

**PENGENALAN ABJAD PADA SIBI SECARA REALTIME
DENGAN PENDEKATAN METODE LSTM
(STUDI KASUS DI KEDAI SUSU TULI)**

SKRIPSI



oleh

Bintang Malindo Eka Putra

NIM E41210618

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER**

2025

**PENGENALAN ABJAD PADA SIBI SECARA REALTIME
DENGAN PENDEKATAN METODE LSTM
(STUDI KASUS DI KEDAI SUSU TULI)**

SKRIPSI



Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan
Komputer (S.Tr.Kom)
di Program Studi Teknik Informatika
Jurusan Teknologi Informasi

oleh

Bintang Malindo Eka Putra

NIM E41210618

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER**

2025

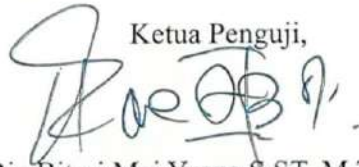
KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

**Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara Realtime dengan Pendekatan Metode
LSTM (Studi Kasus Di Kedai Susu Tuli)**

Bintang Malindo Eka Putra (E41210618)

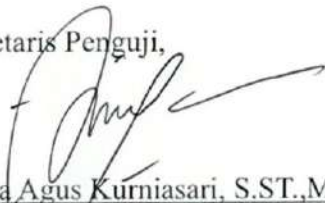
Telah Diuji pada Tanggal 17 Maret 2025
dan Dinyatakan Memenuhi Syarat

Ketua Penguji,



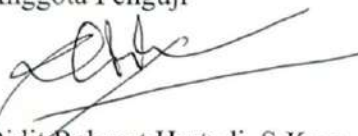
Dia Bitari Mei Yuana S.ST.,M.Tr.Kom
NIP 199305082022032013

Sekretaris Penguji,



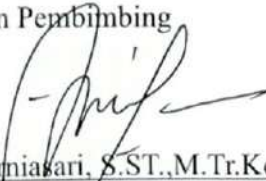
Arvita Agus Kurniasari, S.ST.,M.Tr.Kom
NIP 199308312024062001

Anggota Penguji



Didit Rahmat Hartadi, S.Kom, MT
NIP 197709292005011003

Dosen Pembimbing



Arvita Agus Kurniasari, S.ST.,M.Tr.Kom
NIP 19920528 201803 2 001

Mengesahkan:

Ketua Jurusan Teknologi Informasi



Menda Nuri R. Riskiawan, S.Kom, M.Cs
NIP 198302032006041003

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bintang Malindo Eka Putra

NIM : E41210618

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Skripsi saya yang berjudul “Pengenalannya Abjad Pada SIBI Secara *Realtime* dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli)” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir Laporan Skripsi ini.

Jember, 12 Maret 2025



Bintang Malindo Eka Putra
E41210618



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

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Bintang Malindo Eka Putra
NIM : E41210618
Program Studi : Teknik Informatika
Jurusan : Teknologi Informasi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada UPT.Perpustakaan Politeknik Negeri Jember, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalty Free Right) atas Karya Ilmiah berupa **Laporan Skripsi saya yang berjudul :**

Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara *Realtime* dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus Di Kedai Susu Tuli)

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (Database), mendistribusikan karya dan menampilkan atau mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Jember, Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas Pelanggaran Hak Cipta dalam Karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Dibuat di
Pada tanggal : 17 Maret 2025
Yang Menyatakan,

Nama : Bintang Malindo Eka Putra
NIM : E41210618

PERSEMBAHAN

Laporan Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang selama ini memberi kasih sayang, semangat, dukungan, dan juga doa tanpa henti.
2. Dosen pembimbing yang dengan sabar membantu, membimbing, dan memberikan arahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Ketua Lab KSI yang telah memberikan akses dan fasilitas selama proses pengerjaan skripsi ini.
4. Teman-teman dari kedai susu tuli yang telah memberikan bantuan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Rekan-rekan kerja yang memberikan dukungan serta motivasi selama perjalanan mengerjakan skripsi ini.
6. Almamater tercinta Politeknik Negeri Jember.

MOTTO

“You should try being a little more curious, Mphstar!”

(Eru Chitanda)

**Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara *Realtime* Dengan Pendekatan Metode
LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli)**

Arvita Agus Kurniasari, S.ST.,M.Tr.Kom sebagai dosen pembimbing

Bintang Malindo Eka Putra

Program Studi Teknik Informatika

Jurusan Teknologi Informasi

ABSTRAK

Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) digunakan sebagai alat komunikasi bagi penyandang tunarungu, namun masih terdapat keterbatasan dalam pemahamannya di masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengenalan abjad SIBI secara *real-time* menggunakan metode *Long Short Term Memory* (LSTM). Sistem bekerja dengan menangkap gerakan tangan melalui kamera, mengekstraksi titik referensi menggunakan MediaPipe, dan mengklasifikasikannya dengan model *deep learning*. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur kuis untuk melatih pemahaman pengguna terhadap abjad SIBI. Pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi pencahayaan untuk mengevaluasi performa sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali abjad dengan akurasi yang sangat baik. Pencahayaan minimal 120 lux direkomendasikan agar sistem dapat bekerja secara optimal. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan sistem dapat terus dikembangkan agar lebih akurat dan interaktif dalam mendukung pembelajaran abjad SIBI.

Kata Kunci: Pengenalan Gerakan, Abjad SIBI, LSTM, MediaPipe.

***Real-Time Recognition of the SIBI Alphabet Using the LSTM Method: A Case
Study at Kedai Susu Tuli***

Arvita Agus Kurniasari, S.ST.,M.Tr.Kom as a supervisor

Bintang Malindo Eka Putra

Study Program of Informatics Engineering

Majoring in Information Technology

ABSTRACT

Indonesian Sign Language System (SIBI) is used as a communication tool for the deaf, but there are still limitations in its understanding in society. This study aims to develop a real-time SIBI alphabet recognition system using the Long Short Term Memory (LSTM) method. The system works by capturing hand movements through a camera, extracting reference points using MediaPipe, and classifying them with a deep learning model. In addition, the system is equipped with a quiz feature to train users' understanding of the SIBI alphabet. Testing was carried out in various lighting conditions to evaluate system performance. The test results showed that the system was able to recognize the alphabet with very good accuracy. A minimum lighting of 120 lux is recommended for the system to work optimally. With this research, it is hoped that the system can continue to be developed to be more accurate and interactive in supporting SIBI alphabet learning.

Keywords: *Gesture Recognition, SIBI Alphabet, LSTM, MediaPipe.*

RINGKASAN

Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara Realtime Dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli), Bintang Malindo Eka Putra, NIM E41210618, Tahun 2025, 111 halaman, Teknik Informatika, Politeknik Negeri Jember, Arvita Agus Kurniasari, S.ST.,M.Tr.Kom (Dosen Pembimbing).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengenalan gerakan abjad SIBI secara *real-time* dengan menggunakan metode *deep learning* berbasis *Long Short Term Memory* (LSTM). Sistem ini dirancang untuk menangkap gerakan tangan melalui kamera, mengekstraksi fitur menggunakan MediaPipe, lalu mengklasifikasikan hasilnya dengan model yang telah dilatih sebelumnya.

Selama proses pengujian, dilakukan analisis terhadap berbagai kondisi pencahayaan guna mengetahui bagaimana sistem mengenali gerakan. Dari hasil pengujian, ditemukan bahwa pencahayaan yang cukup memiliki dampak signifikan terhadap akurasi sistem. Pada tingkat pencahayaan 120 lux, sistem dapat mengenali gerakan dengan lebih baik dibandingkan pencahayaan yang lebih rendah. Selain itu, analisis juga dilakukan terhadap berbagai jarak. Dari hasil pengujian, ditemukan bahwa jarak 1-2 meter dari kamera cukup dalam mengenali gerakan. Lebih dari itu, sistem tidak dapat mengenali gerakan karena tangan terlihat sangat kecil pada kamera.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem berbasis LSTM dapat digunakan untuk mengenali abjad SIBI secara *real-time*, meskipun masih perlu dilakukan peningkatan untuk menangani variasi gerakan yang lebih luas. Dengan pengembangan lebih lanjut, sistem ini diharapkan dapat membantu dalam pengenalan bahasa isyarat dan mendukung komunikasi bagi pengguna bahasa isyarat.

PRAKATA

Penulis menyampaikan apresiasi yang mendalam atas semua dukungan dan kesempatan yang memungkinkan terselesaikannya laporan skripsi yang berjudul "Pengenalannya Abjad Pada SIBI Secara *Realtime* dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus Di Kedai Susu Tuli)" dapat diselesaikan secara efektif. Sebagai berikut, penulis mengucapkan terima kasih:

1. Kedua Orang Tua
2. Dosen Pembimbing
3. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk membantu perbaikan di masa mendatang untuk skripsi ini. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Jember, 12 Maret 2025



Bintang Malindo Eka Putra
E41210618

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN MAHASISWA	iv
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI	v
PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO... ..	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
 BAB 1. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kedai Susu Tuli	5
2.2 Bahasa Isyarat	5
2.3 <i>Long Short Term Memory (LSTM)</i>	7
2.4 <i>Black-box Testing</i>	10
2.5 <i>User Acceptance Testing (UAT)</i>	10
2.6 <i>Flowchart</i>	12
2.7 <i>Python</i>	13
2.8 <i>MediaPipe</i>	14
2.9 <i>React JS</i>	14
2.10 <i>PostgreSQL</i>	15
2.11 <i>Deno</i>	15
2.12 <i>State Of The Art</i>	16
 BAB 3. METODE PENELITIAN	 21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.1.1 Tempat	21
3.1.2 Waktu	21
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Tahapan Penelitian	22
3.3.1 Identifikasi Masalah	23
3.3.2 Studi Pustaka	23
3.3.3 Pengumpulan Data	24

3.3.4	Perancangan Sistem	24
3.3.5	Implementasi Sistem.....	24
3.3.6	Pengujian	26
3.3.7	Hasil Analisis	26
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Identifikasi Masalah	27
4.2	Studi Pustaka	27
4.3	Pengumpulan Data	30
4.3.1	Pengumpulan Dataset Abjad SIBI	30
4.3.2	Ekstraksi Data	30
4.4	Perancangan Sistem	32
4.4.1	Alur Kerja Sistem	32
4.4.2	<i>Flowchart</i>	33
4.4.3	Arsitektur Sistem	34
4.4.4	Perancangan Database	35
4.4.5	<i>User Interface (UI)</i>	36
4.5	Implementasi Sistem	40
4.5.1	Implementasi Model LSTM	40
4.5.2	Implementasi <i>Website</i>	49
4.6	Pengujian.....	59
4.6.1	Pengujian Gerakan.....	59
4.6.2	Pengujian <i>Black-box Testing</i>	60
4.6.3	Pengujian <i>User Acceptance Testing</i>	64
4.7	Hasil Analisis	67

4.7.1	Evaluasi Model	67
4.7.2	Pengaruh Pencahayaan terhadap Hasil Klasifikasi.....	71
4.7.3	Pengaruh Jarak terhadap Hasil Klasifikasi	73
BAB 5.	KESIMPULAN	75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....		77
LAMPIRAN.....		79

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kedai Susu Tuli (Sumber: K Radio Jember).....	5
Gambar 2.2 Perbedaan Alfabet Bisindo dan SIBI.....	6
Gambar 2.5 Arsitektur LSTM (Arief dkk., 2023)	7
Gambar 2.3 Simbol <i>Flowchart</i>	13
Gambar 2.4 Koordinat <i>Hand Landmark</i>	14
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	23
Gambar 4.1 Informasi Gerakan Abjad SIBI.....	28
Gambar 4.2 Gerakan yang Bukan Merupakan Abjad SIBI.....	28
Gambar 4.3 <i>Hand Landmark</i>	30
Gambar 4.4 Perbedaan Sebelum dan Sesudah Normalisasi.....	31
Gambar 4.5 Hasil Dataset yang Telah Dikumpulkan	32
Gambar 4.6 Alur Kerja Sistem	33
Gambar 4.7 <i>Flowchart</i> Sistem	34
Gambar 4.8 Arsitektur Sistem	35
Gambar 4.9 Skema <i>Database</i>	36
Gambar 4.10 Rancangan <i>User Interface</i> Halaman <i>Home</i>	37
Gambar 4.11 Rancangan <i>User Interface</i> Halaman Kamus	37
Gambar 4.12 Rancangan <i>User Interface</i> Halaman Kuis.....	38
Gambar 4.13 Rancangan <i>User Interface</i> Halaman Kuis Tebak Huruf.....	38
Gambar 4.14 Rancangan <i>User Interface</i> Halaman Kuis Menyusun Huruf	39
Gambar 4.15 Rancangan <i>User Interface</i> Halaman <i>Ranking</i>	39
Gambar 4.16 Hasil Evaluasi Model	41
Gambar 4.17 Hasil Model yang Telah Dilatih	42
Gambar 4.18 Proses Konversi Model	42
Gambar 4.19 Hasil model yang telah dikonversi	43
Gambar 4.20 Tahapan Model LSTM dalam Mengenali Gerakan.....	43
Gambar 4.21 Contoh Gambar Setelah Diproses oleh <i>MediaPipe</i>	44
Gambar 4.22 Hasil Koordinat pada Satu Titik <i>Landmark</i> Tangan.....	44

Gambar 4.23 Sebelum dan Sesudah Normalisasi Nilai	45
Gambar 4.24 Hasil <i>Output</i> Nilai Normalisasi	45
Gambar 4.25 Hasil <i>Reshape</i> pada Data <i>Input</i>	46
Gambar 4.26 Hasil <i>Output</i> pada Lapisan LSTM Pertama	47
Gambar 4.27 Hasil <i>Output</i> Lapisan LSTM Kedua.....	47
Gambar 4.28 Hasil <i>Output</i> Lapisan LSTM Ketiga	48
Gambar 4.29 Hasil <i>Output</i> Lapisan <i>Dense</i>	48
Gambar 4.30 Hasil pada <i>Output Layer</i>	49
Gambar 4.31 Contoh <i>Response</i> tanpa Token	50
Gambar 4.32 Contoh <i>Response</i> dengan Token	50
Gambar 4.33 Tampilan Halaman <i>Home</i>	51
Gambar 4.34 Tampilan Halaman Kamus	52
Gambar 4.35 Tampilan Dialog Kamus.....	52
Gambar 4.36 Tampilan Halaman Kuis	53
Gambar 4.37 Tampilan Awal Kuis Tebak Huruf.....	54
Gambar 4.38 Tampilan Dialog Petunjuk Tebak Huruf.....	54
Gambar 4.39 Tampilan Halaman Pengerjaan Tebak Huruf	55
Gambar 4.40 Tampilan Dialog Jawaban Tebak Huruf.....	55
Gambar 4.41 Tampilan Halaman Kuis Menyusun Huruf	56
Gambar 4.42 Tampilan Dialog Petunjuk Menyusun Huruf	56
Gambar 4.43 Tampilan Halaman Pengerjaan Menyusun Huruf	57
Gambar 4.44 Tampilan Halaman <i>Ranking</i> Tebak Huruf.....	58
Gambar 4.45 Tampilan Halaman <i>Ranking</i> Menyusun Huruf.....	58
Gambar 4.46 Tampilan Tidak Ada Data <i>Ranking</i>	59
Gambar 4.47 Rata-rata Skor dan Persentase Tiap Pertanyaan	67
Gambar 4.48 Contoh Variasi Kemiringan Data Citra	69
Gambar 4.49 Hasil Evaluasi Model Percobaan Terakhir	69
Gambar 4.50 <i>Classification Report</i>	70
Gambar 4.51 <i>Confussion Matrix</i>	71
Gambar 4.52 Percobaan pada Pencahayaan 0 Lux dan 60 Lux	72
Gambar 4.53 Percobaan pada Pencahayaan 0 Lux dengan Tambahan Cahaya	73

Gambar 4.54 Perbedaan Pengaruh Jarak Terhadap Kamera	74
--	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Skala Libert	11
Tabel 2.2 Interpretasi penerimaan pengguna	12
Tabel 2.3 <i>State Of The Art</i>	16
Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan	21
Tabel 4.1 Pengelompokkan Dataset	32
Tabel 4.2 Lapisan Utama pada Pelatihan Model.....	40
Tabel 4.3 Struktur API.....	50
Tabel 4.4 Pengujian Gerakan	59
Tabel 4.5 Pengujian <i>Black-box Testing</i>	60
Tabel 4.6 Bobot Nilai	64
Tabel 4.7 Hasil Pengujian <i>User Acceptance Test</i>	65
Tabel 4.8 Percobaan Evaluasi Model Pertama	67

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pengujian Gerakan Pertama.....	79
Lampiran 2. Pengujian Gerakan Kedua	80
Lampiran 3. Pengujian Gerakan Ketiga	81
Lampiran 4. Pengujian <i>User Acceptance Testing</i> di SLB Negeri Jember.....	82
Lampiran 5. Pengujian <i>User Accaptance</i> Testing pada Mitra.....	83
Lampiran 6. Berita Acara Pengujian UAT pada Mitra	85
Lampiran 7. Berita Acara Pengujian UAT di SLB Negeri Jember	86
Lampiran 8. Pengujian <i>Black-box Testing</i> oleh Mitra.....	87
Lampiran 9. Surat Pernyataan Kesediaan Mitra untuk Penelitian	90
Lampiran 10. Dokumentasi Pengujian di SLB dan Ksuli	91

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Disabilitas adalah keterbatasan tubuh maupun pikiran yang menyebabkan kesulitan dalam melakukan aktivitas. Orang-orang yang dianggap memiliki penampilan atau tubuh yang “berbeda” dari standar normatif masyarakat sering kali dianggap tidak diinginkan (Taruk dkk., 2022). Proses tersebut dapat memicu diskriminasi, dimana mereka akan diperlakukan tidak adil, penolakan, atau pembatasan hak. Mereka mengalami kesulitan untuk mencapai kesetaraan penuh dalam hak hak, partisipasi, dan akses sumber daya dengan warga lainnya (Gusman dkk., 2022). Perkembangan zaman saat ini sangat mempengaruhi kehidupan dalam segala bidang tidak terkecuali dalam bidang mencari lapangan pekerjaan. Mereka kesulitan dalam mendapatkan pekerjaan karena berbagai hambatan seperti stigma masyarakat, kesulitan berkomunikasi serta kesulitan ekonomi. Masyarakat sering kali memiliki ekspektasi yang berlebihan dan tidak mempertimbangkan kemampuan individu yang berbeda sehingga menyebabkan diskriminasi bagi penyandang disabilitas (Zaelani & Mafruhah, 2022). Menurut laporan Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah pekerja dengan disabilitas di Indonesia mencapai 720.748 orang pada 2022. Jumlah ini hanya mencapai sekitar 0,53% dari total penduduk yang bekerja pada RI sebanyak 131,05 juta (Annur, 2023). Hal tersebut menunjukkan bahwa banyaknya lapangan pekerjaan yang belum ramah bagi disabilitas. Contohnya bagi penyandang tuli yang kesulitan berkomunikasi, masih banyak perusahaan yang belum memiliki lingkungan kerja yang sesuai bagi para penyandang disabilitas tersebut.

