

**ALAT PENERJEMAH BAHASA ISYARAT BERBASIS *MACHINE LEARNING* UNTUK KOMUNIKASI DUA ARAH BAGI PENYANDANG DISABILITAS SENSORIK (TUNARUNGU DAN TUNAWICARA)**

*“A Machine Learning-Based Sign Language Translator for Two-Way Communication for Individuals with Sensoric Disabilities (Deaf and Speech-Impaired)”*

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro

Program Studi Teknik Elektro



Disusun oleh:

**Fanisa Nur Indah Sari**

**E.5051.1900504**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2023**

**ALAT PENERJEMAH BAHASA ISYARAT BERBASIS *MACHINE*  
*LEARNING* UNTUK KOMUNIKASI DUA ARAH BAGI PENYANDANG  
DISABILITAS SENSORIK (TUNARUNGU DAN TUNAWICARA)**

Oleh

Fanisa Nur Indah Sari

Sebuah tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Fanisa Nur Indah Sari

Universitas Pendidikan Indonesia

2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian,  
Dengan dicetak ulang, *diphotocopy*, atau cara lain izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**FANISA NUR INDAH SARI**

**E.5051.1900405**

**ALAT PENERJEMAH BAHASA ISYARAT BERBASIS *MACHINE*  
*LEARNING* UNTUK KOMUNIKASI DUA ARAH BAGI PENYANDANG  
DISABILITAS SENSORIK (TUNARUNGU DAN TUNAWICARA)**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. Hj. Arjuni Budi Pantjawati, M.T.**  
**NIP. 19640607 199512 2 001**

**Dosen Pembimbing II**



**Silmi Ath Thahirah Al Azhima, M.T**  
**NIP. 920200419960203201**

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Elektro**



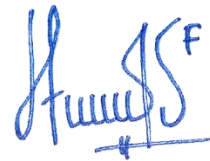
**Iwan Kustiawan, S.Pd.,M.T.,Ph.D.**

**NIP. 19770908 200312 1 002**

## PERYATAAN

Dengan ini saya menyatakan Tugas Akhir dengan judul “**Alat Penerjemah Bahasa Isyarat Berbasis Machine Learning Untuk Komunikasi Dua Arah Bagi Penyandang Disabilitas Sensorik (Tunarungu Dan Tunawicara)**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap karya saya ini.

Bandung, Juli 2023  
Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Fanisa Nur Indah Sari', with a small 'F' at the end.

Fanisa Nur Indah Sari  
NIM. 1900504

## KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Penulis ucapkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya. Karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan kewajiban berupa tugas akhir sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro S1 sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Alat Penerjemah Bahasa Isyarat Berbasis *Machine Learning* Untuk Komunikasi Dua Arah Bagi Penyandang Disabilitas Sensorik (Tunarungu Dan Tunawicara)”**. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Keluarga penulis dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan secara moral kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan terkait dengan perkuliahan kepada penulis dari semester 1 sampai saat ini.
3. Bapak Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Ibu Ir. Hj. Arjuni Budi Pantjawati, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Ibu Silmi Ath Thahirah Al Azhima, M.T selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
6. Seluruh Dosen dan Staff Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI yang telah banyak memberikan ilmu dan bimbingannya selama perkuliahan kepada penulis.
7. Aisyah Sekar AD, Salsabila Azzahra, dan Wida Rizky A, selaku sahabat dekat penulis yang telah memberikan banyak dukungan kepada penulis.
8. Muhammad Ramdan dan Ridwan Lesmana selaku rekan seperjuangan yang telah memberikan banyak sekali dukungan, bantuan, dan arahan kepada penulis.

9. Mochammad Rizky dan Diky Muhammad Rizki selaku sahabat penulis yang telah banyak memberikan dukungan moral dan emosional kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dari berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam Menyusun laporan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan tugas akhir ini masih sangat banyak kekurangan, jika terdapat kesalahan didalamnya, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya serta mengharapkan kritik serta saran untuk tugas akhir ini agar dapat lebih baik lagi untuk kedepannya. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak khususnya dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi.

