

Pengembangan Sistem Penerjemah Kalimat Bahasa Isyarat Bisindo To Text Dengan Kinect Real Time

Aldin Fathiray^{1*}, Joni Maulindar², Wiji Lestari³

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta.

*202030066@mhs.udb.ac.id

Abstrak

Penyandang disabilitas tuna rungu dan tuna wicara sering mengalami kesulitan berkomunikasi dengan masyarakat umum karena minimnya pemahaman tentang bahasa isyarat. Hal ini mengakibatkan isolasi sosial dan hambatan dalam akses informasi serta pendidikan. Pengembangan teknologi penerjemah bahasa isyarat bertujuan dapat meningkatkan komunikasi dan kemandirian penyandang disabilitas. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini meliputi pengumpulan data melalui studi literatur, kuesioner, dan dokumentasi. Algoritma pengolahan data BISINDO pada penelitian ini menggunakan metode Long short-term memory (LSTM) untuk mendeteksi kerangka pada tangan, wajah dan badan. Implementasi sistem menggunakan kinect untuk menangkap gerakan tangan secara real-time. Pengembangan sistem menggunakan metode Agile untuk memastikan fungsionalitas dan pemenuhan kebutuhan pengguna. Dari hasil evaluasi dengan pengujian kinerja sistem menggunakan confusion matrix dengan menghitung nilai akurasi, recall, precision dan F1-Score. Serta dataset yang diambil secara realtime dengan jumlah data 90, masing – masing terdiri dari 30 aksi bahasa isyarat saya, 30 aksi bahasa isyarat baik, 30 aksi bahasa isyarat iloveyou. Hasil menunjukkan bahwa sistem memiliki nilai akurasi 1.0, recall 1.0, precision 1.0 dan F-1 Score 1.0 dengan algoritma LSTM, epoch 140 dan data respon yang menunjukkan positif terhadap sistem.

Kata kunci: LSTM, Bahasa Isyarat, BISINDO, Kinect

Abstract

People with hearing and speech impairments often have difficulty communicating with the general public due to a lack of understanding of sign language. This results in social isolation and barriers to accessing information and education. The development of sign language translator technology is expected to improve communication and independence of people with disabilities. The methodology used in this research includes data collection through literature studies, questionnaires, and documentation. The BISINDO data processing algorithm in this research uses the Long short-term memory (LSTM) method to detect skeletons on the hands, face and body. The system implementation uses kinect to capture real-time hand movements. System development uses the Agile method to ensure functionality and fulfillment of user needs. From the evaluation results by testing system performance using confusion matrix by calculating accuracy, recall, precision and F1-Score values. As well as datasets taken in realtime with a total of 90 data, each consisting of 30 actions of my sign language, 30 actions of good sign language, 30 actions of iloveyou sign language. The results show that the system has an accuracy value of 1.0, recall 1.0, precision 1.0 and F-1 Score 1.0 with LSTM algorithm, epoch 140 and response data that shows positive towards the system.

Keywords: LSTM, BISINDO, Sign Language Translator, Kinect

1. Pendahuluan

Penyandang disabilitas khususnya tuna rungu dan tuna wicara sering menghadapi tantangan

besar dalam berkomunikasi dengan masyarakat umum. Kurangnya pemahaman masyarakat tentang bahasa isyarat seperti Bahasa Isyarat

Indonesia (BISINDO) menyebabkan kesulitan dalam menyampaikan dan memahami pesan [1]. Keterbatasan ini dapat menyebabkan terisolasi secara sosial dan menghadapi hambatan dalam mengakses informasi, pendidikan, serta partisipasi dalam kehidupan sehari-hari [2].

Kemampuan psikomotorik merupakan salah satu aspek penting dalam perkembangan individu, terutama bagi penyandang disabilitas pendengaran dan bicara. Kemampuan ini melibatkan koordinasi antara pikiran dan gerakan tubuh, seperti gerakan tangan dan ekspresi wajah dalam bahasa isyarat^[3]. Pengembangan kemampuan psikomotorik dapat membantu penyandang disabilitas dalam berkomunikasi secara efektif dan meningkatkan kemandirian mereka dalam kehidupan sehari-hari [4].