Komunikasi memegang peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini juga berlaku bagi mereka yang memiliki keterbatasan dalam pendengaran dan kemampuan berbicara. Mereka mengandalkan bahasa isyarat sebagai metode komunikasi utama mereka. Di Indonesia terdapat dua bahasa isyarat yaitu Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), namun hanya SIBI yang ditetapkan dan diakui oleh pemerintah. BISINDO sendiri dikembangkan oleh orang penyandang tuli melalui GERKATIN (Gerakan

Kesejahteraan Tuna Rungu Indonesia). Salah satu alasan mengapa BISINDO tidak resmi diakui oleh pemerintah karena BISINDO merupakan bahasa ilmiah yang dikembangkan sesuai dengan ciri khas daerah masing-masing. SIBI dikembangkan oleh orang normal, bukan penyandang tuli. SIBI merupakan bahasa isyarat yang sama dengan *American Sign Language (ASL)* yang merupakan bahasa isyarat yang diakui di Amerika (Nisria dkk., 2022). SIBI dibuat dengan tujuan untuk mewakili tata bahasa lisan Indonesia ke dalam bentuk isyarat yang dibuat secara khusus sehingga memudahkan teman tuli untuk memahami dan menggunakan bahasa Indonesia.

Pengajaran dan pembelajaran bahasa isyarat telah sering kali dilaksanakan di berbagai komunitas bahasa di Indonesia. Sejumlah kegiatan berbahasa seperti Festival Bahasa Isyarat oleh Universitas Indonesia pada 2018 dan Festival Komunitas Tuli Jayapura pada 2023 diadakan dengan tujuan mengenalkan SIBI kepada masyarakat umum. Langkah tersebut merupakan langkah yang bagus untuk mulai mengurangi diskriminasi, karena masyarakat umum dapat belajar berkomunikasi dengan teman tuli. Berbagai acara yang telah dilakukan juga menandai meningkatnya bentuk upaya dari berbagai pihak untuk melakukan penyebaran dan peningkatan pemahaman terhadap SIBI di kalangan masyarakat Indonesia.

Upaya tersebut juga dilakukan oleh mitra, K-Suli (Kedai Susu Tuli) yang hadir sebagai wadah atau tempat khususnya bagi teman-teman tuli untuk saling berinteraksi, mengobrol dan berkomunikasi baik dengan teman penyandang tuli ataupun orang normal sambil menikmati menu makanan dan minuman yang disediakan. Di kedai yang berlokasi di Jalan. Manggis No.95, Krajan, Jemberlor, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember ini juga menyediakan petunjuk abjad dan kamus kamus bahasa isyarat yang tertera di dinding, sehingga pengunjung dapat belajar sedikit tentang bahasa isyarat. Penggunaan kamus bergambar ini bisa menjadi keterbatasan, karena pengunjung masih mengalami kesulitan untuk memeriksa keakuratan penggunaan isyarat yang dipelajari. Selain itu, sering kali kedai ini juga mengadakan kegiatan dalam upaya memperkenalkan bahasa isyarat. Banyaknya pengunjung yang datang saat kegiatan tersebut menyebabkan teman tuli

kewalahan dalam membantu proses belajar bahasa isyarat. Untuk itu diperlukan sumber daya pembelajaran yang lebih interaktif dengan bantuan aplikasi teknologi yang dapat memberikan umpan balik langsung kepada pengguna.

Perkembangan teknologi telah menciptakan banyak inovasi baru yang lebih efektif dan efisien. Teknologi seperti *Machine Learning* dan *Deep Learning* dapat digunakan untuk mengembangkan sistem yang mampu mengenali dan menerjemahkan SIBI secara *real-time*. Teknologi tersebut dapat digunakan untuk melatih sistem dan mengenali isyarat tangan yang merupakan komponen penting SIBI. Sistem tersebut juga dapat dengan mudah mengevaluasi akurasi gerakan isyarat pengguna yang mempelajari SIBI. Dibutuhkan akurasi tinggi agar sistem dapat mengenali gerakan tangan dengan baik.

Salah satu penelitian oleh Nasha Hikmatia A.E dan Muhammad Ihsan Zul terkait dengan penerjemah bahasa isyarat yang terdiri dari abjad dan kata (saya, kamu, nama, siapa). Penelitian tersebut mendapatkan hasil akurasi sebesar 54,8% dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Peneliti menyimpulkan bahwa model yang digunakan belum optimal dan menyarankan untuk menggunakan metode *Long Short Term Memory* (LSTM) untuk mendapatkan akurasi yang lebih baik.

Selanjutnya yaitu penelitian oleh Siti Nur, Aghisna Nur Assyifa, dan Habilah Nurjanna menerapkan metode *Long Short Term Memory* (LSTM) dengan menggunakan 1500 data dan mendapatkan hasil akurasi sebesar 85% dalam mengenali abjad dan angka bahasa isyarat. Beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi yaitu kualitas data saat proses pengambilan koordinat, kecocokan *gesture* jari yang akan dikenali serta seberapa banyak data yang dimiliki pada tiap gerakannya. Semakin banyak gerakan yang ingin dikenali maka semakin susah sistem untuk mendeteksi gerakan, hal tersebut juga berpengaruh terhadap banyaknya data tiap gerakan yang dilatih.

LSTM sangat cocok dalam memproses prediksi berdasarkan data *time series*, karena pada proses prediksi ada kelangkaan durasi yang tidak diketahui diantara peristiwa penting dalam rangkaian waktu. (Nur dkk., 2023). Maka pada penelitian ini menggunakan metode *Long Short Term Memory* (LSTM) dengan

memanfaatkan kelebihan yang dimiliki agar sistem yang dibuat dapat mengenali bahasa isyarat dengan baik.

Pengembangan sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam evaluasi dan peningkatan akurasi model pengenalan abjad SIBI berbasis teknologi *real-time*. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pengenalan abjad SIBI dapat dilakukan secara lebih interaktif dan responsif, sehingga meningkatkan efektivitas dalam proses identifikasi gerakan abjad. Selain itu, sistem ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam penerapan *machine learning* untuk pengenalan bahasa isyarat yang lebih kompleks.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana tingkat akurasi model LSTM dalam mengenali abjad SIBI secara *real-time*?
- b. Bagaimana cara mengembangkan sistem pengenalan abjad SIBI berbasis teknologi *real-time* yang efektif?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Menganalisis tingkat akurasi model LSTM mengenali abjad SIBI berdasarkan hasil pengujian.
- b. Mengembangkan sistem pengenalan abjad SIBI yang interaktif dan responsif dalam menampilkan hasil klasifikasi.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Meningkatkan aksesibilitas pengenalan abjad SIBI yang interaktif.
- b. Memberikan evaluasi terhadap akurasi model LSTM dalam mengenali abjad SIBI.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya berfokus pada pengujian akurasi model dalam mengenali abjad SIBI secara *real-time*, dengan batasan bahwa sistem hanya mengenali huruf tanpa variasi J dan Z.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedai Susu Tuli

Kedai Susu Tuli (K-SULI) adalah sebuah wadah atau tempat khususnya bagi teman-teman tuli untuk saling mengobrol dan berkomunikasi baik dengan teman tuli ataupun dengan teman normal lainnya sambil menikmati menu makanan dan minuman yang disediakan di K-SULI. Kedai ini berada di Jl Manggis No. 104 RT.03/RW.11 Lingkungan Krajan – Jember Lor Kabupaten Jember dan telah berdiri sejak 9 April 2021. Gambar 2.1 menunjukkan tampilan halaman depan Kedai Susu Tuli yang menjadi lokasi studi kasus dalam penelitian ini.



Gambar 2.1 Kedai Susu Tuli (Sumber: K Radio Jember)

Selain sebagai tempat bercengkerama dan mengobrol khususnya bagi teman-teman tuli, kedai ini juga sebagai akses bagi teman tuli dan teman difabel lainnya untuk mengembangkan potensi diri dan belajar mencoba berwirausaha agar bisa menciptakan lapangan pekerjaan sendiri dan hidup mandiri dikemudian hari.

2.2 Bahasa Isyarat

Bahasa Isyarat adalah cara berkomunikasi tanpa suara. Bahasa ini menggunakan gerakan tangan, ekspresi wajah, dan bahasa tubuh dalam

menyampaikan pesan. Di antara berbagai kelompok pengguna bahasa isyarat yaitu teman tuli merupakan yang paling sering menggunakan dan menjadikan bahasa ini sebagai alat komunikasi utama mereka.

Bahasa Isyarat adalah sarana penting bagi mereka penyandang tunarungu untuk berkomunikasi dan berpartisipasi dalam kehidupan masyarakat. Pengakuan dan dukungan terhadap bahasa ini merupakan langkah penting dalam mewujudkan hak-hak yang setara bagi individu dengan gangguan pendengaran (Budiman & Yuana, 2023).

Di Indonesia, terdapat dua sistem bahasa isyarat yang digunakan yaitu Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). SIBI merupakan bahasa isyarat yang diadopsi dari *American Sign Language* (ASL). SIBI didasarkan pada bahasa Indonesia lisan dan kamus SIBI sudah resmi di Indonesia. BISINDO adalah Bahasa isyarat alami yang berkembang di komunitas tunarungu Indonesia. BISINDO lebih mudah dipelajari dan digunakan, serta lebih sesuai dengan budaya lokal. Gambar 2.2 merupakan perbedaan gerakan abjad SIBI dan BISINDO.

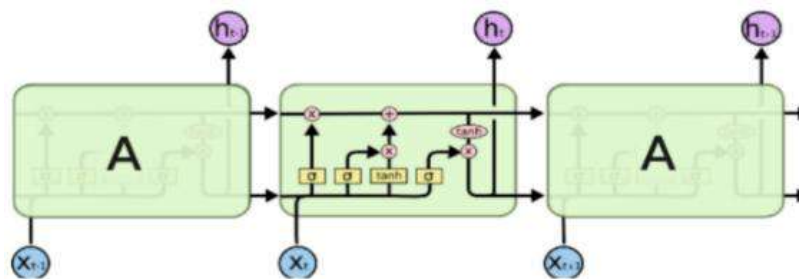


Gambar 2.2 Perbedaan Alfabet Bisindo dan SIBI (Sumber:

<https://berita.99.co/bahasa-isyarat-di-indonesia-contoh-kata>)

2.3 Long Short Term Memory (LSTM)

Long Short Term Memory (LSTM) merupakan sebuah evolusi dari arsitektur *Recurrent Neural Network* (RNN) yang diperkenalkan oleh Horchreiter & Schmidhuber pada tahun 1997. LSTM mempunyai sel memori dan arsitektur yang terdiri dari *input gate*, koneksi berulang, *forget gate*, dan *output gate*. LSTM juga mampu mengingat informasi jangka panjang. Pada *input gate* berfungsi untuk memblokir atau memasukan bagian yang akan diperbaharui. *Output gate* adalah hasil dari lapisan *sigmoid* yang dijalankan untuk menentukan sel mana yang akan menjadi *output* nya. *Forget gate* berfungsi untuk menentukan informasi dari memori sebelumnya yang perlu dipertahankan atau dilupakan (Sintia Amelia dkk., 2023). Arsitektur LSTM secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.3 Arsitektur LSTM (Arief dkk., 2023)

Tahapan-tahapan pada proses penerapan metode LSTM adalah sebagai berikut:

Langkah pertama adalah menentukan informasi yang akan disimpan atau dihapus dalam sel memori dengan menggunakan fungsi *sigmoid* yang disebut sebagai *forget gate* f_t (Arief dkk., 2023)

$$f_t = \sigma(W_f[H_{f-1}, X_t] + b_f) \dots \dots \dots 2.1$$

Keterangan:

f_t = forget gate

σ = fungsi aktivasi *sigmoid*

W_f = bobot *forget gate*

H_{f-1} = nilai *hidden state cell* sebelum

X_t = nilai *input*

b_f = *bias forget gate*

Langkah kedua yaitu memutuskan informasi yang akan disimpan ke *cell state*. *Input gate* mempunyai 2 bagian yaitu bernama *input gate layer* dan *tanh layer*. *Input gate layer* i_t berguna untuk menentukan nilai yang akan diperbarui menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid* dan *tanh layer* $\tilde{C}_t$ berguna untuk membuat satu kandidat dengan nilai baru menggunakan fungsi aktivasi *tanh* (Arief dkk., 2023).

$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, X_t] + b_i) \dots\dots\dots 2.2$$

$$\tilde{C}_t = \text{Tanh}(W_c[h_{t-1}, X_t] + b_c) \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

i_t = *input gate*

W_i = *bobot input gate*

b_i = *bias input gate*

$\tilde{C}_t$ = *candidate gate*

Tanh = *fungsi aktifasi tanh*

W_c = *bobot candidate gate*

b_c = *bias candidate gate*

Langkah berikutnya memperbarui *cell state* yang lama menjadi *cell state* baru. Pembaruan *cell state* terjadi dengan cara mengalikan Persamaan 2.1 dengan *cell state* sebelumnya kemudian ditambahkan dengan langkah kedua yaitu Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3 (Arief dkk., 2023).

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tilde{C}_t \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

$C_t = \text{cell gate}$

$i_t = \text{input gate}$

$\tilde{C}_t = \text{candidate gate}$

$f_t = \text{forget gate}$

$C_{t-1} = \text{nilai cell state sebelum}$

Langkah terakhir adalah menentukan hasil *output*. Pertama, lapisan *sigmoid* menentukan bagian dari *cell state* yang akan menjadi keluaran. Kedua, keluaran dari *cell state* dimasukkan ke dalam *tanh layer* dan dikalikan dengan keluaran dari lapisan *sigmoid* (Arief dkk., 2023).

$$o_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, X_t] + b_o) \dots\dots\dots 2.5$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan:

$o_t = \text{output gate}$

$W_o = \text{bobot output gate}$

$b_o = \text{bias output gate}$

$h_t = \text{hidden state}$

$C_t = \text{cell gate}$

Salah satu varian dari LSTM adalah *Bidirectional LSTM* (BiLSTM), yang memproses *input* dalam dua arah, yaitu maju (*forward*) dan mundur (*backward*). Lapisan ini memungkinkan model untuk menangkap informasi dari kedua arah dalam suatu *sequence*, sehingga dapat memahami hubungan temporal baik dari masa lalu maupun masa mendatang. Hasil keluaran dari kedua arah ini kemudian digabungkan untuk menghasilkan representasi yang lebih kaya, sehingga meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola pada setiap urutan *input*.

2.4 *Black-box Testing*

Uji fungsional berbasis *Black-Box* bertujuan untuk memverifikasi kesesuaian antara fungsionalitas fitur-fitur dengan spesifikasi yang telah ditentukan, dengan cara memberikan masukan (*input*) dan mengamati keluaran (*output*) yang dihasilkan. Pengujian ini biasanya dilakukan untuk menguji fungsionalitas pada *website* (Putra dkk., 2020). Pada pengujian *Black-Box*, para penguji berperan sebagai pengguna yang menjalankan aplikasi. Pengujian ini difokuskan pada verifikasi fungsionalitas aplikasi berdasarkan masukan dan keluaran yang dihasilkan, tanpa perlu memahami atau memodifikasi kode program perangkat lunak (Septa Kristara dkk., 2021).

Analisis perhitungan *Black Box Testing* dapat dilihat pada Persamaan 2.7.

$$\text{Akurasi keberhasilan fitur} = \frac{\text{Jumlah skenario valid}}{\text{Jumlah skenario}} \times 100\% \dots \dots \dots 2.7$$

2.5 *User Acceptance Testing (UAT)*

User Acceptance Testing (UAT) merupakan metodologi pengujian yang berfokus pada validasi kesesuaian sistem atau aplikasi dengan kebutuhan dan ekspektasi pengguna akhir, dengan tujuan menentukan apakah sistem atau aplikasi tersebut dapat diterima atau ditolak (Fitriastuti dkk., 2024). Hasil dari pengujian *User Acceptance Testing (UAT)* dapat menjadi bukti bahwa sistem dapat membantu pengguna atau tidak.