Bandung, Juli 2023

Penulis

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat komunikasi dua arah berupa sistem yang mampu mendeteksi bahasa isyarat melalui gerakan tangan dan suara manusia. Sistem ini dirancang untuk memberikan solusi bagi masalah komunikasi yang dihadapi oleh pengidap tunawicara dan tunarungu. Metode yang digunakan melibatkan teknologi *Computer Vision* dengan memanfaatkan Mediapipe Model Maker dan Tensorflow untuk mendeteksi gerakan isyarat. Selain itu, integrasi dengan NLP (*Natural Language Processing*) dilakukan melalui penggunaan Text-Davinci-003 pada OpenAI dan Web Speech API. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model gerakan isyarat memiliki akurasi sebesar 95% dalam pengenalan kosakata yang diuji. Persentase keseluruhan kosakata yang berhasil dikenali mencapai 92,6% dalam pengujian berulang sebanyak 10 kali, dan waktu respon sistem berada dalam rentang 0,08s – 0,1s. Dalam pengujian berulang sebanyak 20 kali pada 12 kalimat yang disusun, total persentase keseluruhan kalimat mencapai nilai 84,6%. Meskipun terdapat kekurangan dalam sistem deteksi gerakan yang dapat mengalami kebocoran dan kepekaan yang tinggi, sistem tetap mampu menjalankan fungsinya dengan baik dalam mendukung komunikasi dua arah antara penyandang disabilitas sensorik (tunarungu-tunawicara) dengan orang normal. Adapun tanggapan pengguna terhadap sistem penerjemah bahasa isyarat secara keseluruhan sangat positif. Pengguna mengakui bahwa aplikasi ini berguna, efektif, efisien, mudah dipahami, dan memiliki tampilan yang menarik.

**Kata kunci: Bahasa Isyarat, Mediapipe, OpenAI, Web Speech API**

## **ABSTRACT**

This research aims to create a two-way communication tool in the form of a system capable of detecting sign language through hand gestures and human voice. The system is designed to provide a solution for communication challenges faced by individuals with speech and hearing impairments. The method employed involves Computer Vision technology utilizing Mediapipe Model Maker and Tensorflow to detect sign language gestures. Additionally, integration with Natural Language Processing (NLP) is carried out through the use of Text-Davinci-003 in OpenAI and the Web Speech API. The test results indicate that the sign language gesture model achieves a 95% accuracy rate in recognizing tested vocabulary. The overall percentage of successfully recognized vocabulary in repeated testing reaches 92.6%, with the system's response time ranging between 0.08s and 0.1s. In repeated testing involving 20 trials with 12 constructed sentences, the total overall percentage of sentence accuracy reaches 84.6%. Despite the existence of limitations, such as motion detection susceptibility to leakage and high sensitivity, the system continues to effectively function in facilitating two-way communication between individuals with sensory disabilities (deaf-mute) and those without. Users' responses to the sign language interpreter system are highly positive overall. Users acknowledge that the application is useful, efficient, user-friendly, and visually appealing.

**Keyword: Sign Language, Mediapipe, OpenAI, Web Speech API**



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Tujuan Penelitian.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Batasan Penelitian.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Manfaat/Signifikan Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.6. Struktur Organisasi Skripsi.....</b>	<b>5</b>
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Bahasa Isyarat.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.1 Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2 Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO).....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Python .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Machine Learning.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Computer Vision .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Mediapipe .....</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Tensorflow .....</b>	<b>11</b>
<b>2.7 Natural Language Processing.....</b>	<b>12</b>
<b>2.8 Open AI: Text-Davinci-003.....</b>	<b>12</b>
<b>2.9 Web Speech API: Speech To Text.....</b>	<b>15</b>
<b>2.10 Penelitian Lain Yang Relevan.....</b>	<b>15</b>
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Tahapan Metode Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Perangkat Penunjang Penelitian .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3. Perancangan Sistem.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4. Prinsip Kerja Sistem.....</b>	<b>25</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>