Untuk memfasilitasi komunikasi yang lebih lancar antara penyandang disabilitas tuna rungu dan tuna wicara dengan masyarakat umum, beberapa teknologi telah dikembangkan seperti penerjemah manual dan penerjemah bahasa isyarat otomatis [5]. Namun, teknologi penerjemah bahasa isyarat otomatis memiliki kelebihan dalam hal kecepatan, efisiensi, dan mengurangi ketergantungan pada ketersediaan penerjemah manusia [6]. Dalam tiga tahun terakhir, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan teknologi penerjemah bahasa isyarat BISINDO ke dalam bentuk teks, seperti menggunakan metode Hidden Markov Model (HMM) dan Fuzzy Logic [7],

pendekatan deep learning [8], serta sensor Leap Motion [9]. Obyek penelitian ini adalah penyandang disabilitas tuna rungu dan tuna wicara, dengan rentang usia 22 - 47 tahun, dengan jumlah partisipan 10 orang.

Saat ini, teknologi penerjemah bahasa isyarat umumnya bergantung pada penerjemah manusia atau perangkat lunak yang kurang akurat dan efisien. Penerjemah manusia sering kali dibutuhkan untuk menerjemahkan bahasa isyarat ke dalam teks atau ucapan, yang mungkin tidak selalu tersedia secara langsung. Teknologi penerjemah otomatis yang ada juga sering kali memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan, akurasi, dan ketergantungan pada ketersediaan sumber daya manusia [10].

Penelitian ini sangat penting karena teknologi penerjemah bahasa isyarat yang efektif dan tepat dapat secara signifikan meningkatkan kualitas hidup tuna rungu dan tuna wicara. Dengan adanya teknologi ini, mereka akan memiliki alat yang diperlukan untuk berkomunikasi secara lebih efektif dan mandiri. Selain itu, teknologi ini juga dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam proses belajar mengajar, memungkinkan penyandang disabilitas untuk mengikuti pelajaran dan berinteraksi dengan pengajar secara lebih baik [11].

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dikembangkan teknologi penerjemah bahasa isyarat BISINDO yang menggunakan Kinect V2

Real-time 3D Hand Pose Estimation. Dengan memanfaatkan kemampuan penangkapan gerakan 3D dari Kinect V2, produk ini diharapkan dapat mendeteksi dan mengenali gerakan tangan dan ekspresi wajah dengan lebih akurat untuk kemudian menerjemahkannya ke dalam teks secara real-time [12]. Namun, pengembangan produk ini juga harus mempertimbangkan aspek keamanan dan privasi data pengguna, serta kemudahan akses dan penggunaan bagi masyarakat luas [13].

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Berikut beberapa penelitian terkait yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan Sesuai dengan perkembangan teknologi yang ada pada saat ini. Peneliti telah meninjau dan menelaah penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik yang dibahas dalam laporan. Berikut literatur yang telah peneliti tinjau.

Penelitian yang dilakukan oleh Siti Nur dkk yang berjudul “Pengembangan Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Menggunakan Metode Long-Short Term Memory” penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi penerjemah bahasa isyarat menggunakan metode Long-Short Term Memory (LSTM). Latar belakang masalah dalam penelitian ini adalah sulitnya menerjemahkan bahasa isyarat secara akurat karena kompleksitas gerakan dan

urutan gerakan. Metode LSTM digunakan untuk mengenali urutan gerakan tangan dalam bahasa isyarat BISINDO. Hasil menunjukkan bahwa metode LSTM dapat meningkatkan akurasi penerjemahan bahasa isyarat BISINDO [14].

Penelitian yang dilakukan Indah Sari dkk yang berjudul “Sistem Pengembangan Bahasa Isyarat Untuk Berkomunikasi dengan Penyandang Disabilitas (Tunarungu)” penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem bahasa isyarat untuk memfasilitasi komunikasi dengan penyandang disabilitas tuna rungu. Latar belakang masalah dalam penelitian ini adalah kesulitan berkomunikasi antara masyarakat umum dengan penyandang disabilitas tuna rungu. Metode yang digunakan adalah pengembangan aplikasi yang dapat menerjemahkan bahasa isyarat ke dalam bentuk teks atau suara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat membantu dalam komunikasi dengan penyandang disabilitas tuna rungu [15].

Penelitian yang dilakukan oleh Eka Altirika dan Winda Purnama Sari yang berjudul “Pengembangan Deteksi Realtime untuk Bahasa Isyarat Indonesia dengan Menggunakan Metode Deep Learning Long Short Term Memory dan Convolutional Neural Network” Penelitian ini berfokus pada pengembangan deteksi real-time untuk bahasa isyarat Indonesia dengan menggunakan metode Deep Learning Long-Short Term Memory (LSTM) dan Convolutional Neural

Network (CNN). Latar belakang masalah penelitian ini adalah kebutuhan untuk mendeteksi bahasa isyarat secara real-time untuk mempercepat komunikasi. Metode LSTM digunakan untuk mengenali urutan gerakan, sedangkan CNN digunakan untuk ekstraksi fitur dari gambar gerakan tangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi LSTM dan CNN dapat meningkatkan akurasi pendeteksian bahasa isyarat secara real-time^[16].