Perhitungan hasil akhir pengujian *User Acceptance Testing* menggunakan Skala Likert. Skala likert merupakan salah satu metode perhitungan terhadap penilaian, sikap, pendapat dan persepsi seseorang dalam sebuah variabel penelitian. Pengujian dilakukan dengan menyediakan kuesioner dengan jawaban yang memiliki skala dari yang terendah sampai tertinggi. Berikut adalah Skala Likert yang digunakan dalam UAT tertera pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Skala Libert

Skala	Keterangan	Skor
SS	Sangat Sesuai	5
S	Sesuai	4
N	Netral	3
TS	Tidak Sesuai	2
STS	Sangat Tidak Sesuai	1

Sumber: Fitriastuti dkk., 2024

Kuisisioner yang telah diisi oleh responden, kemudian dihitung hasil rata rata dengan Persamaan 2.8.

$$\bar{X} = \frac{\sum f_i x_i}{N} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = Rata-rata skor

f_i = Jumlah responden pada kategori tertentu

x_i = Nilai Skala Likert

N = Jumlah total responden

Kemudian hasil rata-rata dihitung kembali dengan menggunakan Persamaan 2.9 untuk mendapatkan nilai persentase. Hasil tersebut akan diinterpretasikan berdasarkan kriteria penilaian yang tercantum pada Tabel 2.2.

$$Persentase = \frac{\sum \bar{X}}{N} \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = Skor nilai tiap pertanyaan

N = Jumlah total pertanyaan

Tabel 2.2 Interpretasi penerimaan pengguna

Hasil	Interval
Sangat Tidak Setuju	0% – 20%
Tidak Setuju	21% – 40%
Kurang Setuju	41% - 60%
Setuju	61% - 80%
Sangat Setuju	81% - 100%

Sumber: (Priyatna dkk., 2020)

2.6 *Flowchart*

Flowchart adalah diagram yang digunakan untuk menjelaskan langkah-langkah dan keputusan dalam suatu proses. Setiap langkah diwakili oleh diagram dan terhubung dengan garis atau arah panah. Bagan alur ini berguna untuk menjelaskan proses, metode, atau alur yang digunakan dalam suatu sistem, proses, atau algoritma. Diagram ini mempermudah pemahaman tentang proses yang kompleks dan membantu dalam pengembangan, pengujian, dan pemeliharaan sistem.

Flowchart juga berguna untuk menjelaskan langkah-langkah yang diperlukan dalam suatu proses. Setiap langkah diwakili oleh simbol yang berbeda, seperti simbol untuk mulai proses, langkah, keputusan, dan akhir proses. Diagram ini membantu dalam mengidentifikasi langkah-langkah yang diperlukan dalam suatu proses dan mempermudah dalam mengikuti alur yang diperlukan.

Simbol dalam *flowchart* memiliki arti yang berbeda-beda. Gambar 2.3 menunjukkan simbol-simbol yang sering digunakan dalam proses pembuatan *flowchart*:

	Flow Simbol yang digunakan untuk menggabungkan antara simbol yang satu dengan simbol yang lain. Simbol ini disebut juga dengan Connecting Line.		Input/output Simbol yang menyatakan proses input atau output tanpa tergantung peralatan.
	On-Page Reference Simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses dalam lembar kerja yang sama.		Manual Operation Simbol yang menyatakan suatu proses yang tidak dilakukan oleh komputer.
	Off-Page Reference Simbol untuk keluar - masuk atau penyambungan proses dalam lembar kerja yang berbeda.		Document Simbol yang menyatakan bahwa input berasal dari dokumen dalam bentuk fisik, atau output yang perlu dicetak.
	Terminator Simbol yang menyatakan awal atau akhir suatu program.		Predefine Proses Simbol untuk pelaksanaan suatu bagian (sub-program) atau prosedur.
	Process Simbol yang menyatakan suatu proses yang dilakukan komputer.		Display Simbol yang menyatakan peralatan output yang digunakan.
	Decision Simbol yang menunjukan kondisi tertentu yang akan menghasilkan dua kemungkinan jawaban, yaitu ya dan tidak.		Preparation Simbol yang menyatakan penyediaan tempat penyimpanan suatu pengolahan untuk memberikan nilai awal.

Gambar 2.4 Simbol *Flowchart* (Sumber:

<https://bee.telkomuniversity.ac.id/pengertian-flowchart-fungsi-jenis-simbol-dan-contohnya/>)

2.7 *Python*

Python dibuat dan dikembangkan oleh Guido Van Rossum, yaitu seorang *programmer* yang berasal dari Belanda. Pembuatannya berlangsung di kota Amsterdam, Belanda pada tahun 1990. *Python* adalah salah satu bahasa pemrograman yang dapat melakukan eksekusi sejumlah instruksi multi fungsi secara langsung (*interpretatif*) dengan metode orientasi objek (*Object Oriented Programming*) contohnya yaitu dapat digunakan untuk *Machine Learning* dan *Deep Learning*. (Riziq sirfatullah Alfarizi dkk., 2023).

Python sangat mudah dipahami meski oleh orang awam karena penulisannya hampir mendekati penggunaan bahasa sehari-hari (Tribethran dkk., 2021). Kode-kode yang ada didalamnya mudah dibaca dan dapat menjalankan banyak fungsi kompleks dengan mudah karena banyaknya *standard library*. Pengembangan program pada *Python* pun dapat dilakukan dengan cepat dan menggunakan lebih sedikit kode. Bahkan *Python* mampu menjadikan program dengan skala sangat rumit menjadi mudah.

2.8 MediaPipe

MediaPipe adalah kerangka kerja sumber terbuka lintas *platform* yang disediakan oleh Google untuk membangun alur pemrosesan data persepsi dari berbagai modalitas seperti video dan audio. *MediaPipe* menawarkan berbagai solusi pemrosesan, termasuk estimasi postur tubuh dan pengenalan wajah (Km & Nr, 2022).

Salah satu yang dapat dilakukan oleh kerangka kerja *MediaPipe* yaitu *MediaPipe Hand Landmark* yang memiliki tugas untuk mendeteksi *landmark* tangan dan menemukan titik-titik kunci tangan. Tugas tersebut beroperasi pada data gambar dengan model pembelajaran mesin (*Machine Learning*) sebagai data statis atau aliran berkelanjutan dan mengeluarkan penanda tangan dalam koordinat gambar, penanda tangan dalam koordinat dunia, dan penggunaan tangan (tangan kiri atau kanan) dari beberapa tangan yang terdeteksi. Gambar 2.4 menunjukkan ilustrasi koordinat tangan yang dihasilkan oleh *Mediapipe*.



Gambar 2.5 Koordinat *Hand Landmark* (Sumber:

https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/hand_landmarker)

2.9 React JS

React adalah *library JavaScript* yang digunakan untuk membangun *user interface* yang *interaktif* berbasis *component*, dimana antarmuka pengguna dipecah menjadi blok-blok kecil yang dapat digunakan kembali dan dikelola dengan mudah. *Library* ini telah menjadi salah satu alat yang populer untuk pengembangan *front-end web*.

Beberapa manfaat dari penggunaan *React JS* yaitu:

- a. Mudah Digunakan
- b. Mendukung *component* yang *reuseble*.
- c. Performa tinggi
- d. *SEO Friendly*

2.10 *PostgreSQL*

PostgreSQL adalah sistem manajemen basis data relasional yang bersifat *open-source*, yang telah diakui secara luas karena kemampuannya dalam menangani data yang kompleks dan beragam. Dengan lebih dari 35 tahun pengembangan aktif, *PostgreSQL* menawarkan fitur-fitur canggih seperti dukungan untuk transaksi ACID, replikasi, dan pemrosesan data dalam format JSON. Keandalan dan kinerja tinggi dari *PostgreSQL* menjadikannya pilihan utama bagi banyak organisasi dalam pengelolaan data skala besar. Selain itu, *PostgreSQL* juga dikenal karena kemampuannya dalam mendukung berbagai jenis indeks dan optimasi *query*, yang memungkinkan pengguna untuk meningkatkan efisiensi dalam pengambilan data. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa *PostgreSQL* terus berinovasi dengan menambahkan fitur-fitur baru yang mendukung keamanan dan skalabilitas, menjadikannya salah satu sistem basis data terdepan di dunia.

2.11 *Deno*

Deno adalah *runtime JavaScript* dan *TypeScript* yang *modern*, yang dirancang dengan fokus pada keamanan dan kemudahan penggunaan. Dikenalkan oleh Ryan Dahl, pencipta *Node JS*. *Deno* menawarkan lingkungan eksekusi yang lebih aman dengan model izin yang ketat, yang membatasi akses ke file sistem dan jaringan. *Deno* juga mendukung modul ES dan memiliki manajemen paket yang lebih sederhana dibandingkan dengan *Node JS*. Penelitian terkini menunjukkan bahwa *Deno* semakin populer di kalangan pengembang, berkat kemampuannya untuk menyederhanakan proses pengembangan sambil tetap menjaga standar keamanan yang tinggi.

2.12 *State Of The Art*

Dalam penelitian ini, diperlukan pencarian literatur yang relevan terkait dengan sistem pengenalan bahasa isyarat. Selain itu, referensi yang tepat akan memberikan manfaat untuk tetap menjaga dan meningkatkan hasil yang lebih maksimal dari penelitian sebelumnya. Tabel 2.3 menyajikan beberapa penelitian yang relevan dengan topik sistem pengenalan bahasa isyarat.

Tabel 2.3 *State Of The Art*

Peneliti	Judul	Tahun	Metode	Hasil
Nasha Hikmatia A.E, Muhammad Ihsan Zul	Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia menjadi Suara berbasis Android menggunakan Tensorflow	2021	<i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	Akurasi tertinggi yang dapat diperoleh mencapai 54,8% menggunakan 30 gerakan dengan masing masing 240 gambar untuk tiap gerakan.
Mutiara Sholawati, Karina Auliasari, FX. Ariwibisono	Pengembangan Aplikasi Pengenalan Bahasa Isyarat Abjad SIBI Menggunakan Metode <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	2022	<i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	Berdasarkan pengujian menggunakan rumus <i>confusion matrix</i> , diperoleh nilai <i>accuracy</i> , <i>recall</i> , <i>specificity</i> dan <i>sensitivity</i> sebesar 80,76% dengan menggunakan 26 gerakan abjad. Namun terdapat

Peneliti	Judul	Tahun	Metode	Hasil
				kesalahan saat deteksi gerakan abjad J – Z.
Eka Altiarika, Eka Altiarika dan Winda Purnama Sari	Pengembangan Deteksi <i>Realtime</i> untuk Bahasa Isyarat Indonesia dengan Menggunakan Metode <i>Deep Learning Long Short Term Memory</i> dan <i>Convolutional Neural Network</i>	2023	<i>Long Short Term Memory</i> dan <i>Convolutional Neural Network</i>	Hasil model pelatihan, validasi, dan pengujian, CNN+LSTM mendapatkan akurasi mencapai 90% dan menghasilkan keberhasilan sebesar 59.54% saat mendeteksi pergerakan tangan secara realtime .
Siti Nur, Aghisna Nur Assyifa, Habilah Nurjannah	Pengembangan Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Menggunakan Metode <i>Long-Short Term Memory</i>	2024	<i>Long-Short Term Memory</i> (LSTM)	Dengan menggunakan 500 data <i>training</i> , diperoleh tingkat akurasi sebesar 75% dan meningkat sebesar 85% saat menggunakan 1000 data <i>training</i> untuk tiap gerakan abjad.
Achmad Hasyim Nur'azizan, Abdul	Implementasi Deteksi Bahasa Isyarat Tangan Menggunakan	2024	<i>Support Vector Machine</i> (SVM)	Pada penelitian ini didapatkan hasil dari

Peneliti	Judul	Tahun	Metode	Hasil
Riqza Ardiansyah, Rasio Fernandis	OpenCV dan MediaPipe			pengujian secara real time didapatkan akurasi sebesar 98% . Namun penelitian ini hanya menggunakan 4 sampel atau gerakan data dengan 100 data <i>training</i> untuk masing masing sampel data.
Bintang Malindo Eka Putra	Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara <i>Realtime</i> Dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli)	2024	<i>Long Short Term Memory</i> (LSTM)	-

Penelitian Nasha Hikmatia A.E dan Muhammad Ihsan Zul (2021) menggunakan metode CNN dalam menerjemahkan bahasa isyarat menjadi suara berbasis android menggunakan *tensorflow* mendapatkan akurasi tertinggi mencapai **54.8%** menggunakan **30 gerakan isyarat** dengan masing masing gerakan menggunakan 240 gambar sabagai data pengujian.

Penelitian Mutiara Sholawati, Karina Auliasari, dan FX. Ariwibisono (2022) berdasarkan hasil evaluasi menggunakan metode CNN diperoleh hasil akurasi sebesar **80.76%**. Sistem dapat **mengenali SIBI abjad A-H dengan baik**. Namun **masih terdapat kesalahan** dalam mengenali SIBI **abjad B, F, M, N** serta **abjad J**

sampai Z karena bentuk pergerakan sekilas hampir sama dan terdapat gerakan aktif.

Penelitian Eka Altirika dan Winda Purnamasari (2023) bertujuan untuk mengetahui faktor akurasi yang mempengaruhi tingkat akurasi penerapan objek deteksi dan klasifikasi gambar maupun video secara realtime untuk BISINDO dengan menggunakan metode LSTM dan CNN. Penelitian tersebut mendapatkan hasil aplikasi yang dapat mengenali BISINDO dengan **akurasi mencapai 90%**, kehilangan 19%, dan pengujian 80%. Namun, berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian tersebut **saat mendeteksi pergerakan tangan secara *real-time*** menggunakan *webcam* sebagai perangkat yang tertanam hanya menghasilkan keberhasilan sebesar 60% atau lebih tepatnya **59.54%**.

Penelitian Siti Nur, Aghisna Nur Assyifa, dan Habilah Nurjannah (2024) menggunakan metode LSTM dalam membuat aplikasi untuk mengenali BISINDO. Dalam beberapa percobaan pengujian, terdapat perbedaan data yang digunakan. 500 data mendapatkan hasil akurasi sebesar **75%**. Namun, 1000 dan 1500 data hanya **meningkatkan akurasi sebesar 85%**. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah data tiap gerakan bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi peningkatan akurasi.

Penelitian Achmad Hasyim Nur'azizan, Abdul Riqza Ardiansyah, dan Rasio Fernandis (2024) bertujuan untuk melakukan pengenalan Bahasa Isyarat secara *realtime* dengan bantuan *OpenCV* dan *MediaPipe*. Penelitian ini hanya **menggunakan 4 sampel atau gerakan** dengan masing masing 100 data dengan menggunakan metode SVM (*Support Vector Machine*). Pada kumpulan data tersebut mendapatkan akurasi model yang dihasilkan *f1 score* **0.9875**, *recall* 0.9875 dan hasil *precision* 0.9875. Namun, penelitian tersebut tidak membuktikan nilai akurasi tersebut dengan menggunakan banyak variasi gerakan.

Berdasarkan referensi penelitian terdahulu, penelitian ini menggunakan metode *Long Short Term Memory* (LSTM) dalam mengenali abjad pada SIBI untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Hal tersebut dibuktikan berdasarkan penelitian terdahulu yang menjadi referensi penelitian ini bahwa metode LSTM lebih cocok untuk mengenali gerakan yang memiliki banyak variasi daripada metode lain yang

mendapatkan akurasi lebih tinggi yang hanya menggunakan kurang dari 10 gerakan saja. penelitian ini menggunakan *website* sebagai sistem yang akan dibangun dengan menyediakan berbagai fitur seperti pengenalan abjad pada SIBI, kamus abjad pada SIBI, serta kuis terkait abjad SIBI.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian Tugas Akhir yang berjudul Pengenalan Abjad pada SIBI secara *Realtime* dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli) dikerjakan di Gedung Teknologi Informasi Politeknik Negeri Jember.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian Tugas Akhir dilakukan selama 9 bulan pada bulan Juli 2024 sampai dengan Maret 2025 dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan

No	Keterangan	2024						2025		
		Juli	Agt	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Identifikasi Masalah	■								
2	Studi Pustaka	■	■							
3	Pengumpulan Data	■	■							
4	Perancangan Sistem			■	■	■	■			
5	Implementasi Sistem			■	■	■	■			
6	Pengujian Hasil dan Pembahasan							■	■	■
7									■	■

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Pada penelitian ini alat yang digunakan berupa perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut :

a. Perangkat Keras

- 1) Laptop Acer Aspire A314-22, *Proccesor* AMD Ryzen 3200U, Ram 4 GB, SSD 256 GB
- 2) *Webcam External*

b. Perangkat Lunak

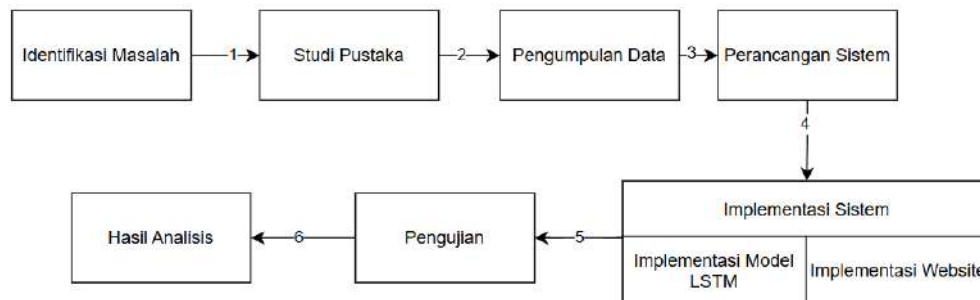
- 1) *Operating System Windows* 11 64-bit
- 2) *Python* 3.10
- 3) *Google Colab*
- 4) *Github*
- 5) *Visual Studio Code*
- 6) *Node JS*
- 7) *Deno*
- 8) *Laragon*

3.2.2 Bahan

Bahan yang diperlukan dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah data sampel (*training* dan *testing*) citra tangan abjad SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) dari A – Z kecuali abjad J dan Z Serta beberapa gerakan yang bukan merupakan termasuk dari abjad SIBI.