<b>4.1.</b>	<b>Pembuatan Sistem.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.</b>	<b>Gambaran Sistem.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.</b>	<b>Hasil Penelitian.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Pengujian Mandiri .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Pengujian Bersama Responden .....</b>	<b>43</b>
<b>4.4.</b>	<b>Analisis .....</b>	<b>49</b>
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>58</b>
<b>5.1.</b>	<b>Simpulan .....</b>	<b>58</b>
<b>5.2.</b>	<b>Saran .....</b>	<b>59</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>60</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 - Model yang terdapat dalam Open AI .....	13
Tabel 3. 1 - Tanggapan responden: Aplikasi untuk mengenali gesture BISINDO .....	21
Tabel 3. 2 - Tanggapan mengenai pentingnya aplikasi tersebut .....	21
Tabel 3. 3 - Tanggapan responden: Efisiensi sistem penerjemah Bahasa Isyarat .....	22
Tabel 4. 1 - Hasil uji akurasi seluruh kosa kata .....	49
Tabel 4. 2 - Hasil akurasi model .....	50
Tabel 4. 3 - Hasil uji akurasi kalimat .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 - Representasi Data Persentase Penyandang Disabilitas .....	1
Gambar 2. 1 - Representasi landmark tangan pada mediapipe .....	11
Gambar 2. 2 - Diagram fishbone penelitian sejenis .....	17
Gambar 3. 1 - Diagram alir penelitian .....	18
Gambar 3. 2 - Desain sistem .....	24
Gambar 3. 3 - Prinsip kerja sistem .....	25
Gambar 3. 4 – Diagram alir tahapan metode CV: Gesture Recognition.....	26
Gambar 3. 5 - Diagram alir tahapan metode NLP: Speech Recognition .....	29
Gambar 4. 1 - Library yang digunakan dalam pembuatan model.....	32
Gambar 4. 2 - Dataset yang dikumpulkan.....	32
Gambar 4. 3 - Pra-pemrosesan Dataset.....	33
Gambar 4. 4 - Pelatihan model dengan mediapipe model maker .....	33
Gambar 4. 5 - Evaluasi dan fine-tuning model .....	34
Gambar 4. 6 - Ekspor dan unduh model .....	35
Gambar 4. 7 - Tampilan sistem penerjemah bahasa isyarat.....	36
Gambar 4. 8 - Tampilan ketika icon chat ditampilkan.....	38
Gambar 4. 9 - Tampilan sistem melakukan deteksi gerakan isyarat.....	38
Gambar 4. 10 - Tampilan sistem melakukan deteksi suara.....	39
Gambar 4. 11 - Tampilan fungsi sistem untuk komunikasi dua arah.....	39
Gambar 4. 12 - Hasil pengujian mandiri untuk deteksi seluruh kosakata.....	42
Gambar 4. 13 - Hasil pengujian mandiri untuk komunikasi dua arah .....	43
Gambar 4. 14 - Pengujian bersama responden 1 .....	44
Gambar 4. 15 - Pengujian bersama responden 2.....	44
Gambar 4. 16 - Pengujian bersama responden 3.....	44
Gambar 4. 17 - Pengujian bersama responden 4.....	45
Gambar 4. 18 - Program untuk mengukur waktu respon sistem.....	53
Gambar 4. 19 – Uji 1 waktu respon sistem .....	53
Gambar 4. 20 - Uji 2 waktu respon sistem.....	54
Gambar 4. 21 - Uji 3 waktu respon sistem.....	54
Gambar 4. 22 - Analisis kasus kebocoran deteksi pada sistem.....	55