Penelitian yang dilakukan oleh Al Muhtadi Ambarak dan Achmad Zakki Falani yang berjudul “Pengembangan Aplikasi Bahasa Isyarat Indonesia Berbasis Real Time Video Menggunakan Model Machine Learning” penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi bahasa isyarat Indonesia real-time video dengan model machine learning. Latar belakang masalah dalam penelitian ini adalah perlunya aplikasi yang dapat menerjemahkan bahasa isyarat secara real-time melalui video. Metode yang digunakan adalah model machine learning untuk mengenali gerakan tangan dan ekspresi wajah dalam bahasa isyarat dari video real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan dapat menerjemahkan bahasa isyarat secara real-time dari video dengan akurasi yang baik^[17].

Penelitian yang dilakukan oleh Husna Moetia Putri dkk yang berjudul “Pendeteksian Bahasa Isyarat Indonesia Secara Real-Time Menggunakan long

short-term memory (LSTM)” penelitian ini berfokus pada pendeteksian bahasa isyarat Indonesia secara real-time menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM). Latar belakang masalah dalam penelitian ini adalah perlunya pendeteksian bahasa isyarat secara real-time untuk memfasilitasi komunikasi yang lebih lancar. Metode LSTM digunakan untuk mengenali urutan gerakan tangan dalam bahasa isyarat secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LSTM dapat digunakan untuk mendeteksi bahasa isyarat Indonesia secara real-time dengan akurasi yang baik^[18].

2.2. Landasan Teori

1. Bisindo

Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) adalah sistem komunikasi visual yang dipakai komunitas tuna rungu di Indonesia, menggunakan gerakan tangan, ekspresi wajah, dan bahasa tubuh^[19]. Menjelaskan bahwa BISINDO memanfaatkan gerakan tangan, ekspresi wajah, dan posisi tubuh untuk menyampaikan makna dan informasi, dengan gerakan tangan yang melibatkan bentuk, orientasi, lokasi, dan gerakan. Ekspresi wajah penting untuk mengekspresikan emosi dan menyoroti makna^[20]. Membandingkan BISINDO dengan bahasa isyarat lainnya, seperti American Sign Language (ASL) dan British Sign Language (BSL), menyoroti perbedaan dalam kosakata, tata

bahasa, dan struktur kalimat sesuai dengan konteks budaya dan lingkungan [21].

2. Kinect

Kinect adalah teknologi Microsoft untuk mendeteksi gerakan tangan secara real-time dalam ruang 3D, menggunakan sensor depth dan kamera inframerah dengan presisi tinggi [22]. Kemampuan Kinect dalam mengenali gerakan tangan dalam bahasa isyarat dengan akurasi tinggi, melacak posisi, orientasi, dan gerakan jari-jari tangan secara detail untuk penerjemahan real-time ke dalam teks. Keunggulan utama adalah kemampuannya untuk melacak gerakan tanpa perangkat tambahan di tangan pengguna, memberikan kenyamanan dan kemudahan penggunaan [23].

3. BISINDO to Text

Gambaran penerjemahan BISINDO ke teks sebagai proses mengubah gerakan tangan, ekspresi wajah, dan bahasa tubuh dalam bahasa isyarat menjadi teks untuk orang yang tidak mengerti isyarat [24]. Menyoroti pentingnya penerjemahan ini untuk memfasilitasi komunikasi antara tuna rungu dan masyarakat umum, mengurangi kesenjangan komunikasi, dan meningkatkan aksesibilitas informasi [25]. Menggunakan Deep Learning dalam mengembangkan sistem penerjemah BISINDO ke teks, yang hasilnya meningkatkan akurasi penerjemahan dan memperluas kosakata yang dapat diterjemahkan [26].

4. Sistem Terjemah Bahasa Isyarat

menggambarkan sistem terjemah bahasa isyarat sebagai teknologi yang menggunakan algoritma khusus untuk mengenali dan menerjemahkan gerakan tangan, ekspresi wajah, dan bahasa tubuh dari bahasa isyarat ke teks atau suara [27]. Pengembangan sistem serupa menggunakan Deep Learning dan sensor Leap Motion, yang mampu mengenali gerakan tangan dengan akurasi tinggi dan menerjemahkannya ke teks secara real-time [28]. Penggunaan Hidden Markov Model (HMM) dalam sistem serupa, yang efektif dalam mengenali pola gerakan tangan, meskipun memiliki keterbatasan dalam menangani gerakan kompleks [29].