3.3 Tahapan Penelitian

Pada bagian ini dijelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Diagram tahapan penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan tahapan penelitian sebagai berikut:

3.3.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap identifikasi masalah, dilakukan observasi di lokasi mitra untuk memahami kendala yang dihadapi dalam proses pengenalan abjad SIBI. Observasi ini berfokus pada metode yang digunakan pengunjung untuk mempelajari abjad SIBI, serta hambatan yang muncul dalam proses pembelajaran. Proses ini membutuhkan waktu sekitar satu bulan untuk mengetahui masalah dan fokus penelitian yang akan dilaksanakan.

3.3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka akan dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai topik penelitian. Dalam tahap ini, berbagai referensi akan dikaji guna mendukung perancangan dan pengembangan sistem yang diusulkan. Adapun referensi yang peneliti pelajari adalah sebagai berikut:

- a. Informasi gerakan abjad SIBI serta gerakan lain.
- b. Penggunaan metode LSTM dalam mengenali gerakan.
- c. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil akurasi.
- d. Penerapan teknologi *real-time* dalam mengenali gerakan pada *website*.

3.3.3 Pengumpulan Data

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data. Proses pengumpulan data melibatkan pencarian data dalam bentuk gerakan abjad SIBI. Pada tahapan ini, peneliti melakukan pengambilan dataset berupa citra Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) untuk digunakan. Jenis *gesture* bahasa isyarat yang digunakan dalam dataset dibedakan menjadi 25 kelas yaitu abjad A-Z kecuali J dan Z serta kelas tidak diketahui untuk mengatasi gerakan yang bukan abjad.

3.3.4 Perancangan Sistem

Perancangan Sistem merupakan salah satu tahapan penting dalam mengembangkan perangkat lunak yang berfokus dalam merancang alur kerja sistem, *flowchart*, arsitektur sistem, database, dan tampilan *design* dari sistem yang akan dikembangkan. Hal tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa sistem sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan.

3.3.5 Implementasi Sistem

Langkah ini dilakukan setelah tahap perancangan sistem selesai. Pada tahapan ini, dibedakan menjadi dua bagian yaitu Implementasi Model LSTM dan Implementasi *Website*.

a. Implementasi Model LSTM

1) Arsitektur Model LSTM

Pengembangan model dilakukan dengan menggunakan metode *Long Short Term Memory* (LSTM) dengan pendekatan *bidirectional*. Pada tahap ini, dilakukan penyesuaian terhadap arsitektur dan lapisan-lapisan model agar sesuai dengan karakteristik data yang digunakan.

2) Pelatihan Data

Hasil dari *file* CSV yang telah didapatkan pada tahapan pengumpulan data akan dilakukan *training* dan pengujian dengan menggunakan *Long Short Term Memory* (LSTM).

3) Konversi Model

Setelah proses pelatihan data selesai, model yang telah diperoleh dikonversi ke dalam format yang sesuai agar dapat digunakan dalam aplikasi berbasis *website*. Model awal yang masih dalam format H5 dari *Tensorflow* dikonversi ke dalam format *Tensorflow.js*. Proses ini memungkinkan model untuk dijalankan langsung di browser tanpa memerlukan lingkungan *server* tambahan.

4) Deteksi Gerakan

Deteksi gerakan pada sistem ini menjelaskan tahapan-tahapan yang memungkinkan model LSTM mengenali gerakan abjad SIBI. Proses ini dimulai dengan pengambilan gambar sebagai *input*, kemudian *MediaPipe* digunakan untuk mengekstraksi fitur gerakan tangan. Selanjutnya, nilai-nilai yang diperoleh dinormalisasi agar sesuai dengan kebutuhan model. Data yang telah diproses kemudian masuk ke model LSTM, dimulai dari *input layer*, melalui beberapa lapisan LSTM, lapisan *Dense*, hingga mencapai *output layer*. Akhirnya, model menghasilkan hasil deteksi yang menunjukkan abjad SIBI yang dikenali beserta tingkat akurasi.

b. Implementasi *Website*

1) Pembuatan API

Pembuatan API dilakukan menggunakan *Deno* dan *Oak* sebagai *framework* utama dalam pengelolaan *request* dan *response*. API dirancang untuk memungkinkan komunikasi antara *frontend* dan *backend* secara efisien. Selain itu, sistem keamanan diterapkan dengan menggunakan *Barrier Token*, sehingga hanya *request* yang memiliki otorisasi yang dapat mengakses data dari database *PostgreSQL* (XATA).

2) Pembuatan *Website*

Website akan dibuat dengan menggunakan *React JS* sebagai *library* untuk membantu memanipulasi *Document Object Model* (DOM) dengan mudah untuk

menciptakan *website* yang interaktif. Serta *Tailwind CSS* sebagai *library* yang membantu untuk melakukan *styling* pada *website* yang akan dibuat.

3.3.6 Pengujian

a. Pengujian Gerakan

Pengujian sistem dilakukan dengan melibatkan mitra yang melakukan gerakan abjad SIBI di depan kamera. Hasil klasifikasi yang ditampilkan kemudian divalidasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan gerakan yang dilakukan. Selain itu, tingkat akurasi yang ditampilkan sistem juga dievaluasi untuk mengukur keberhasilan model dalam mengenali gerakan.

b. Pengujian *Black-Box Testing*

Tahapan *Black-Box Testing* dilakukan oleh mitra yang akan melakukan pengujian terhadap fungsionalitas fitur-fitur yang terdapat pada sistem yang dibuat. Hasil yang diperoleh dari pengujian *Black-Box* berupa tabel validasi, dimana fitur yang berfungsi dengan baik akan diberi tanda “*valid*” sedangkan fitur yang tidak berfungsi akan diberi tanda “*failed*” .

c. Pengujian *User Acceptance Testing*

Tahapan *User Acceptance Testing* dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari *responden*. Data tersebut akan dihitung menggunakan Persamaan 2.8 dan Persamaan 2.9. Lalu hasil dari perhitungan akan diinterpretasikan ke dalam interval sesuai pada Tabel 2.2 untuk menilai tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem yang diuji.

3.3.7 Hasil Analisis

Tahapan hasil analisis merupakan bagian penting karena memberikan analisis terkait dengan efektivitas sistem dalam mengenali abjad SIBI serta tingkat akurasinya berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Bagian ini mencakup evaluasi performa model yang telah dikembangkan,.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Masalah

Berdasarkan observasi di lokasi mitra, ditemukan bahwa pengunjung yang ingin mengenal abjad SIBI hanya dapat mengandalkan satu buku panduan serta bimbingan langsung dari karyawan. Ketika jumlah pengunjung meningkat, karyawan sering kali kewalahan dalam memberikan bimbingan satu per satu. Selain itu, media cetak seperti buku memiliki keterbatasan dalam menunjukkan perbedaan gerakan secara jelas, sehingga peserta sering mengalami kesulitan dalam mengenali setiap abjad dengan benar.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi berbasis teknologi yang mampu mengenali gerakan abjad SIBI secara *real-time*. Dengan sistem yang dapat mengenali gerakan abjad SIBI secara langsung, pengguna dapat memperoleh umpan balik instan terkait keakuratan gerakan yang dilakukan. Hal ini memungkinkan proses pengenalan abjad SIBI menjadi lebih fleksibel dan interaktif tanpa harus bergantung sepenuhnya pada buku atau instruktur.

4.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memahami teknologi dan metode yang relevan dalam pengembangan sistem pengenalan abjad SIBI berbasis teknologi. Beberapa penelitian sebelumnya yang menjadi acuan adalah:

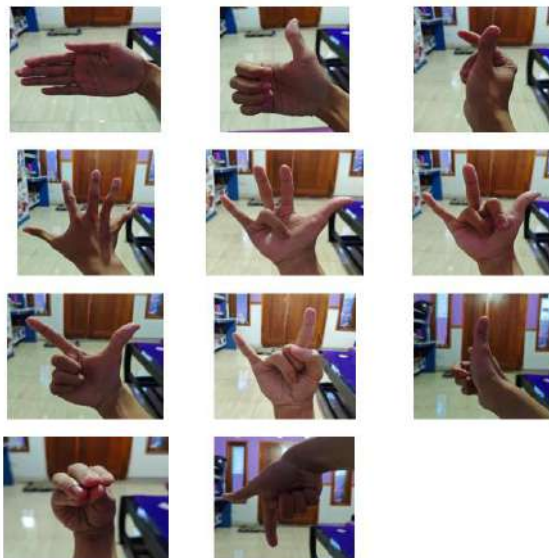
- a. Informasi gerakan abjad SIBI serta gerakan lain.

Dalam kajian ini, informasi mengenai gerakan abjad SIBI diperoleh dari *website* resmi milik Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbud). Berdasarkan referensi tersebut, terdapat 24 abjad yang digunakan dalam sistem, yaitu huruf A – Z kecuali J dan Z. Huruf J dan Z dikecualikan karena memiliki gerakan dinamis, yang berarti memerlukan pergerakan tangan untuk membentuk huruf secara utuh, sehingga lebih kompleks untuk dikenali dalam model berbasis citra statis. Informasi gerakan abjad SIBI dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Informasi Gerakan Abjad SIBI

Selain gerakan abjad, terdapat pula 11 gerakan lain yang bukan merupakan bagian dari abjad SIBI. Gerakan-gerakan ini diperoleh berdasarkan analisis dan pemikiran peneliti terkait kemungkinan gerakan yang dapat terjadi selama pengguna berinteraksi dengan sistem. Oleh karena itu, penelitian ini mempertimbangkan adanya gerakan tambahan yang dapat memengaruhi akurasi sistem dalam mengenali abjad SIBI. Dengan memahami karakteristik gerakan abjad SIBI serta gerakan lain yang mungkin terjadi, sistem dapat dirancang dengan lebih optimal untuk membedakan antara gerakan yang valid dan yang tidak relevan. Beberapa gerakan yang bukan merupakan gerakan abjad SIBI dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Gerakan yang Bukan Merupakan Abjad SIBI

b. Penggunaan metode

Studi pustaka mengkaji berbagai metode yang telah digunakan dalam pengembangan sistem pembelajaran bahasa isyarat, seperti metode pengolahan citra (*image processing*), pengenalan pola (*pattern recognition*), dan *deep learning*. Metode-metode ini diuji dan dibandingkan untuk menentukan mana yang paling efektif dalam mengenali gerakan bahasa isyarat dengan akurasi tinggi. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *Long Short Term Memory* (LSTM) memberikan hasil yang menjanjikan dalam mengenali gerakan dinamis dan statis dari bahasa isyarat. Selain itu beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan metode berbeda lebih menyarankan untuk menggunakan metode *Long Short Term Memory* untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

c. Faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi

Banyaknya gerakan yang akan diklasifikasi sangat mempengaruhi hasil akurasi karena adanya beberapa gerakan yang hampir mirip. Selain itu, banyaknya data untuk setiap dataset yang akan dilakukan *training* juga berpengaruh terhadap hasil akurasi, semakin banyak data pada setiap gerakan akan sangat membantu model dalam mengenali gerakan tersebut sehingga mendapatkan hasil akurasi yang baik.

Selain itu, diperlukan pula pengembangan dataset yang lebih variatif guna meningkatkan kemampuan model dalam mengenali berbagai variasi posisi tangan. Variasi ini mencakup perbedaan sudut pengambilan gambar, posisi tangan yang tidak selalu sejajar dengan kamera, serta kemungkinan adanya sedikit kemiringan atau perubahan orientasi tangan. Dengan demikian, model yang dilatih akan lebih adaptif terhadap kondisi nyata dan mampu mengakomodasi berbagai kemungkinan variasi posisi tangan yang terjadi dalam proses pengenalan abjad SIBI secara *real-time*.

d. Teknologi *real-time*

Untuk mendapatkan hasil yang menarik dan interaktif, dibutuhkan teknologi *real-time* yang tepat agar pengguna dapat langsung berinteraksi secara langsung

dengan sistem. Teknologi ini memungkinkan pengguna melakukan simulasi gerakan tangan secara langsung dan sistem secara otomatis dan cepat memproses serta menampilkan hasilnya secara langsung.

4.3 Pengumpulan Data

4.3.1 Pengumpulan Dataset Abjad SIBI

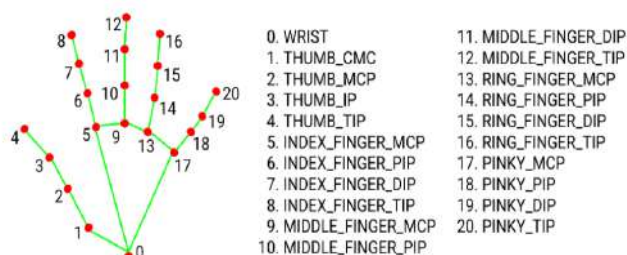
Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui *platform Kaggle*, sebuah komunitas terbuka (*open-source*) bagi praktisi *data science* dan peneliti untuk berbagi dataset, kode, dan model analisis. Dataset ini diunggah oleh pengguna bernama Alvin Bintang pada 3 tahun yang lalu. Dataset ini digunakan karena karakteristik data yang sesuai dan relevan dengan penelitian ini.

Penulis juga melakukan pengumpulan data secara mandiri dengan tujuan memastikan setiap label kelas memiliki variasi data yang memadai, termasuk dalam aspek kemiringan gerakan tangan. Proses pengumpulan data ini dilakukan dengan cara mengambil gambar objek tangan serta menyimpan titik-titik *landmark* ke dalam file CSV sesuai dengan label kelas yang telah ditentukan.

Selain itu, penulis juga melakukan pengumpulan data terhadap data yang bukan merupakan gerakan abjad SIBI. Hal ini bertujuan untuk memastikan sistem hanya dapat mengenali gerakan abjad SIBI. Hasil akhir keseluruhan dataset yang telah dikumpulkan yaitu 10202 data.

4.3.2 Ekstraksi Data

Proses ekstraksi data ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *mediapipe* untuk mendapatkan koordinat dari masing-masing *landmark* tangan seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Hand Landmark*

Hasil dari ekstraksi data ini akan menghasilkan 21 titik koordinat untuk setiap *landmark* tangan atau 42 titik koordinat untuk dua tangan. Setelah mendapatkan masing-masing koordinat dari *landmark* tangan, perlu dilakukan untuk menghitung koordinat *landmark* dari tangan yang terdeteksi pada gambar. Hasil dari perhitungan koordinat yang terdeteksi adalah daftar dua dimensi yang berisi koordinat x dan y dari setiap *landmark* yang terdeteksi.

Selanjutnya hasil tersebut digunakan dalam proses normalisasi nilai untuk setiap koordinat yang didapatkan. Karena apabila tidak dilakukan proses normalisasi, koordinat *landmark* akan sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh posisi tangan relatif terhadap kamera. Hal ini akan menyulitkan proses klasifikasi karena nilai koordinat menjadi tidak konsisten. Oleh karena itu, normalisasi dilakukan dengan dua langkah utama yaitu:

- Seluruh koordinat *landmark* dikurangi dengan nilai koordinat *landmark* pergelangan tangan (*wrist*). Ini bertujuan untuk menjadikan *landmark* pergelangan tangan sebagai titik pusat (*origin*) dari sistem koordinat.
- Seluruh koordinat *landmark* kemudian dibagi dengan nilai koordinat terjauh atau nilai absolut terbesar dari seluruh koordinat. Langkah ini memastikan rentang nilai koordinat berada dalam skala seragam, yaitu antara -1 hingga 1.

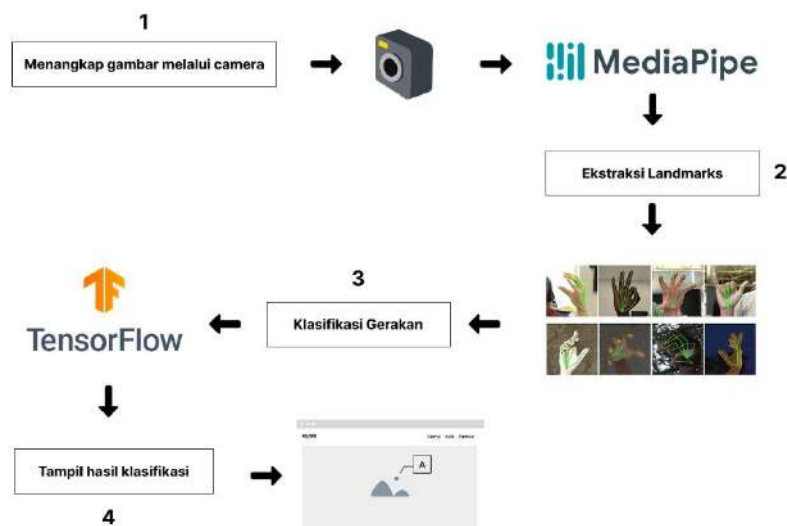
Ilustrasi perbedaan sebelum dan setelah normalisasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Perbedaan Sebelum dan Sesudah Normalisasi

jari dan telapak tangan. Informasi ini menjadi fitur utama yang digunakan dalam proses klasifikasi gerakan.

