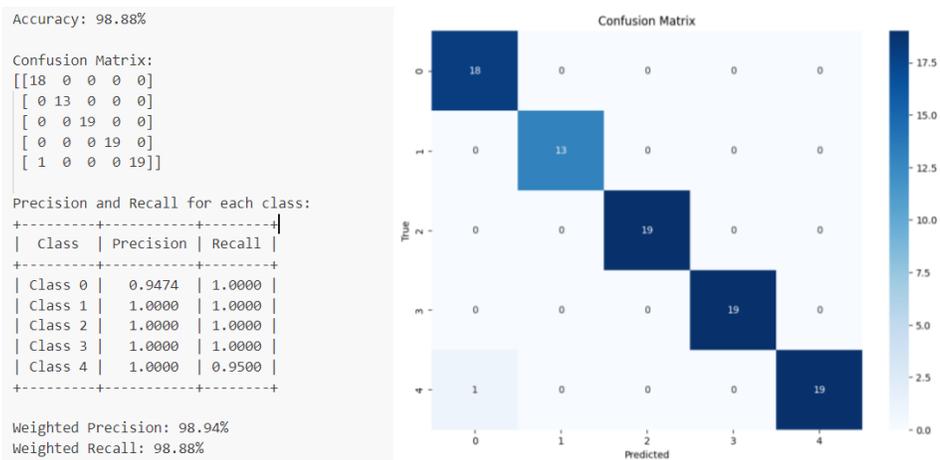
Dataset dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Model K-NN dengan parameter optimal berhasil dilatih menggunakan data ini.

```
[Running] python -u "d:\Tugas Kuliah\Semester 5\Pengolahan Citra Digital\UAS (  
100.0% of samples were classified correctly!  
  
[Done] exited with code=0 in 1.133 seconds
```

Gambar 5. Pelatihan Model

### 3.3. Pengujian Model

Model diuji secara real-time menggunakan webcam. Sistem menunjukkan akurasi 98,88%, precision 98,94%, dan recall 98,88%. Evaluasi menggunakan Confusion Matrix menunjukkan performa yang sangat baik dalam klasifikasi gestur tangan.



Gambar 6. Pengujian Model

### 3.4. Pembahasan

- Model K-NN terbukti efektif untuk pengenalan BISINDO dengan respons cepat dalam kondisi real-time.
- Sensitivitas terhadap variasi cahaya dan posisi tangan menjadi tantangan yang perlu diatasi. Kendala ini memengaruhi akurasi sistem dalam kondisi tertentu.
- Sistem telah berhasil mendukung pengenalan gestur sederhana, namun pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk menangani variasi gestur yang lebih kompleks dan meningkatkan kualitas dataset.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) secara *real-time* menggunakan metode *K-Nearest Neighbors (K-NN) Classifier*. Sistem yang dirancang mampu mengenali lima gestur tangan sederhana dengan tingkat akurasi sebesar 98,88%, *precision* 98,94%, dan *recall* 98,88%. Penggunaan MediaPipe untuk ekstraksi *landmark* tangan dan implementasi algoritma K-NN memungkinkan sistem untuk memberikan respons cepat dan akurat dalam situasi *real-time*.

Sistem ini memiliki potensi aplikasi dalam meningkatkan aksesibilitas komunikasi bagi komunitas tunarungu, seperti penerjemah otomatis untuk interaksi sehari-hari atau sebagai alat bantu pembelajaran Bahasa Isyarat Indonesia. Implikasi dari penelitian ini dapat mendorong pengembangan teknologi inklusif yang mendukung kebutuhan khusus masyarakat. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan meningkatkan kompleksitas dataset dengan variasi gestur yang lebih luas, mengintegrasikan metode *deep learning* untuk akurasi yang lebih tinggi, dan menguji sistem dalam kondisi lingkungan yang lebih beragam untuk meningkatkan keandalan. Selain itu, integrasi dengan perangkat keras khusus, seperti sarung tangan sensorik, dapat meningkatkan fungsionalitas dan fleksibilitas sistem.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada SLBN Pandaan atas dukungan dan kesempatan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga

disampaikan kepada Bapak Alimin selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan berharga dalam setiap tahap penelitian. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada pihak kampus Institut Teknologi dan Bisnis Yadika Bangil atas fasilitas dan dukungan yang memadai untuk kelancaran penelitian ini. Dukungan dari semua pihak tersebut sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian ini.

## 6. REFERENSI

- [1] P. E. Wiraswendro and H. Soetanto, "PENERAPAN ALGORITMA RANDOM FOREST CLASSIFIER PADA SISTEM DETEKSI SIMBOL SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI)," 2022.
- [2] F. Nofiaturrehman, "PROBLEMATIKA ANAK TUNARUNGU DAN CARA MENGATASINYA," 2018.
- [3] A. M. Putri, "Perbandingan Penggunaan BISINDO Dan SIBI Dalam Meningkatkan Kemampuan Menulis Lanjut Siswa Dengan Hambatan Pendengaran," 2020.
- [4] D. Yolanda, K. Gunadi, and E. Setyati, "Pengenalan Alfabet Bahasa Isyarat Tangan Secara Real-Time dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan Recurrent Neural Network."
- [5] dan Z. B. Daniel Robert Marydo Nababan, "Sistem Pendeteksi Gerakan Bahasa Isyarat Indonesia Menggunakan Webcam Dengan Metode Supervised Learning," *Jurnal Ilmiah Komputasi*, vol. 22, no. 3, Oct. 2023, doi: 10.32409/jikstik.22.3.3403.
- [6] A. Widya Agata, W. S J Saputra, and C. Aji Putra, "Pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Menggunakan Algoritma Scale Invariant Feature Transform (Sift) Dan Convolutional Neural Network (Cnn)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 1, pp. 1054–1061, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i1.8917.
- [7] A. Dhiyaanisafa Goenawan and S. Hartati, "The Comparison of K-Nearest Neighbors and Random Forest Algorithm to Recognize Indonesian Sign Language in a Real-Time," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.15294/sji.v11i1.48475.
- [8] A. Hasyim Nur'azizan, A. Riqza Ardiansyah, and R. Fernandis, "Implementasi Deteksi Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan OpenCV dan MediaPipe."
- [9] H. Moetia Putri and W. Fuadi, "PENDETEKSIAN BAHASA ISYARAT INDONESIA SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM)."
- [10] M. Dewi, T. Wahyuningrum, and N. A. Prasetyo, "Pengenalan Kata Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Menggunakan Augmented Reality (AR)," *INISTA: Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications*, vol. 3, no. 2, pp. 53–60, 2021.
- [11] M. Z. Alksasbeh *et al.*, "Smart hand gestures recognition using K-NN based algorithm for video annotation purposes," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 21, no. 1, pp. 242–252, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v21.i1.pp242-252.
- [12] P. A. Rodríguez-Correa, A. Valencia-Arias, O. N. Patiño-Toro, Y. Oblitas Díaz, and R. Teodori De la Puente, "Benefits and development of assistive technologies for Deaf people's communication: A systematic review," *Frontiers in Education*, vol. 8, 2023, doi: 10.3389/educ.2023.1121597.
- [13] C. Panjaitan, A. Silaban, M. Napitupulu, and J. W. Simatupang, "Comparison K-nearest neighbors (K-NN) and artificial neural network (ANN) in real time entrants recognition," *2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2018*, no. October, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ISRITI.2018.8864366.