5. Tensor Flow

TensorFlow, dikembangkan oleh Google Brain Team, merupakan sebuah library open-source untuk komputasi numerik dengan grafik aliran data. TensorFlow menyediakan alat untuk membangun dan melatih model deep learning dengan mudah dan efisien, mendukung berbagai jenis jaringan saraf seperti CNN, RNN, dll [30]. Library ini mampu menangani data besar dan kompleks, dapat dijalankan pada CPU, GPU, dan TPU (Tensor Processing Unit). Penggunaan TensorFlow untuk mengembangkan model deep learning yang mengenali gerakan tangan dalam BISINDO, memanfaatkan CNN untuk mengekstraksi fitur dari gambar gerakan tangan dan RNN untuk mengenali urutan Gerakan [31].

Salah satu keunggulan utama TensorFlow adalah kemampuannya untuk melakukan komputasi terdistribusi pada berbagai perangkat keras, mempercepat pelatihan model deep learning yang kompleks [32].

6. Evaluasi

a. Confusion Matrix

Confusion matrix adalah tampilan tabel kategori sebenarnya dan kategori yang diprediksi dalam sebuah sistem klasifikasi. [34]

Tabel 1 Confusion Matrix

	Actual Positive	Actual Negative
Classified Positive	TP	FP
Classified Negative	FN	TN

Dimana :

1. True Positive (TP): Ini ketika prediksi adalah benar (1) dan kenyataannya juga benar (1).
2. True Negative (TN): Ini ketika prediksi adalah salah (0) dan kenyataannya juga salah (0).
3. False Positive (FP): Ini ketika prediksi adalah benar (1), tetapi kenyataannya salah (0).
4. False Negative (FN): Ini ketika prediksi adalah salah (0), tetapi kenyataan benar (1).

b. Precision

Precision adalah perhitungan persentase prediksi benar (*True Positive*, TP) dibandingkan dengan total prediksi positif. Berikut adalah rumus untuk menghitung *precision*:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

c. Recall

Recall adalah hitungan yang menunjukkan persentase prediksi benar (*True Positive*, TP) dibandingkan dengan keseluruhan data yang sebenarnya benar. Berikut adalah rumus untuk menghitung *recall*..:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

d. F1-Score

F1-Score adalah kombinasi dari *precision* dan *recall* yang digunakan untuk mengevaluasi performa keseluruhan sistem. Semakin tinggi nilai *F1-Score*, semakin baik kinerja sistem. Berikut adalah rumus untuk menghitung *F1-Score*:

$$F1-Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision+Recall}$$

e. Accuracy

Accuracy adalah jumlah dokumen yang diklasifikasikan dengan benar, baik itu *true positive* maupun *true negative*. Berikut merupakan deskripsi dari perhitungan *Accuracy*.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FN+FP+FN}$$

3. Metode Penelitian

3.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dipakai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber informasi seperti jurnal, buku, laporan penelitian, dan sumber-sumber online yang terkait dengan topik

penerjemahan bahasa isyarat BISINDO ke dalam bentuk teks dan penggunaan Kinect V2 *Real-time 3D Hand Pose Estimation*.

2. Kuisisioner

Kuisisioner digunakan untuk mengumpulkan data dari responden, dalam hal ini penyandang disabilitas tuna rungu dan tenaga pengajar di SLB Anugerah kecamatan colomadu. Kuisisioner ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan, preferensi, dan masukan dari pengguna potensial terhadap produk penerjemah bahasa isyarat BISINDO ke dalam bentuk teks.

3.2. Metode Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk mengolah data gerakan dalam penerjemahan bahasa isyarat BISINDO. Implementasi metode dibagi menjadi dua: pengolahan data dan desain antarmuka pengguna. Pada pengolahan data akan dilakukan serangkaian cara di antaranya pemilihan dan pengembangan sensor, pengumpulan data, pra-pemrosesan dan pemilihan fitur, dan terakhir pengenalan aktivitas dengan machine learning. Berikutnya antarmuka pengguna dikembangkan menggunakan *library* Laravel dan React JS untuk memfasilitasi interaksi pengguna dengan sistem [33].

3.3. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Agile. Metode Agile dipilih karena cocok untuk pengembangan

sistem yang bersifat iteratif dan inkremental. Metode Agile memungkinkan pengembangan sistem yang lebih cepat dan tanggap terhadap perubahan kebutuhan.