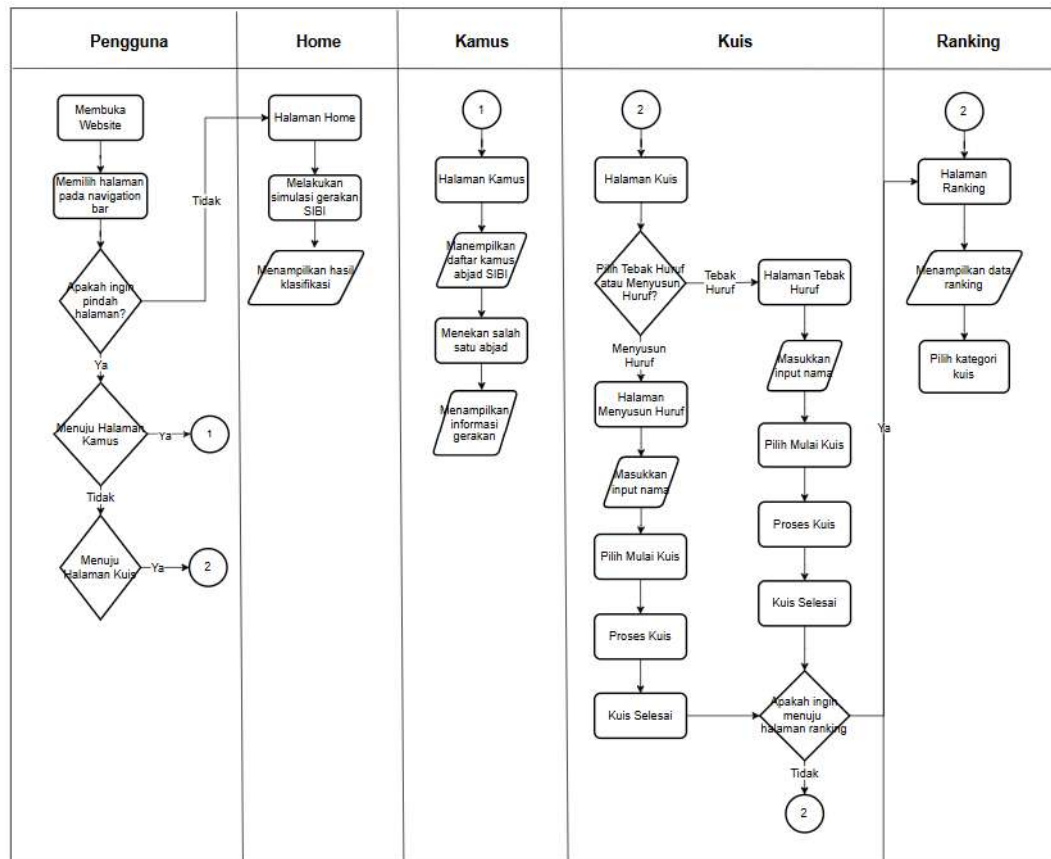
Setelah tahap ekstraksi fitur selesai, sistem melanjutkan proses ke tahap klasifikasi menggunakan model *Long Short Term Memory* (LSTM) yang telah dilatih sebelumnya. Model ini menerima data *landmarks* dari *MediaPipe* dan menganalisis pola pergerakan tangan untuk menentukan huruf yang sesuai dengan gerakan yang dilakukan. Hasil klasifikasi ini kemudian ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk huruf pada antarmuka sistem. Dengan tampilan hasil secara *real-time*, pengguna dapat langsung melihat apakah gerakan yang dilakukan telah dikenali dengan benar oleh sistem. Alur kerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Alur Kerja Sistem

4.4.2 Flowchart

Diagram alir yang menggambarkan keseluruhan sistem dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.7. Diagram tersebut menyajikan representasi visual dari alur kerja sistem.



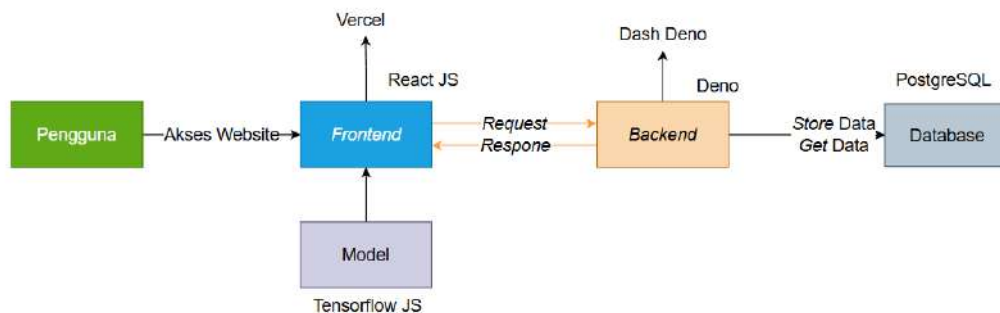
Gambar 4.7 Flowchart Sistem

Alur dimulai dari pengguna yang membuka *website* dan memilih halaman yang tersedia melalui navigasi bar. Terdapat empat halaman utama yang dapat diakses pengguna, yaitu Home, Kamus, Kuis, dan *Ranking*.

4.4.3 Arsitektur Sistem

Dalam penelitian ini, *React JS* digunakan sebagai teknologi *frontend* yang diimplementasikan melalui *Vercel*, sementara *Deno* berperan sebagai *backend* diimplementasikan menggunakan *Dash Deno*. Interaksi antara *frontend* dan *backend* dilakukan melalui mekanisme *request* data, yang dilindungi oleh sistem keamanan API dengan penerapan *barrier key* untuk mengakses database. Selain itu, model *Tensorflow* disematkan langsung pada *frontend* agar sistem mampu mengklasifikasikan gerakan abjad SIBI secara *real-time* dan menampilkan hasilnya

kepada pengguna. Arsitektur sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.8.

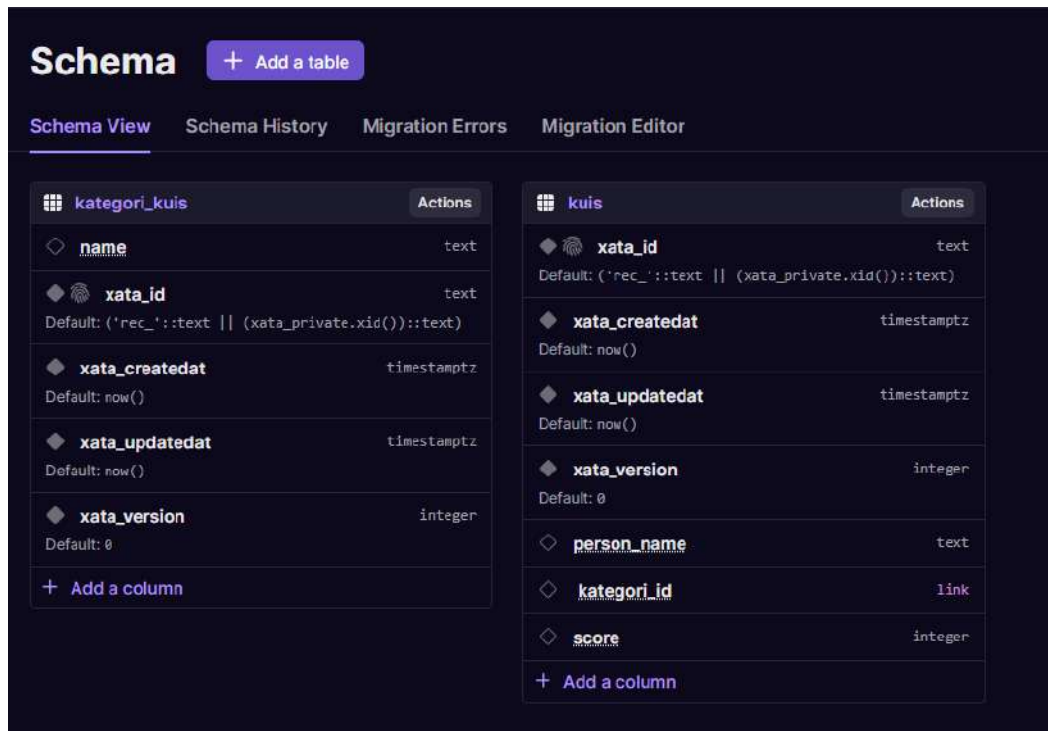


Gambar 4.8 Arsitektur Sistem

Pengguna melakukan akses terhadap *website*, bagian *Frontend* akan menampilkan halaman yang dibuka oleh pengguna. Model dimuat untuk beberapa halaman yang memiliki fitur dalam mengenali gerakan abjad SIBI. Halaman yang membutuhkan informasi yang disimpan dalam database akan melakukan *request* terhadap *Backend* sehingga data dari database dapat diteruskan melalui *Backend* dan dapat diterima oleh *Frontend*.

4.4.4 Perancangan Database

Proses perancangan dan pengelolaan basis data dalam penelitian ini menggunakan *PostgreSQL* sebagai sistem manajemen basis data. Untuk mempermudah pengelolaan dan pengembangan, *platform* Xata digunakan sebagai layanan berbasis *PostgreSQL* yang menyediakan fitur tambahan seperti manajemen data yang lebih fleksibel serta dukungan integrasi yang lebih baik. Database ini dirancang untuk menyimpan dan mengelola riwayat kuis yang telah dilakukan oleh pengguna. Skema database secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



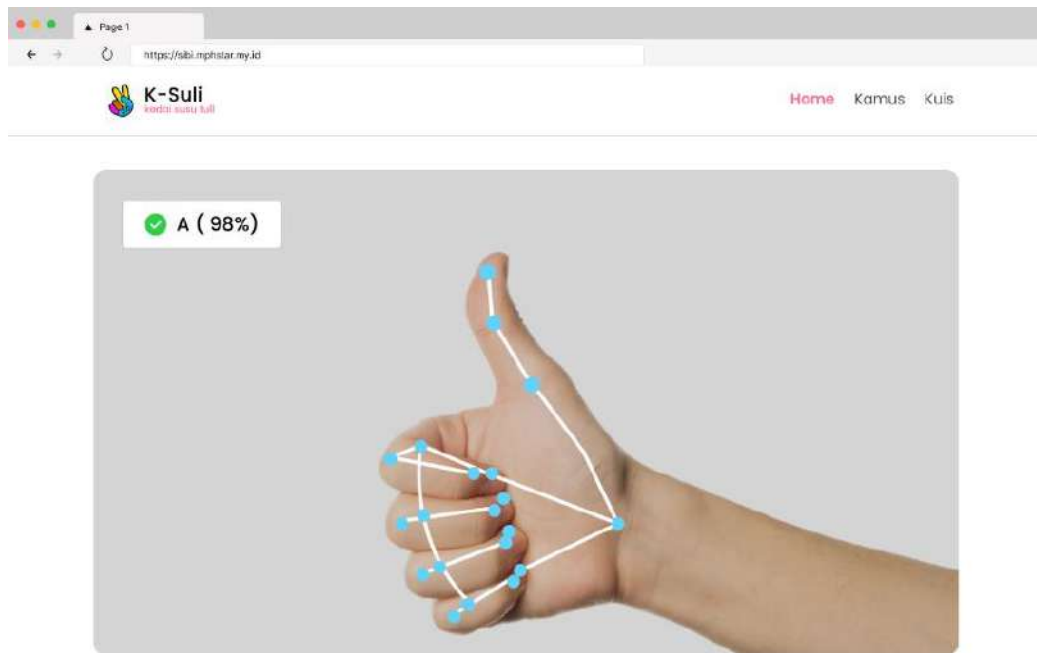
Gambar 4.9 Skema Database

4.4.5 User Interface (UI)

Proses perancangan antarmuka pengguna dalam penelitian ini dilakukan menggunakan Figma, yang dipilih karena kemudahannya dalam pembuatan prototipe interaktif serta fleksibilitas dalam mendesain tampilan yang responsif dan sesuai dengan kebutuhan sistem. Sistem ini terdiri dari 4 fitur sebagai berikut :

a. Home

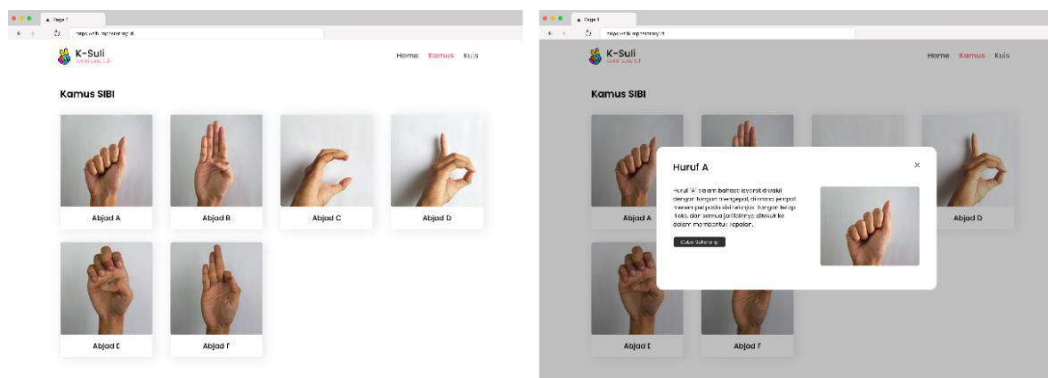
Halaman ini digunakan pengguna untuk melakukan simulasi gerakan abjad SIBI secara langsung. Pengguna hanya perlu melakukan gerakan tangan pada kamera untuk mendapatkan hasil klasifikasi. Gambar 4.10 menampilkan tampilan antarmuka halaman *home*.



Gambar 4.10 Rancangan *User Interface* Halaman *Home*

b. Kamus

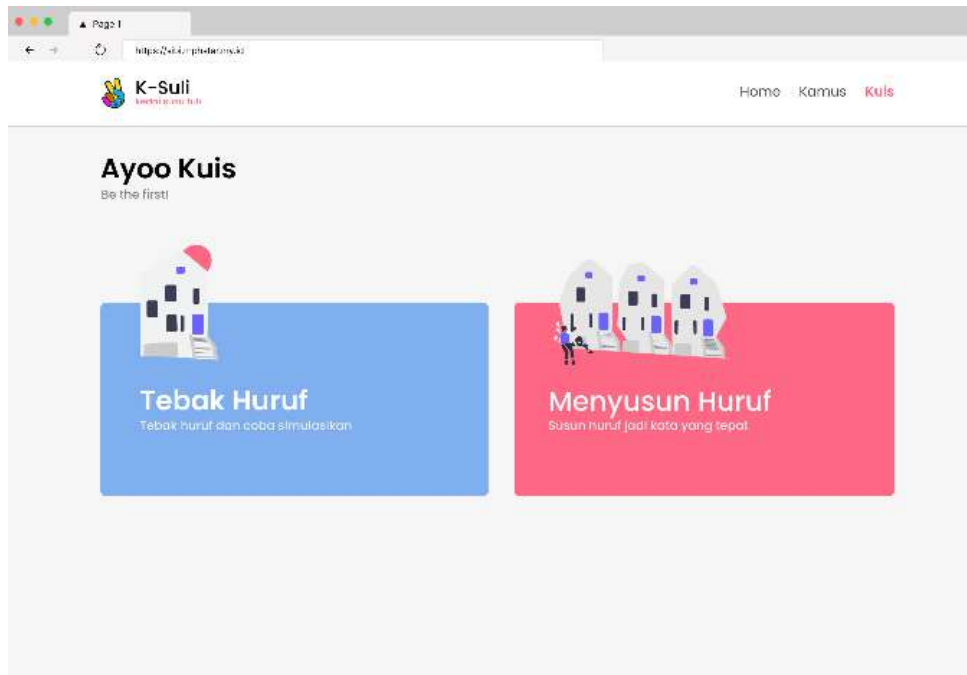
Halaman ini menampilkan daftar kamus gerakan abjad SIBI beserta dengan informasi keterangannya. Pengguna dapat melihat deskripsi gerakan SIBI dengan cara menekan pada salah satu abjad yang ingin diketahui. Gambar 4.11 merupakan tampilan antarmuka halaman kamus.



Gambar 4.11 Rancangan *User Interface* Halaman *Kamus*

c. Kuis

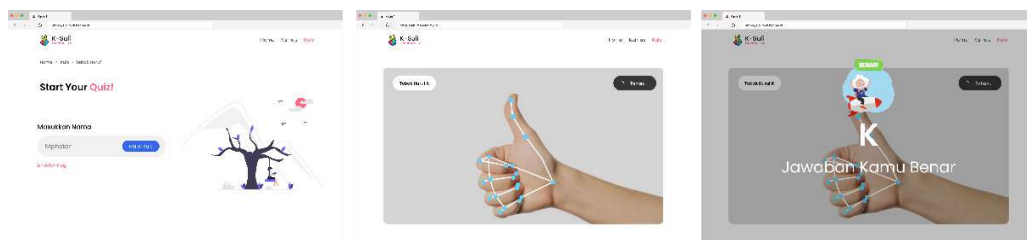
Terdapat dua pilihan kuis yaitu Tebak Huruf dan Menyusun Huruf. Gambar 4.12 merupakan tampilan antarmuka halaman kuis.



Gambar 4.12 Rancangan *User Interface* Halaman Kuis

1) Tebak Huruf

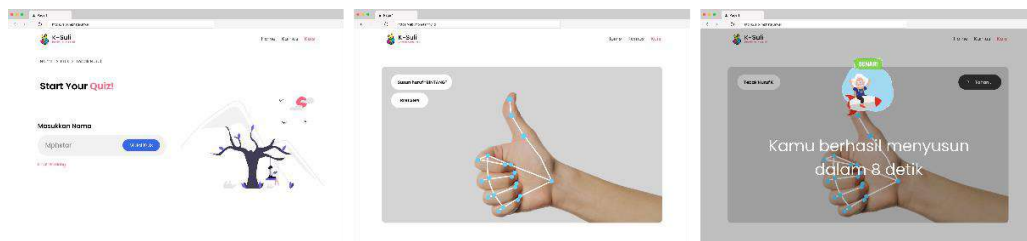
Halaman ini menyediakan kuis berupa tebak huruf yang dapat diakses untuk melatih pengetahuan terkait dengan gerakan abjad SIBI. Pengguna menebak gerakan abjad SIBI sesuai dengan soal yang telah diberikan. Setelah itu, sistem akan memberikan hasil terhadap gerakan yang dilakukan. Jawaban yang benar akan dinilai 10 untuk setiap soal. Gambar 4.13 merupakan tampilan halaman antarmuka pada halaman kuis tebak huruf.