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N. A. M., & Pribadi, F. (2022). Urgensi Bahasa Isyarat dalam Pendidikan Formal sebagai Media Komunikasi dan Transmisi Informasi Penyandang Disabilitas Rungu dan Wicara. *Jurnal Sosialisasi: Jurnal Hasil Pemikiran, Penelitian ...*, 9, 77–86. <https://ojs.unm.ac.id/sosialisasi/article/view/31732>
- Bastomi, A., & Fadlilah, U. (2020). Alat Penerjemah Bahasa Isyarat Penyandang Tunarungu berbasis Raspberry Pi Kamera. *Simposium Nasional RAPI XIX Tahun 2020 FT UMS, Desember 2*(ISSN 1412-9612), 15–22. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/handle/11617/12373>
- Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). LIVRO: cookbook Natural Language Processing with Python. *Journal of Endodontics*, 28(4), 330–332. <https://www.oreilly.com/library/view/natural-language-processing/9780596803346/>
- drs Alex Sobur, m. s. (2003). *Semiotika Komunikasi*.
- Fajri, N., Ramadhan, M. N., Palani, H., & Yazid, E. K. (2021). *Kajian Disabilitas, Tinjauan Peningkatan Akses dan Taraf Hidup Penyandang Disabilitas Indonesia : Aspek Sosioekonomi dan Yuridis*.
- Fitria, T. N. (2023). *Journal of English Language Teaching Artificial intelligence ( AI ) technology in OpenAI ChatGPT application : A review of ChatGPT in writing English essay*. 6(361), 44–58.
- Gede Hendra Parwata, I., Ketut Gede Darma Putra, I., & Putu Sutramiani, N. (2019). Penerapan Web Speech API pada Game Catur Berbasis Suara. *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.24843/jim.2019.v07.i01.p03>
- Gumelar, G., Hafiar, H., & Subekti, P. (2018). Bahasa Isyarat Indonesia Sebagai Budaya Tuli Melalui Pemaknaan Anggota Gerakan Untuk Kesejahteraan Tuna Rungu. *Informasi*, 48(1), 65.
- Gusliya, D. (2019). BIMBINGAN KETERAMPILAN ANAK TUNA RUNGU DALAM MENGEMBANGKAN KEMANDIRIAN DI SEKOLAH LUAR BIASA DHARMA BHAKTI PERTIWI KEMILING KOTA BANDAR LAMPUNG. *Jurnal Kajian Pendidikan Ekonomi Dan Ilmu Ekonomi*, 2(1), 1–19. [http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865607390&partnerID=tZOtx3y1%0Ahttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2LIMMD9FVXkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Principles+of+Digital+Image+Processing+fundamental+techniques&ots=HjrHeuS\\_](http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865607390&partnerID=tZOtx3y1%0Ahttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2LIMMD9FVXkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Principles+of+Digital+Image+Processing+fundamental+techniques&ots=HjrHeuS_)
- Hikmatia A.E, N., & Ihsan Zul, M. (2021). Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia menjadi Suara berbasis Android menggunakan Tensorflow. *Jurnal Komputer Terapan*, 7(Vol. 7 No. 1 (2021)), 74–83. <https://doi.org/10.35143/jkt.v7i1.4629>