3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SLB Anugerah yang terletak di Dusun Kepoh, Senden, Tohudan, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, Indonesia.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

1. Pemilihan dan Pengembangan Sensor:

Kamera Kinect V2 digunakan untuk menangkap aktivitas manusia melalui OpenCV. MediaPipe digunakan untuk melacak ekspresi wajah, gerakan tangan, dan pose tubuh dengan 63 titik kunci di setiap tangan dan 132 titik di tubuh.

2. Pengumpulan Data:

Data dikumpulkan dengan membuat folder untuk setiap kelas gerakan bahasa isyarat. Kemudian, gerakan bahasa isyarat "saya", "baik", dan "I love you" direkam menggunakan OpenCV.

3. Pra-pemrosesan dan Pemilihan Fitur:

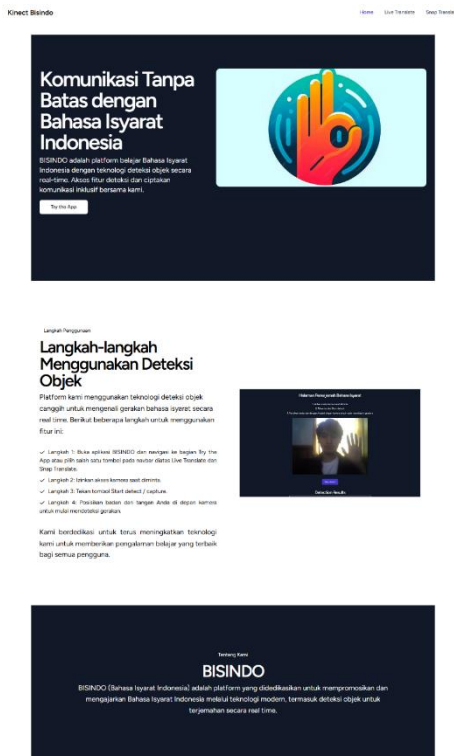
Data yang dikumpulkan dipetakan dengan kode 0 untuk "saya", 1 untuk "baik", dan 2 untuk "I love you". Berikutnya, data akan dibagi menjadi data latih serta data uji, dengan fitur yang dipilih menggunakan *categorical cross-entropy*, *categorical accuracy*, dan 140 epoch.

4. Pengenalan Aktivitas dengan *Machine Learning*:

Model LSTM diuji untuk memastikan kemampuan mesin dalam mengenali dan memprediksi gerakan bahasa isyarat dengan tepat, baik melalui Jupyter Notebook maupun secara real-time menggunakan kamera Kinect V2 atau webcam.

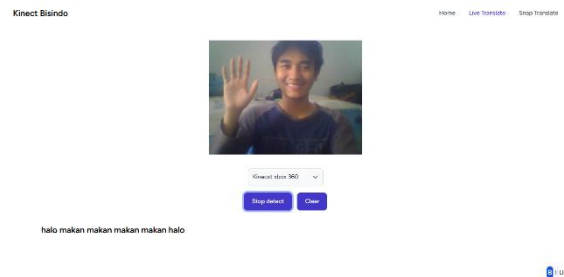
4.2 Implementasi Antarmuka

Pada halaman utama aplikasi pengguna dapat melihat informasi mengenai BISINDO dan petunjuk langkah-langkah menggunakan sistem, serta tombol try the app untuk mencoba sistem tersebut. Tampilan halaman utama aplikasi ini ditunjukkan pada Gambar 2.



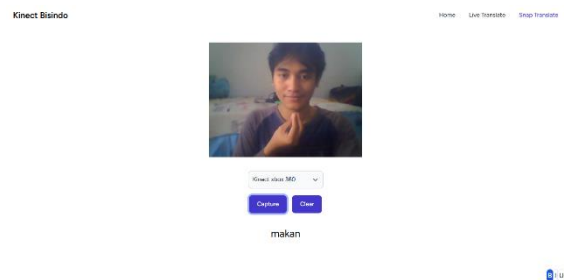
Gambar 1 Halaman Home Sistem

Gambar tersebut menampilkan halaman utama sistem pengguna dapat melakukan deteksi bahasa isyarat dengan menekan tombol start detect dan memposisikan badan dan tangan pada depan kamera untuk memulai mendeteksi gerakan, kemudian sistem akan mendeteksi gerakan isyarat dan menampilkan hasil deteksi bahasa isyarat tersebut. Hasil tampilan sistem dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2 Halaman Live Translate

Pada halaman snap translate pengguna dapat memposisikan badan dan tangan pada depan kamera untuk memulai mendeteksi gerakan dan melakukan deteksi bahasa isyarat dengan menekan tombol capture dan kemudian sistem akan mendeteksi gerakan isyarat dan menampilkan hasil deteksi bahasa isyarat tersebut. Hasil tampilan sistem ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3 Halaman Snap Translate