Gambar 4.13 Rancangan *User Interface* Halaman Kuis Tebak Huruf

2) Kuis Menyusun Huruf

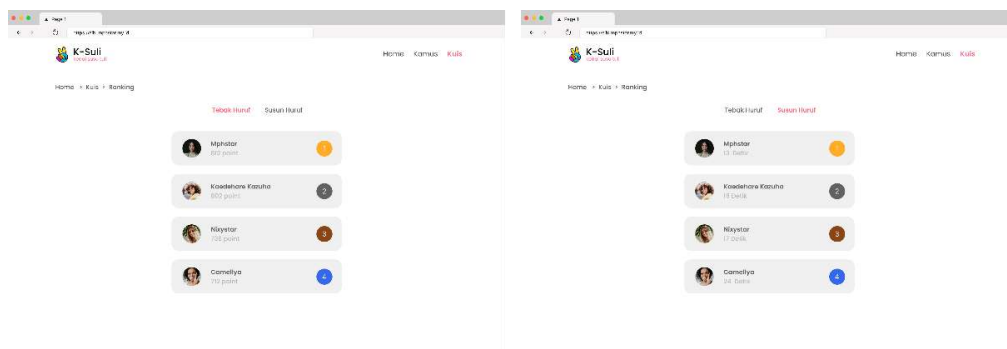
Halaman ini menyediakan kuis berupa dalam menyusun huruf hingga menjadi sebuah kata. Halaman ini digunakan untuk melatih kecepatan dalam melakukan gerakan abjad SIBI. Pengguna melakukan gerakan abjad SIBI pada kamera sesuai dengan kata yang tampil pada soal. Setelah kata tersusun, sistem akan mencatat waktu yang telah berjalan untuk setiap soal. Poin didapatkan berdasarkan durasi waktu yang digunakan dalam menyelesaikan setiap soal, semakin cepat waktu yang dikerjakan maka semakin baik hasil yang didapatkan. Gambar 4.14 merupakan tampilan antarmuka halaman kuis menyusun huruf.



Gambar 4.14 Rancangan *User Interface* Halaman Kuis Menyusun Huruf

d. Ranking

Halaman ini menampilkan daftar peringkat pada kuis tebak huruf dan menyusun huruf. Peringkat pada kuis tebak huruf diurutkan berdasarkan poin tertinggi, sedangkan kuis menyusun huruf diurutkan berdasarkan durasi waktu tercepat. Gambar 4.15 merupakan tampilan antarmuka halaman *ranking*.



Gambar 4.15 Rancangan *User Interface* Halaman *Ranking*

4.5 Implementasi Sistem

4.5.1 Implementasi Model LSTM

a. Arsitektur Model LSTM

Model yang dikembangkan menggunakan metode *Long Short Term Memory* (LSTM) dengan pendekatan *bidirectional* untuk menangkap pola data secara lebih efektif. Model ini terdiri dari beberapa lapisan utama, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Lapisan Utama pada Pelatihan Model

Lapisan	Keterangan
<i>Reshape Layer</i>	Digunakan untuk mengubah dimensi <i>input</i> menjadi bentuk yang sesuai dengan model LSTM, yaitu (21,2).
Tiga lapisan <i>Bidirectional LSTM</i>	Lapisan ini memungkinkan model memahami dependensi jangka panjang dalam data secara lebih optimal.
<i>Dropout Layer</i>	Digunakan setelah lapisan LSTM dan lapisan dense untuk mengurangi kemungkinan <i>overfitting</i> .
<i>Dense Layer</i>	Untuk meningkatkan stabilitas dan efektivitas dalam pelatihan model.
<i>Output Layer</i>	Menggunakan aktivasi <i>softmax</i> dengan jumlah unit yang sesuai dengan jumlah kelas yang akan diprediksi.

b. Pelatihan Data

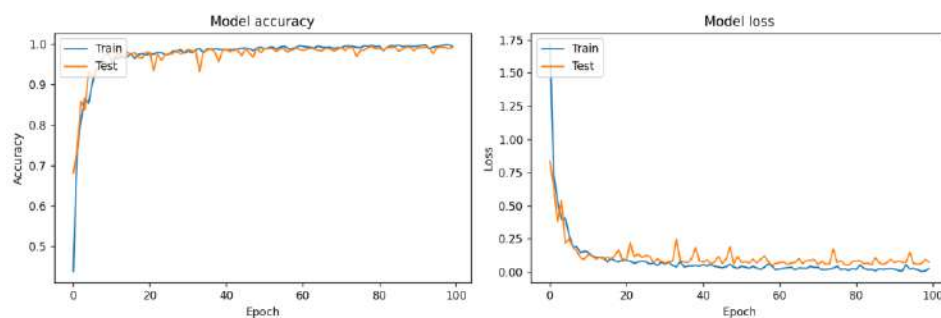
1) *Splitting* Data

Dalam penelitian ini, *splitting* data dilakukan dengan rasio 80:20, di mana 80% data digunakan untuk pelatihan model dan 20% untuk pengujian. Pembagian ini dilakukan secara acak dengan mempertahankan proporsi distribusi kelas pada dataset. Implementasi *splitting* data dilakukan menggunakan *library Scikit-Learn* pada *Python*, yang memungkinkan pembagian dataset secara efisien. Dengan menerapkan *splitting* data, hasil penelitian menjadi lebih *valid* dan reliabel, karena model diuji pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

2) Training Data

Selanjutnya, model akan dikompilasi menggunakan *optimizer* AdamW, yang memiliki keunggulan dalam mengatur pembaruan bobot dengan *weight decay* agar model dapat beradaptasi dengan lebih baik. Fungsi *loss* yang digunakan adalah *sparse categorical crossentropy*, yang cocok untuk kasus klasifikasi dengan label berbentuk *integer*.

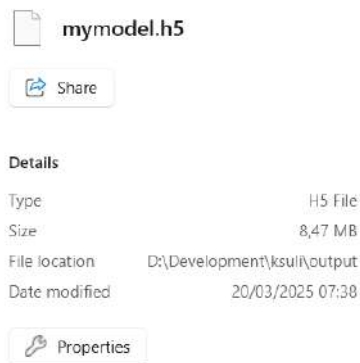
Setelah proses pelatihan selesai, model dievaluasi dengan melihat grafik Model Accuracy dan Model Loss seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Hasil Evaluasi Model

Model yang dikembangkan menunjukkan performa yang baik dengan akurasi *training* mencapai 0.9972 dan akurasi *testing* 0.9907. Grafik model akurasi menunjukkan peningkatan akurasi yang stabil pada kedua data, dengan selisih yang kecil, menandakan kemampuan model dalam mengenali pola tanpa *overfitting*. Pada grafik Model Loss, nilai *loss training* menurun hingga 0.011, sementara *loss testing* mencapai 0.075. Perbedaan kecil antara akurasi dan *loss* pada data *training* serta *testing* menunjukkan bahwa model dapat mengenali pola dengan baik tanpa kehilangan kemampuan dalam memprediksi data baru.

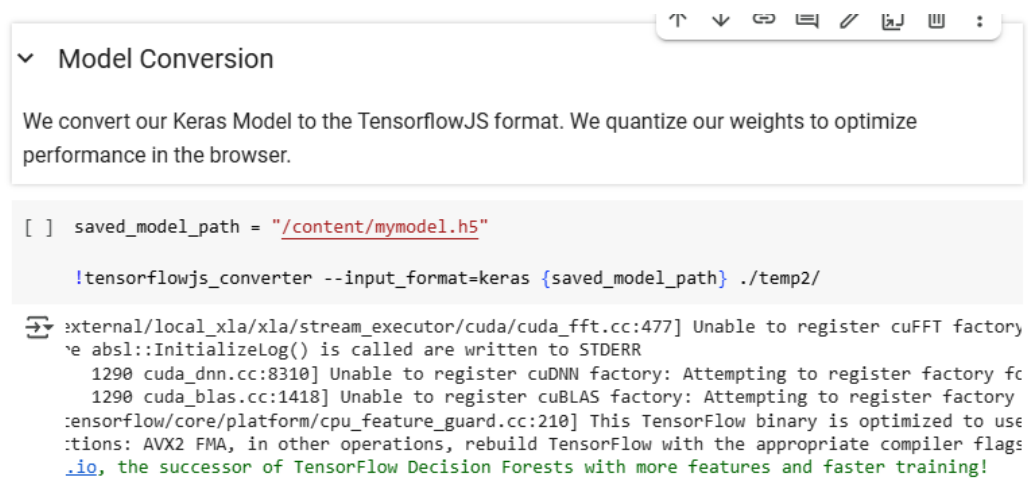
Model yang telah dilatih akan disimpan agar dapat digunakan kembali tanpa perlu melakukan pelatihan ulang. Hasil model yang telah dilatih dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Hasil Model yang Telah Dilatih

b. Konversi Model

Proses konversi model *machine learning* ke format yang kompatibel dengan web dilakukan dengan memanfaatkan *library* khusus pada *Python* yang bernama *TensorFlow.js Converter*. *Library* ini merupakan alat yang sangat penting dalam ekosistem *TensorFlow*, karena memungkinkan pengembang untuk mengubah model yang telah dilatih menggunakan *TensorFlow* atau *Keras* ke dalam format yang dapat dijalankan di lingkungan web melalui *TensorFlow.js*. Dengan demikian, model yang sebelumnya hanya bisa dijalankan di server atau lingkungan lokal dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi web, memungkinkan melakukan proses secara langsung di sisi klien (*client-side*). Proses konversi model dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Proses Konversi Model

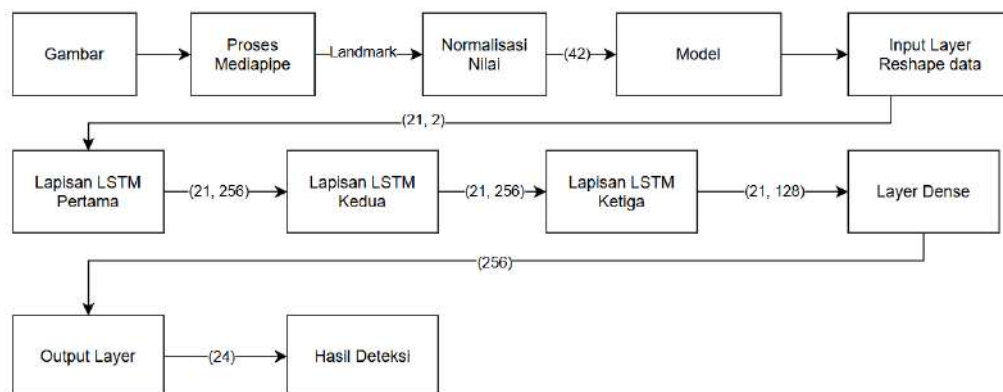
Selanjutnya, model yang telah dikonversi dan disimpan tersebut akan diintegrasikan ke dalam *website* menggunakan *TensorFlow.js*, sebuah *library JavaScript* yang dirancang khusus untuk menjalankan model *machine learning* langsung di browser. Hasil model yang telah dikonversi dapat dilihat pada Gambar 4.19.

Name	Date modified	Type	Size
Today			
 group1-shard1of1.bin	21/03/2025 01:47	BIN File	2.861 KB
 model.json	21/03/2025 01:47	JSON Source File	9 KB

Gambar 4.19 Hasil model yang telah dikonversi

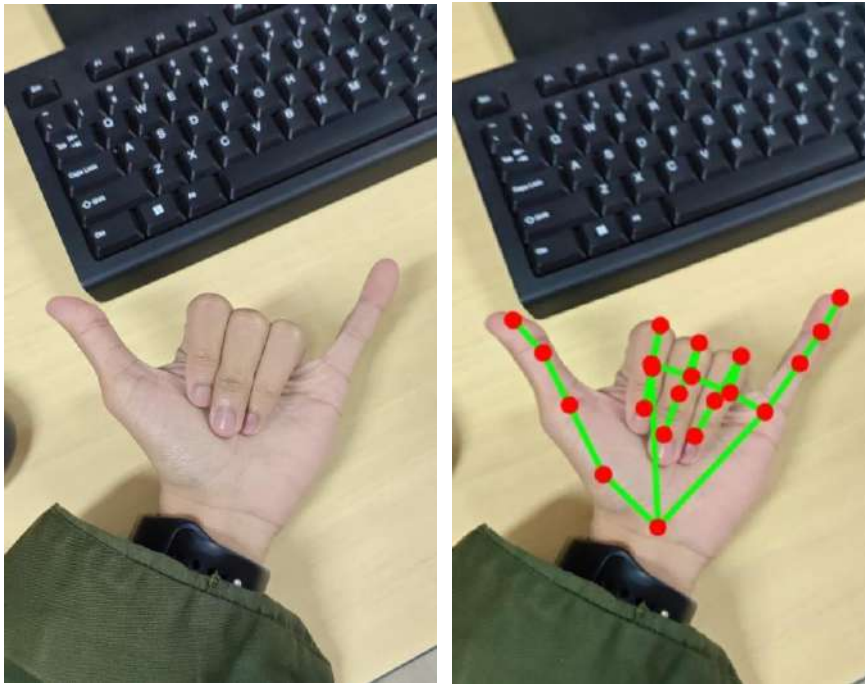
c. Deteksi Gerakan

Dalam mengenali gerakan, model LSTM melalui beberapa tahapan dalam mendapatkan hasil akhir berupa abjad beserta tingkat akurasi. Tahapan model LSTM dalam mengenali gerakan dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Tahapan Model LSTM dalam Mengenali Gerakan

Tahapan pertama, yaitu menyiapkan sebuah gambar yang akan dilakukan proses klasifikasi. Lalu gambar akan diproses dengan menggunakan *MediaPipe*. Proses ini akan menghasilkan 21 titik-titik koordinat pada landmark tangan seperti pada Gambar 4.21. Pada setiap titik-titik, memiliki nilai x, y, dan z seperti pada Gambar 4.22.



Gambar 4.21 Contoh Gambar Setelah Diproses oleh *MediaPipe*

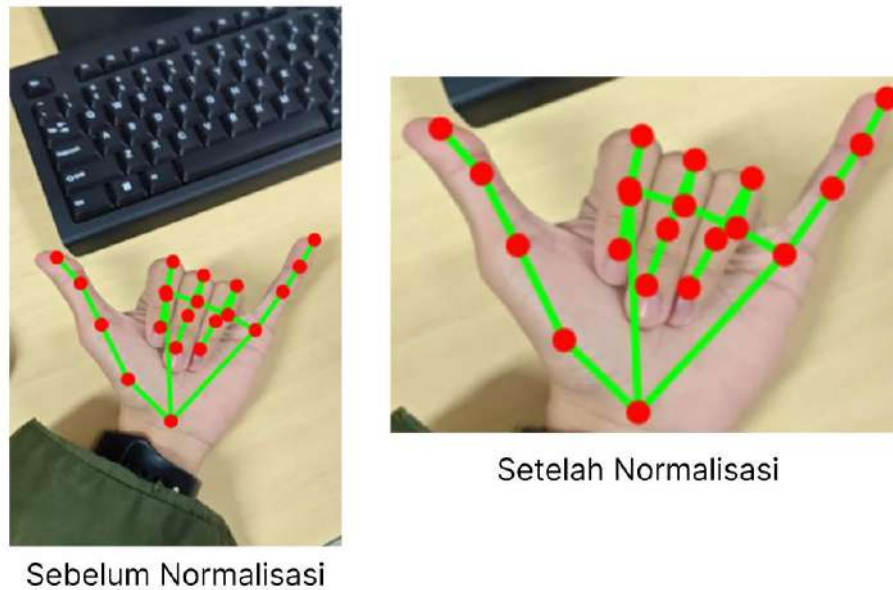
```

json
{
  "landmark": {
    "x": 0.25403955578804016,
    "y": 0.38823622465133667,
    "z": -0.02764490619301796
  }
}

```

Gambar 4.22 Hasil Koordinat pada Satu Titik *Landmark* Tangan

Dari hasil tersebut, dilakukan proses normalisasi nilai agar model dapat mengenali gerakan secara konsisten tanpa dipengaruhi oleh skala ataupun posisi tangan. Ilustrasi nilai normalisasi pada tangan akan menjadi seperti pada Gambar 4.23 dan hasil nilai yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.23 Sebelum dan Sesudah Normalisasi Nilai

```

json
[
  0.0, 0.0,
  0.21341463414634146, -0.18902439024390244,
  0.3170731707317073, -0.5609756097560976,
  0.3231707317073171, -0.823170731707317,
  0.36585365853658536, -1.0,
  "...",
  -0.23780487804878048, -0.39634146341463417
]

```

Gambar 4.24 Hasil *Output* Nilai Normalisasi

Langkah selanjutnya yaitu proses deteksi dengan menggunakan model. Data yang telah dinormalisasi akan melewati beberapa lapisan utama, yaitu *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Pada *input layer*, data awal berbentuk 1 dimensi dengan 42 angka (karena setiap *frame* memiliki 21 titik dengan 2 koordinat). Data ini kemudian diubah menjadi bentuk (21,2) agar model dapat memahami hubungan spasial antar titik tangan sebagai sekuens data. Gambar 4.25 merupakan hasil *reshape* pada data *input*.

```

json
[
  [
    [0.0, 0.0], [0.2599, -0.0734], [0.4802, -0.2260], [0.6328, -0.3446],
    [0.7740, -0.4011], [0.3333, -0.4576], [0.4407, -0.5480], [0.4124, -0.4011],
    [0.3616, -0.2938], [0.2090, -0.4915], [0.3164, -0.5650], [0.2994, -0.3898],
    [0.2542, -0.2542], [0.0734, -0.5141], [0.1525, -0.6102], [0.1864, -0.4407],
    [0.1808, -0.3051], [-0.0678, -0.5254], [-0.1356, -0.7401], [-0.1638, -0.8757],
    [-0.1751, -1.0]
  ]
]

```

Gambar 4.25 Hasil *Reshape* pada Data *Input*

Data ini kemudian melewati tiga lapisan *Bidirectional LSTM*, yang akan mempelajari hubungan spasial dan temporal antar titik-titik koordinat dalam urutan gerakan. Setiap *timestep* dalam LSTM memproses data koordinat tangan (x,y) menggunakan tiga gerbang utama yaitu *Forget Gate*, *Input Gate*, dan *Output Gate*. Proses ini berlangsung di setiap lapisan *Bidirectional LSTM*, memastikan bahwa informasi dari gerakan tangan diproses secara optimal.