- IGID ADMIN. (2021). *Laman Resmi Republik Indonesia • Portal Informasi Indonesia*. Portal Informasi Indonesia. <https://indonesia.go.id/mediapublik/detail/1421>
- Introduction - OpenAI API*. (n.d.). Retrieved May 13, 2023, from <https://platform.openai.com/docs/introduction/overview>
- Jim Clyde Monge. (2022). *New GPT-3 Model: Text-Davinci-003 Is Awesome | by Jim Clyde Monge | Technology Hits | Medium*. Technology Hits. <https://medium.com/technology-hits/new-gpt-3-model-text-davinci-003-is-awesome-ada11ef660a9>
- Kamus SIBI*. (n.d.). Retrieved May 13, 2023, from <https://pmpk.kemdikbud.go.id/sibi/>
- Karhade, M. (2022). *OpenAI Released GPT-3 Text-davinci-003. I Compared It With 002. The Results Are Impressive! | by Dr. Mandar Karhade, MD. PhD. | Towards AI*. Towards AI. <https://pub.towardsai.net/openai-just-released-gpt-3-text-davinci-003-i-compared-it-with-002-the-results-are-impressive-dced9aed0cba>
- Klette, R., & Introduction, A. (2014). *Concise Computer Vision\_ An Introduction into Theory and Algorithms-Springer-Verlag London (2014).pdf*.
- Maulida, D. K. (2017). Bahasa Isyarat Indonesia Di Komunitas Gerakan Untuk Kesejahteraan Tunarungu Indonesia. *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah*, 1–2. [https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/48732/1/DIYAH\\_KARDINI\\_MAULIDA\\_-\\_FDK.pdf](https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/48732/1/DIYAH_KARDINI_MAULIDA_-_FDK.pdf)
- MediaPipe | Google Developers*. (n.d.). Retrieved May 13, 2023, from <https://developers.google.com/mediapipe>
- Moetia Putri, H., & Fuadi, W. (2022). Pendeteksian Bahasa Isyarat Indonesia Secara Real-time menggunakan Long Short Term Memory (LSTM). *Tts, 1*, 1–13.
- Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (n.d.). *Foundations of machine learning*. 486.
- Mursita, R. A. (2015). Respon Tunarungu Terhadap Penggunaan Sistem Bahasa Isyarat Indonesia ( Sibi ) Dan. *Inklusi, 2*(2), 221–232.
- Nurhikmat, T., & Indonesia, U. I. (2018). *IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK IMAGE CLASSIFICATION MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ( CNN )*. June. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10880.53768>
- Patzer, G. L. (1996). Understanding the causal relationship between physical attractiveness and self-esteem. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 8*(3), 144–147. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.1996.TB01008.X>
- Pauzi, Z., & Capiluppi, A. (2023). Applications of natural language processing in software traceability: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software, 198*, 111616. <https://doi.org/10.1016/J.JSS.2023.111616>
- Rachardi, F. (2020). Deteksi Gambar Gestur Kosakata Bahasa Isyarat Indonesia

- dengan Convolutional Neural Network. *Institutional Repository UIN Syarif Hidayatullah*, 192. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/56075>
- Ridwang, R. (2017). Pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (SIBI) Menggunakan Leap Motion Controller dan Algoritma Data Mining Naïve Bayes. *Jurnal Insypro (Information System and Processing)*, 2(2). <https://doi.org/10.24252/insypro.v2i2.4070>
- Schembri, J., Gentile, R., & Galasso, C. (2023). Enhancing Natural-Hazard Exposure Modeling Using Natural Language Processing: a Case-Study for Maltese Planning Applications. *Procedia Structural Integrity*, 44, 1720–1727. <https://doi.org/10.1016/J.PROSTR.2023.01.220>
- SETARA. (2022). *SETARA (Semua Tau Bahasa Isyarat) | Forum Anak Nasional – (FAN)*. Forum Anak Nasional. <https://forumanak.id/kegiatanView/0dz16o8q5n>
- Sharby, N., Martire, K., & Iversen, M. D. (2015). Decreasing Health Disparities for People with Disabilities through Improved Communication Strategies and Awareness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(3), 3301. <https://doi.org/10.3390/IJERPH120303301>
- Solider. (2018). *Minimnya Pembelajaran Bisindo Kepada Masyarakat*. <https://www.solider.id/baca/4166-minimnya-pembelajaran-bisindo-masyarakat>
- Sundar, B., & Bagyammal, T. (2022). American Sign Language Recognition for Alphabets Using MediaPipe and LSTM. *Procedia Computer Science*, 215, 642–651. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.066>
- Vanderplas, J. (n.d.). *Python Data Science Handbook*.
- Verdhan, V. (2021). Computer Vision Using Deep Learning. *Computer Vision Using Deep Learning*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6616-8>
- Wahyono, T., Kristen, U., & Wacana, S. (2019). *Fundamental of Python for Machine Learning: Dasar-Dasar Pemrograman Python untuk Machine Learning dan Kecerdasan Buatan*. September 2018.
- World Health Organization (WHO). (n.d.). Retrieved May 15, 2023, from <https://www.who.int/>