4.3 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan perhitungan *Recall*, *Precision*, dan *F1-Score* dari gambar-gambar yang diprediksi berhasil atau gagal dengan gambar-gambar yang sebenarnya berhasil atau gagal.

```
[78]: yhat = model.predict(X_test)
      #prediction/ground
      1/1 ██████████ 0s 47ms/step

[79]: ytrue = np.argmax(y_test, axis=1).tolist()
      yhat = np.argmax(yhat, axis=1).tolist()

[80]: yhat
[80]: [0, 2, 0, 2, 2, 2, 1, 1, 1]

[81]: ytrue
[81]: [0, 2, 0, 2, 2, 2, 1, 1, 1]

[82]: multilabel_confusion_matrix(ytrue, yhat)

[82]: array([[7, 0],
           [0, 2]],

          [[6, 0],
           [0, 3]],

          [[5, 0],
           [0, 4]]], dtype=int64)

[83]: accuracy_score(ytrue, yhat)
[83]: 1.0
```

Gambar 4 Hasil Matrix Pengolahan Data

1. Recall

$$\text{Saya} = \frac{7}{7-0} = 1$$

$$\text{Baik} = \frac{6}{6-0} = 1$$

$$\text{ILoveYou} = \frac{5}{5-0} = 1$$

$$\text{Recall} = \frac{3}{3} = 1$$

2. Precision

$$\text{Saya} = \frac{7}{7-0} = 1$$

$$\text{Baik} = \frac{6}{6-0} = 1$$

$$\text{ILoveYou} = \frac{5}{5-0} = 1$$

$$\text{Precision} = \frac{3}{3} = 1$$

3. F1-Score

$$F1\text{-Score} = 2 \times \frac{1 \times 1}{1 + 1} = 1$$

Berikutnya data respon terhadap sistem dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Hasil Data Respon

No.	Aspek	Sangat Setuju	Setuju
1	Minat terhadap sistem	6	3
2	Kecepatan respon	3	4
3	Kemudahan penggunaan	4	4
4	Kenyamanan dalam penggunaan	5	3
5	Kejelasan teks hasil terjemahan	3	5
6	Keandalan sistem	3	5
7	Sistem dapat menerjemahkan gerakan secara real-time	5	4
8	Tingkat kepuasan keseluruhan	4	4

Tabel 3 Hasil Data Respon

	Netral	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
1		0	0
2		1	0
2		0	0
2		0	0
1		1	0
2		0	0
1		0	0
2		0	0

Keterangan:

1. Minat terhadap sistem: mayoritas responden 9 dari 10 menunjukkan minat positif, dengan 6 sangat setuju dan 3 setuju.

2. Kecepatan respon: 7 dari 10 responden dapat merasakan kecepatan respon sistem dalam menerjemahkan bahasa isyarat secara real-time, dengan 3 sangat setuju dan 4 setuju, namun ada 1 responden yang tidak setuju.
3. Kemudahan penggunaan: 8 responden merasa sistem mudah digunakan, dengan jumlah respon yang sama antara sangat setuju dan setuju.
4. Kenyamanan dalam penggunaan: 8 responden merasa nyaman dalam penggunaan sistem, 5 sangat setuju dan 3 setuju.
5. Kejelasan teks hasil terjemahan: 8 responden merasa teks dalam hasil terjemahan jelas dengan mayoritas 5 setuju, namun ada 1 responden yang tidak setuju.
6. Keandalan sistem: 8 responden dapat merasa sistem bekerja secara konsisten tanpa mengalami banyak kendala, dengan 5 sangat setuju dan 3 setuju.
7. Sistem dapat menerjemahkan gerakan secara real-time: 9 responden merasakan sistem ini dapat menerjemahkan secara real-time, dengan 5 sangat setuju dan 4 setuju.
8. Tingkat kepuasan keseluruhan: Dari 10 responden, dengan 8 puas dari kinerja serta hasil yang telah diberikan oleh sistem, dengan 4 sangat setuju dan 4 setuju.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem penerjemah bahasa isyarat BISINDO ke teks menggunakan Kinect V2 dengan estimasi pose tangan 3D real-time. Sistem ini menggunakan algoritma LSTM dan menunjukkan akurasi tinggi dengan nilai akurasi, recall, precision, dan F1-Score sebesar 1.0 pada epoch 140. Keberhasilan klasifikasi gestur dipengaruhi oleh kesamaan gestur dan cahaya yang tidak merata.