Pada lapisan *Bidirectional LSTM* pertama, setiap *timestep* dengan 2 fitur (koordinat x dan y) melewati *Forget Gate*, yang menentukan informasi dari memori sebelumnya yang harus dipertahankan atau dibuang. Jika model mendeteksi bahwa perubahan koordinat tangan tidak signifikan, *forget gate* akan membuangnya agar tidak mengganggu analisis pola. *Input Gate* kemudian mengontrol seberapa besar informasi baru yang ditambahkan ke *cell state* melalui memori kandidat baru yang dihitung menggunakan fungsi *tanh* untuk menangkap variasi dalam gerakan tangan. Akhirnya, *Output Gate* menentukan *hidden state* yang akan diteruskan ke *timestep* berikutnya, memungkinkan model mengenali pola dalam *sequence* secara lebih efektif. Pada lapisan LSTM pertama mendapatkan *output* dalam bentuk (21,256), yang berarti setiap *timestep* (titik tangan) memiliki 256 fitur yang mempresentasikan hubungan spasial dan temporal antar titik dari kedua arah. Hasil *output* pada lapisan LSTM pertama dapat dilihat pada Gambar 4.26.

```

json

[
  [
    [0.0343, 0.0558, -0.0301, ..., -0.0896, 0.0089, -0.0649],
    [0.0656, 0.1248, -0.0440, ..., -0.0966, 0.0043, 0.0032],
    [0.0885, 0.1761, -0.0398, ..., -0.0757, -0.0068, 0.0816],
    ...,
    [0.1068, 0.1033, -0.0319, ..., 0.1537, 0.0043, -0.0784],
    [0.0839, 0.0775, -0.0181, ..., 0.0834, -0.0013, -0.0603],
    [0.0565, 0.0663, -0.0064, ..., 0.0173, -0.0062, -0.0279]
  ]
]

```

Gambar 4.26 Hasil *Output* pada Lapisan LSTM Pertama

Selanjutnya proses melewati lapisan *Bidirectional LSTM* kedua, proses yang sama diulang dengan *input* yang telah diperkuat dari lapisan sebelumnya. Pada tahap ini, model semakin memahami pola gerakan jangka menengah dengan mempertimbangkan hubungan antara *timestep* awal dan akhir dalam *sequence*. Dengan *return_sequences=True*, *hidden state* pada setiap *timestep* tetap dipertahankan untuk diproses lebih lanjut. Pada hasil lapisan LSTM kedua ini mendapatkan *output* dalam bentuk yang sama yaitu (21, 256) dengan informasi yang lebih mendalam. Hasil *output* pada lapisan LSTM kedua dapat dilihat pada Gambar 4.27.

```

json

[
  [
    [-0.0100, 0.0070, 0.0144, ..., -0.0095, 0.1526, -0.0184],
    [-0.0048, -0.0281, -0.0306, ..., -0.0732, 0.2918, -0.0438],
    [0.0064, -0.0793, -0.0790, ..., -0.1890, 0.3207, -0.0250],
    ...,
    [0.0077, 0.4365, 0.1032, ..., 0.0223, -0.1336, 0.1627],
    [-0.0007, 0.4321, 0.0484, ..., 0.0132, -0.0838, 0.1656],
    [-0.0346, 0.3844, 0.0281, ..., 0.0052, 0.0296, 0.0679]
  ]
]

```

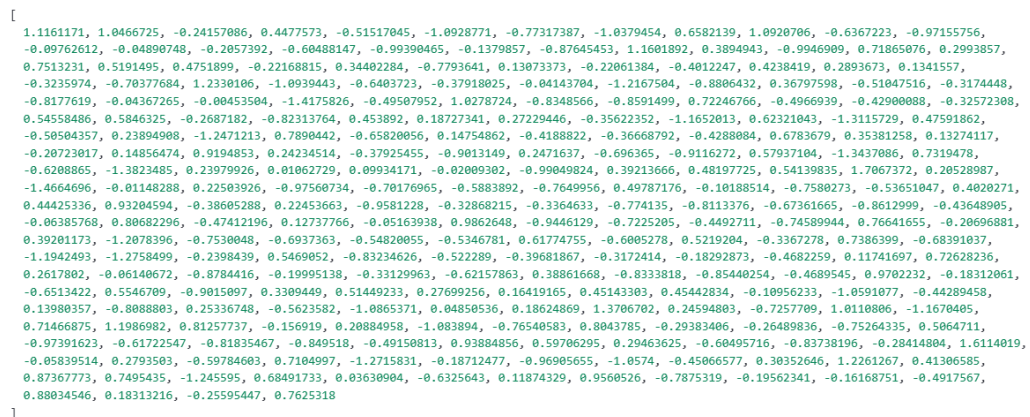
Gambar 4.27 Hasil *Output* Lapisan LSTM Kedua

Pada *Bidirectional LSTM* ketiga, terdapat perbedaan penting karena *return_sequences=False*, yang berarti hanya *hidden state* dari timestep terakhir yang dipertahankan. Dengan 64 unit di masing-masing arah, *output forward* dan *backward* digabungkan menjadi bentuk (128) yang merepresentasikan ringkasan dari seluruh *sequence* gerakan tangan dalam abjad SIBI. Hasil *output* pada lapisan LSTM ketiga dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Hasil *Output* Lapisan LSTM Ketiga

Selanjutnya masuk kedalam lapisan *Dense* dengan 256 unit, yang mengubah fitur dari lapisan LSTM menjadi representasi yang lebih terstruktur. Pada lapisan ini mendapatkan hasil *output* dalam bentuk (256). Hasil *output* pada lapisan *dense* dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Hasil *Output* Lapisan *Dense*

Lalu masuk kedalam lapisan terakhir yaitu *output layer* dengan aktivasi *softmax* menggunakan jumlah unit sesuai dengan jumlah kelas yaitu 24 kelas dari 0 – 24. Aktivasi *softmax* digunakan untuk mengubah *output* menjadi probabilitas untuk setiap kelas. Hasil pada lapisan *output* dapat dilihat pada Gambar 4.30.

```

json

[
  [
    0.0000038818, 0.000000477, 0.0000002109, 0.0000001919,
    0.0000001336, 0.0000000069, 0.0000000259, 0.0000000009,
    0.0000463760, 0.0000000005, 0.0000000743, 0.0000000123,
    0.0000000087, 0.0000007351, 0.0000000028, 0.0000000041,
    0.0000000080, 0.0000000610, 0.0000006008, 0.0000000031,
    0.0000000129, 0.0000000006, 0.0000000028, 0.9999413490,
    0.0000061937
  ]
]

```

Gambar 4.30 Hasil pada *Output Layer*

Hasil probabilitas tertinggi berada pada *index* 23. Kelas tersebut adalah abjad Y, maka didapatkan bahwa gerakan tersebut merupakan abjad Y dengan akurasi sebesar 0.999941.

4.5.2 Implementasi *Website*

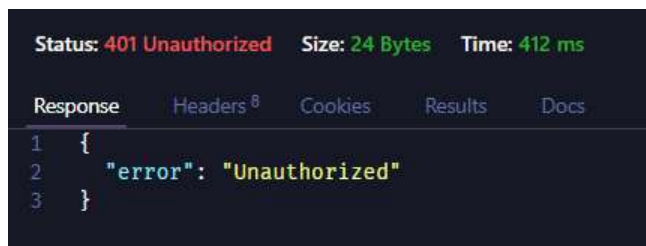
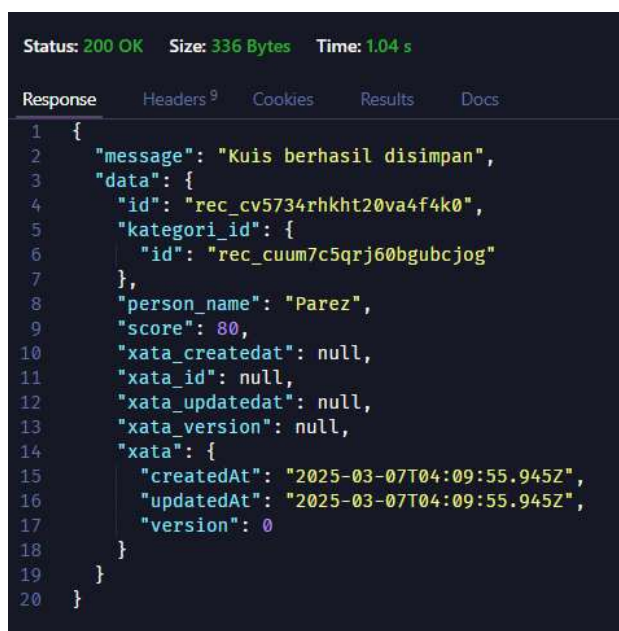
a. Pembuatan API

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan API yang berfungsi sebagai perantara antara *frontend* dan database. API dikembangkan menggunakan Deno dengan *framework* Oak untuk mengelola *request* dan *response* dari aplikasi. Pada Tabel 4.3 menampilkan struktur API terdiri dari beberapa *endpoint* yang dirancang untuk menangani berbagai operasi,

Tabel 4.3 Struktur API

<i>HTTP Method</i>	<i>Endpoint</i>	Deskripsi
GET	<i>/ranking</i>	Mengambil data riwayat kuis
POST	<i>/proses-kuis</i>	Mengirimkan data pengguna setelah menyelesaikan kuis

Untuk menjaga keamanan akses, API menerapkan mekanisme autentikasi dengan *barrier key*. Setiap *request* ke *endpoint* yang membutuhkan otorisasi harus menyertakan token dalam *header*. Token ini akan diverifikasi sebelum *backend* memproses permintaan. Gambar 4.31 merupakan hasil *response* tanpa token, sedangkan Gambar 4.32 merupakan hasil *response* dengan token.

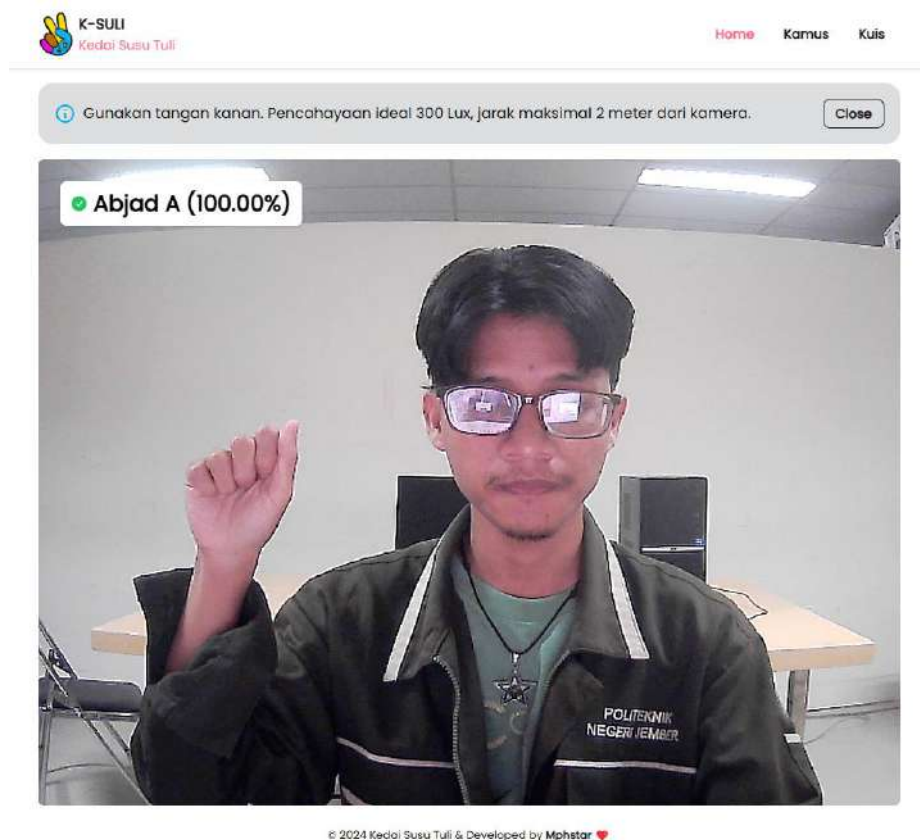
Gambar 4.31 Contoh *Response* tanpa TokenGambar 4.32 Contoh *Response* dengan Token

b. Pembuatan *Website*

Implementasi *website* ini didasarkan pada arsitektur *front-end* yang memanfaatkan *React JS* sebagai *library* utama untuk pengembangan antarmuka pengguna, serta *Tailwind CSS* sebagai *framework* untuk mempermudah proses *styling*. Website ini menyediakan empat menu utama, yaitu Halaman *Home*, Kamus, Kuis, dan *Ranking*.

1) Halaman *Home*

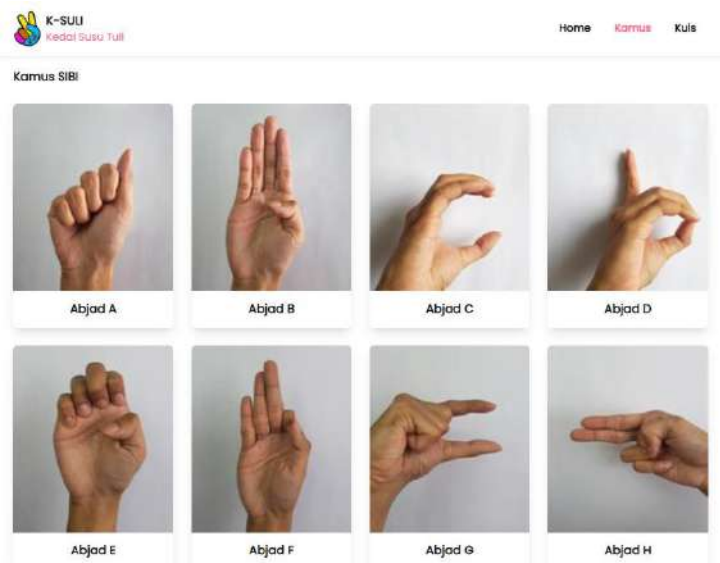
Halaman *home* merupakan pusat dari aplikasi simulasi gerakan abjad SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia). Halaman ini dirancang untuk memungkinkan pengguna melakukan simulasi gerakan abjad SIBI secara *real-time*. Pada halaman ini akan menampilkan video *camera* pengguna dan hasil klasifikasi abjad beserta akurasi. Hasil tampilan halaman *home* dapat dilihat pada Gambar 4.33.



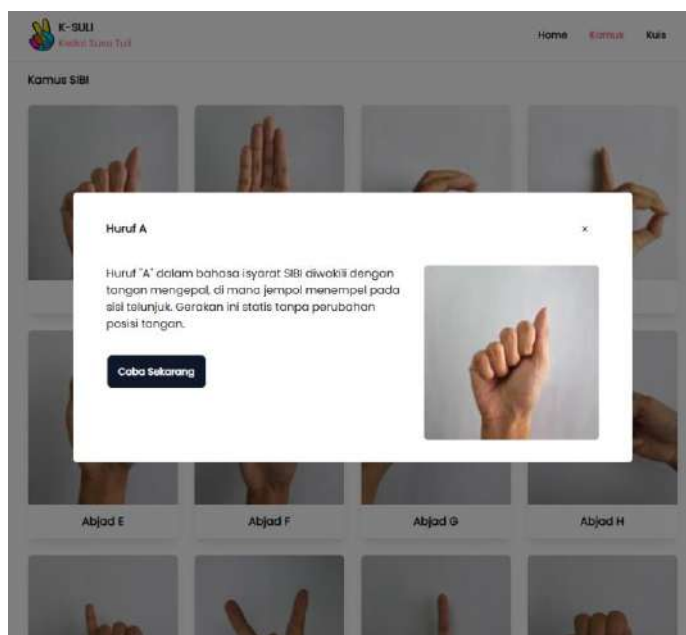
Gambar 4.33 Tampilan Halaman *Home*

2) Halaman Kamus

Halaman kamus berfungsi sebagai sumber referensi lengkap untuk mempelajari gerakan abjad SIBI. Pada halaman ini, pengguna dapat menemukan daftar lengkap abjad SIBI beserta penjelasan detail mengenai gerakan tangan yang sesuai untuk setiap abjad. Hasil tampilan halaman kamus dapat dilihat pada Gambar 4.34 dan Gambar 4.35.