Pengujian menggunakan metode Agile menunjukkan bahwa sistem ini berfungsi sesuai harapan dan dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan. Kuesioner yang diberikan kepada pengguna menunjukkan respon positif dan sistem memenuhi semua persyaratan penggunaan.

6. Daftar Pustaka

- [1] "Aplikasi Pengenalan Huruf Abjad Bahasa Isyarat Menggunakan Metode Convolutional Neural Network."
- [2] R. S. Swestilangen and M. Syafiq, "Strategi Mengatasi Kesenjangan pada Pria Dewasa Awal Penyandang Tunanetra," *Journal of Psychological Perspective*, vol. 3, no. 2, pp. 97–104, Dec. 2021, doi: 10.47679/jopp.321512021.
- [3] S. Syafril and Y. E. Nopiyanto, "Proses Pembelajaran Pendidikan Jasmani Adaptif Siswa Tunarungu," *Jambura Journal of Sports Coaching*, vol. 5, no. 1, pp. 62–71, 2023.
- [4] S. D. Gusti, L. Susanti, P. Soniska, S. Marsella, and N. Asvio, "Analisis Peran Orangtua pada Tunarungu dalam Mengembangkan Interaksi Sosial," *Excellent*

- Journal for Undergraduate*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2024.
- [5] L. Sudirman, A. Antony, C. Lie, and C. Celline, "Implikasi Artificial Intelligence Terhadap Pelayanan Bantuan Hukum Bagi Penyandang Disabilitas," *ADIL: Jurnal Hukum*, vol. 14, no. 2, pp. 112–138, 2023.
- [6] E. Zudeta, Y. Novitasari, and D. Fitriani, "Urgensi Bahasa Isyarat di Lingkungan Universitas," *Journal of Special Education Lectura*, vol. 2, no. 1, pp. 65–72, 2024.
- [7] A. Candra *et al.*, "Development of machine learning-based sign language translator for Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO)," 2024, p. 020070. doi: 10.1063/5.0199747.
- [8] S. Nur Budiman, S. Lestanti, and H. Yuana, "SIBI (Sistem Bahasa Isyarat Indonesia) berbasis Machine Learning dan Computer Vision untuk Membantu Komunikasi Tuna Rungu dan Tuna Wicara," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, 2023.
- [9] R. E. Caraka *et al.*, "Empowering deaf communication: a novel LSTM model for recognizing Indonesian sign language," *Univers Access Inf Soc*, pp. 1–13, 2024.
- [10] H. Setiaji, A. I. Syahyadi, and N. Afif, "Pendekatan Baru Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia Dinamis menggunakan metode Gate Recurrent Unit," *Jurnal INSYPRO (Information System and Processing)*, vol. 9, no. 1, 2024.
- [11] A. Saifudin, "PERAN KECERDASAN BUATAN DALAM MENINGKATKAN PEMBELAJARAN SISWA TUNARUNGU DI ERA DIGITAL: indonesia," *Jurnal Informatika Multi*, vol. 2, no. 4, pp. 153–160, 2024.
- [12] C. N. Insani, N. Arifin, and Muh. R. Rasyid, "Deteksi Gerakan Bahasa Isyarat Menggunakan Euclidean Distance," *Informatik : Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 19, no. 1, pp. 99–106, May 2023, doi: 10.52958/iftk.v19i1.5658.
- [13] S. F. Collin and D. Husin, "PENGALAMAN MULTISENSORI TEMAN TULI DALAM PERANCANGAN EDUKASI-HIBURAN DI KEMBANGAN," *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, vol. 6, no. 1, pp. 509–522, Apr. 2024, doi: 10.24912/stupa.v6i1.27495.
- [14] S. Nur, A. N. Assyifa, and H. Nurjannah, "Pengembangan Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Menggunakan Metode Long-Short Term Memory," *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 13–30, Jul. 2023, doi: 10.47668/edusaintek.v11i1.898.
- [15] I. Sari and E. Altiarika, "Sistem pengembangan bahasa isyarat untuk berkomunikasi dengan penyandang disabilitas (tunarungu)," *J. Inf. Technol. Soc*, vol. 1, no. 1, pp. 20–25, 2023.
- [16] E. Altiarika and W. P. Sari, "Pengembangan Deteksi Realtime untuk Bahasa Isyarat Indonesia dengan Menggunakan Metode Deep Learning Long Short Term Memory dan Convolutional Neural Network," *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2023.
- [17] A. M. Ambarak and A. Z. Falani, "Pengembangan Aplikasi Bahasa Isyarat Indonesia Berbasis Realtime Video Menggunakan Model Machine Learning," *JIKA (Jurnal Informatika)*, vol. 7, no. 1, p. 89, Feb. 2023, doi: 10.31000/jika.v7i1.7277.
- [18] P. B. Utomo, R. A. Ramadhani, and H. Kurniawan, "Deteksi Gerak Tangan sebagai Pengenal Bahasa Isyarat menggunakan Mediapipe dan Long-Short Term Memory," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 15, no. 1, 2024.
- [19] S. M. Ulfah and S. Ubaidah, "Penerapan bahasa isyarat dalam pembelajaran bagi anak berkebutuhan khusus tuna rungu," *Journal of Dissability Studies and Research (JDSR)*, vol. 2, no. 1, pp. 29–43, 2023.
- [20] Hajrah, A. Azis, and Ilma Rahim, "Analisis Penggunaan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) pada Siswa SLB," *Jurnal Onoma: Pendidikan, Bahasa, dan Sastra*, vol. 9, no. 2, pp. 1396–1402, Oct. 2023, doi: 10.30605/onoma.v9i2.2717.

- [21] S. F. AURELLIA, "ANALISIS DAN PERANCANGAN USER INTERFACE DAN USER EXPERIENCE DENGAN METODE DESIGN THINKING PADA APLIKASI KAMUS DARING BISINDO," 2023.
- [22] M. Saiful, L. M. Samsu, and F. Fathurrahman, "Sistem Deteksi Infeksi COVID-19 Pada Hasil X-Ray Rontgen menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)," *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, pp. 217–227, Jul. 2021, doi: 10.29408/jit.v4i2.3582.
- [23] E. Altiarika and W. P. Sari, "Pengembangan Deteksi Realtime untuk Bahasa Isyarat Indonesia dengan Menggunakan Metode Deep Learning Long Short Term Memory dan Convolutional Neural Network," *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2023.
- [24] T. Arifianto, S. Sunaryo, S. Sunardi, and A. Akhwan, "Deteksi Kecacatan Permukaan Rel Menggunakan Metode Deep Learning Neural Network," *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 92–103, Jan. 2023, doi: 10.29408/jit.v6i1.7415.
- [25] Nasha Hikmatia A.E. and M. I. Zul, "Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia menjadi Suara berbasis Android menggunakan Tensorflow," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 74–83, Jun. 2021, doi: 10.35143/jkt.v7i1.4629.
- [26] D. Pribadi, M. Wahyudi, D. Puspitasari, A. Wibowo, R. A. Saputra, and R. Saefurrohman, "Real Time Indonesian Sign Language Hand Gesture Phonology Translation Using Deep Learning Model".
- [27] S. Wahyuni, N. S. Layuk, R. H. Loly, and A. N. Daud, "Desain sistem speech recognition penerjemah bahasa toraja menggunakan hidden markov model," *Jurnal Penelitian Pos dan Informatika*, vol. 11, no. 2, pp. 107–119, 2021.
- [28] I. N. T. A. Putra, K. S. Kartini, Y. K. Suyitno, I. M. Sugiarta, and N. K. E. Puspita, "Penerapan Library Tensorflow, Cvzone, dan Numpy pada Sistem Deteksi Bahasa Isyarat Secara Real Time," *Jurnal Krisnadana*, vol. 2, no. 3, pp. 412–423, May 2023, doi: 10.58982/krisnadana.v2i3.335.
- [29] 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, Mar. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i1.8917.
- [30] S. Nur, A. N. Assyifa, and H. Nurjannah, "Pengembangan Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Menggunakan Metode Long-Short Term Memory," *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 13–30, Jul. 2023, doi: 10.47668/edusaintek.v11i1.898.
- [31] Md. Khaliluzzaman, Md. Abu Bakar Siddiq Sayem, and Lutful Kader Misbah, "HActivityNet: A Deep Convolutional Neural Network for Human Activity Recognition," *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 357–376, Dec. 2021, doi: 10.24003/emitter.v9i2.642.
- [32] T. Jayanti and J. Maulindar, "Optimalisasi Game Penunjang Pembelajaran Untuk Meningkatkan Kemampuan Membaca Anak Di Bimbingan Belajar Puspita Smart Center Berbasis Android," *JISAMAR (Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research)*, vol. 7, no. 2, pp. 360–372, 2023.
- [33] C. J. Widiyono and J. Maulindar, "Implementation of Artificial Intelligence and Big Data to Overcome Covid-19 Pandemic," in *Proceeding of International Conference on Science, Health, And Technology*, 2021, pp. 241–243.