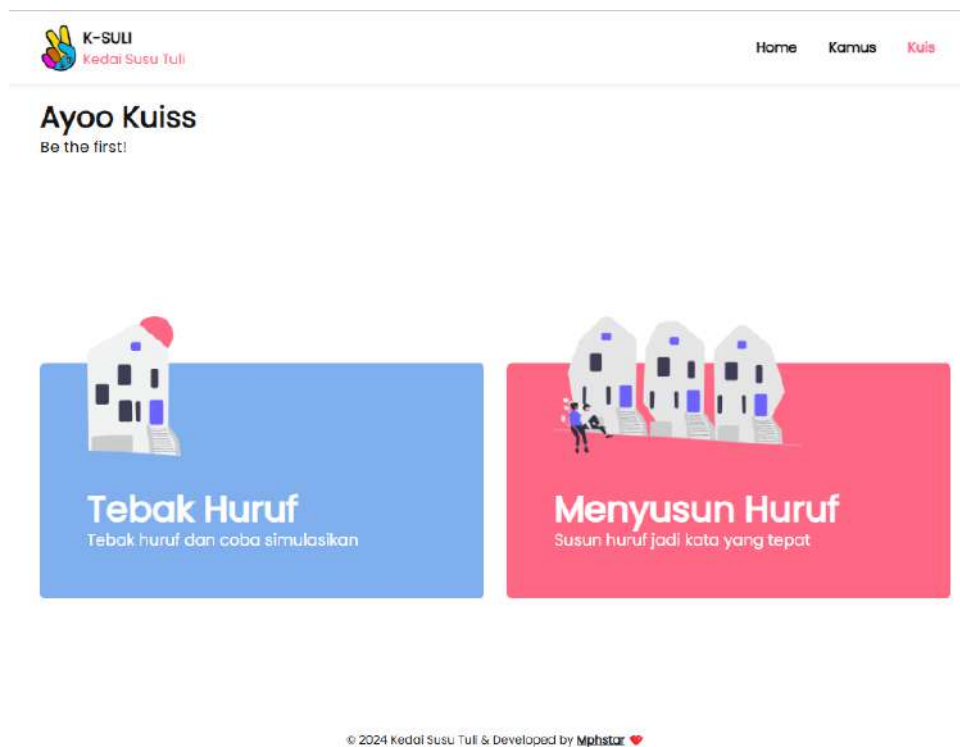
Gambar 4.34 Tampilan Halaman Kamus



Gambar 4.35 Tampilan Dialog Kamus

3) Halaman Kuis

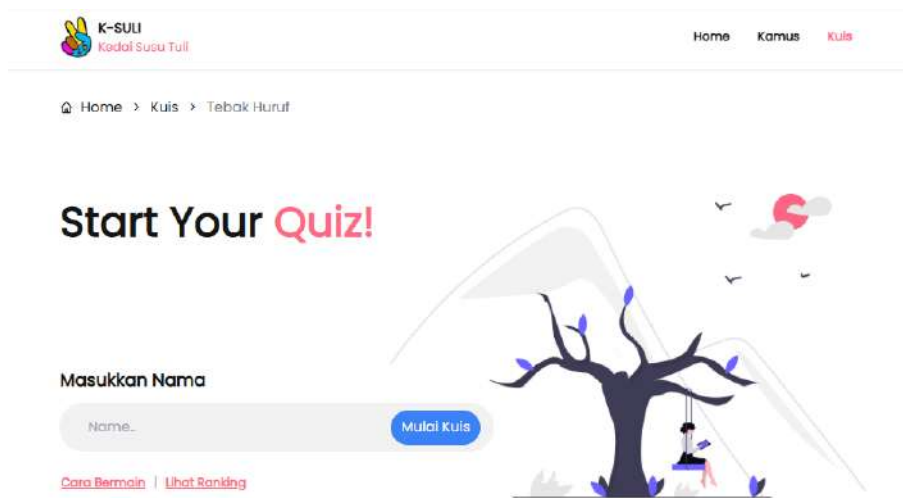
Halaman kuis dirancang untuk menguji pemahaman pengguna terhadap gerakan abjad SIBI. Terdapat dua jenis kuis yang dapat dipilih oleh pengguna yaitu tebak huruf dan menyusun huruf. Hasil halaman kuis dapat dilihat pada Gambar 4.36.



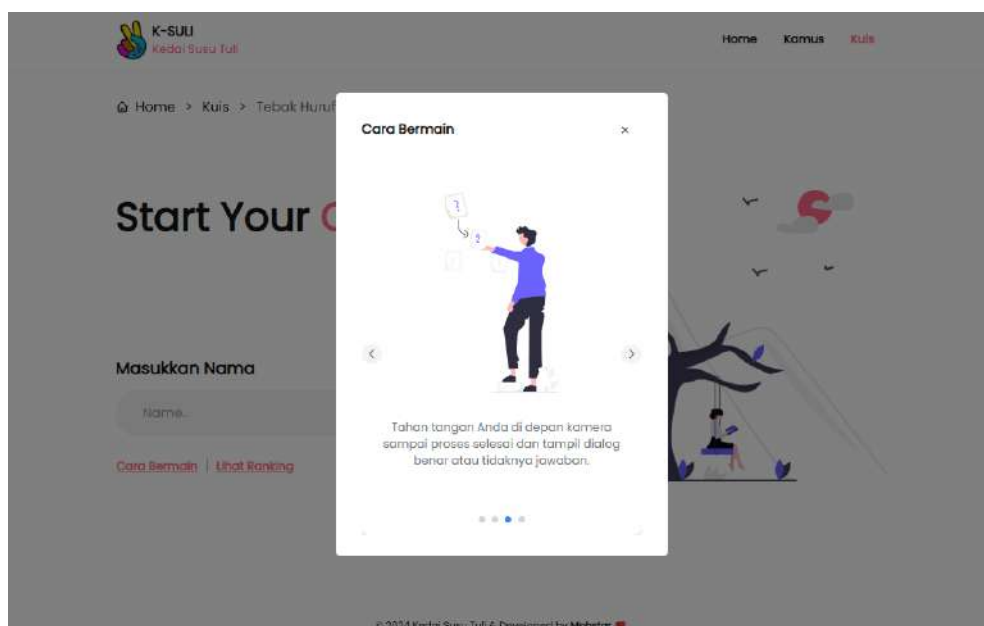
Gambar 4.36 Tampilan Halaman Kuis

a) Tebak Huruf

Pengguna diminta untuk memasukkan nama sebelum memulai kuis. Selain itu, terdapat tombol cara bermain untuk menampilkan panduan dalam mengerjakan kuis. Lalu, pengguna dapat menekan tombol mulai kuis untuk memulai. Hasil tampilan halaman tebak huruf sebelum kuis dimulai dapat dilihat pada Gambar 4.37 dan Gambar 4.38.

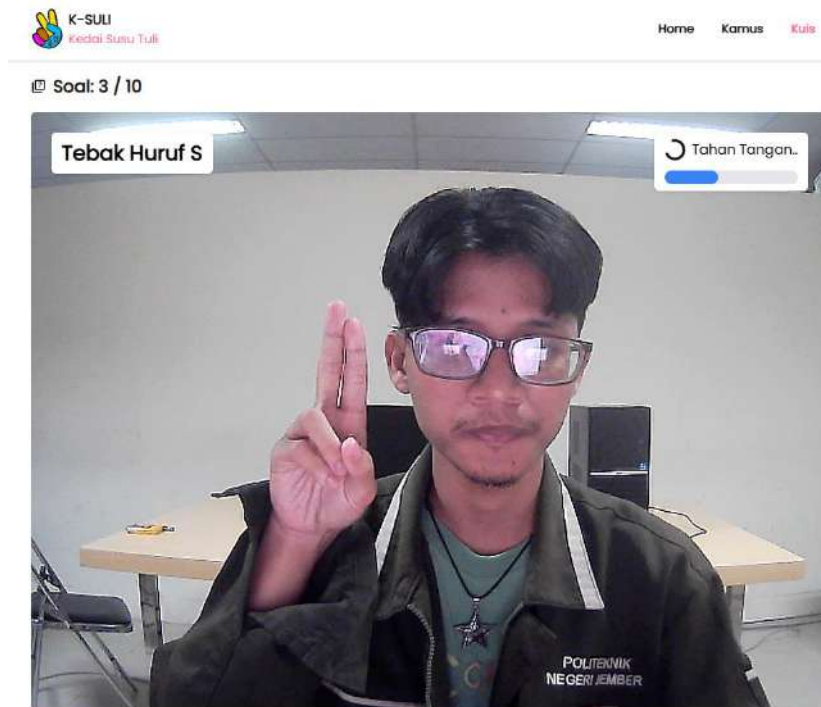


Gambar 4.37 Tampilan Awal Kuis Tebak Huruf

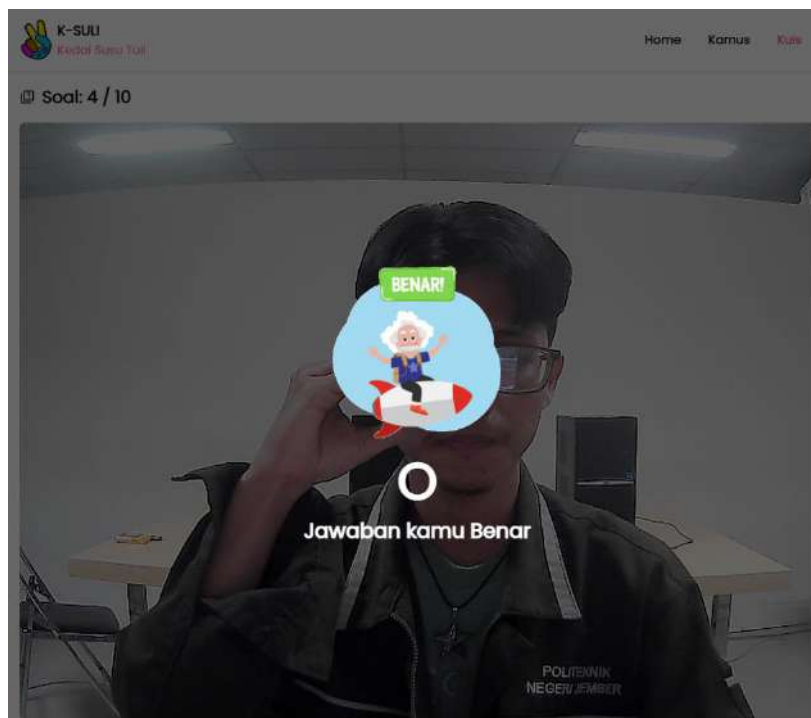


Gambar 4.38 Tampilan Dialog Petunjuk Tebak Huruf

Untuk menjawab soal yang diberikan, pengguna dapat mempraktekan gerakan abjad SIBI sesuai dengan soal yang telah diberikan. Tahan tangan pada kamera hingga *website* menampilkan dialog berupa jawaban yang dipraktikkan benar atau salah. Hasil tampilan halaman tebak huruf saat melakukan kuis dapat dilihat pada Gambar 4.39 dan Gambar 4.40.



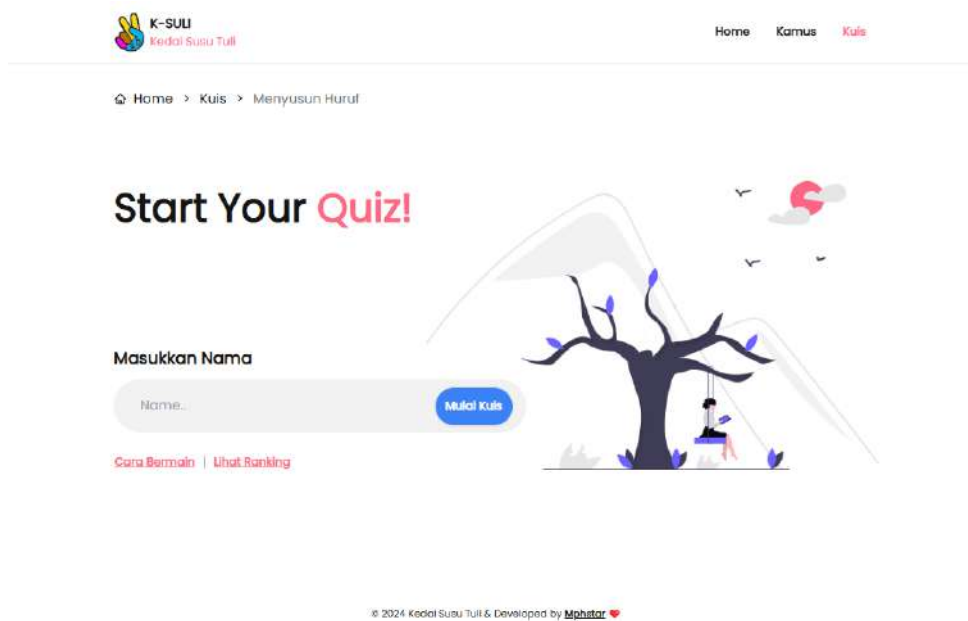
Gambar 4.39 Tampilan Halaman Pengerjaan Tebak Huruf



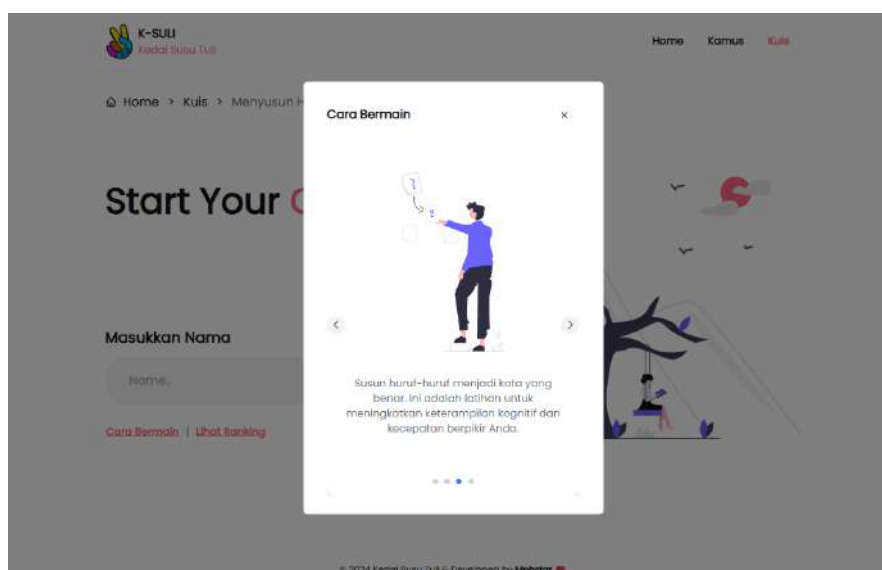
Gambar 4.40 Tampilan Dialog Jawaban Tebak Huruf

b) Menyusun Huruf

Pengguna diminta untuk memasukkan nama sebelum memulai kuis. Selain itu, terdapat tombol cara bermain untuk menampilkan panduan dalam mengerjakan kuis. Lalu, pengguna dapat menekan tombol mulai kuis untuk memulai. Hasil tampilan halaman menyusun huruf sebelum kuis dimulai dapat dilihat pada Gambar 4.41 dan Gambar 4.42.

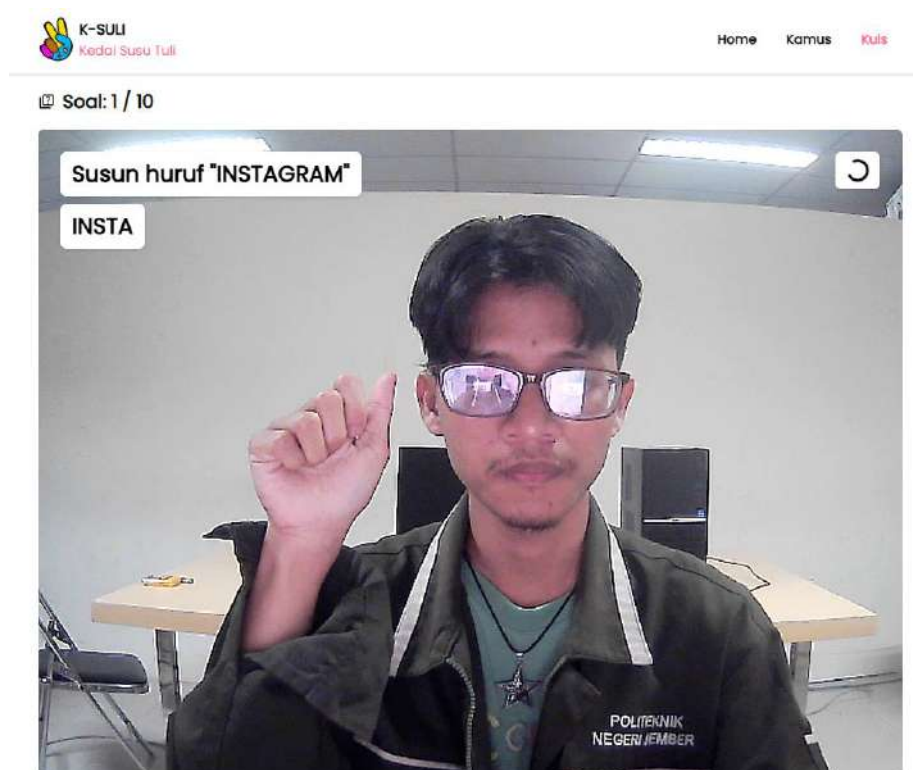


Gambar 4.41 Tampilan Halaman Kuis Menyusun Huruf



Gambar 4.42 Tampilan Dialog Petunjuk Menyusun Huruf

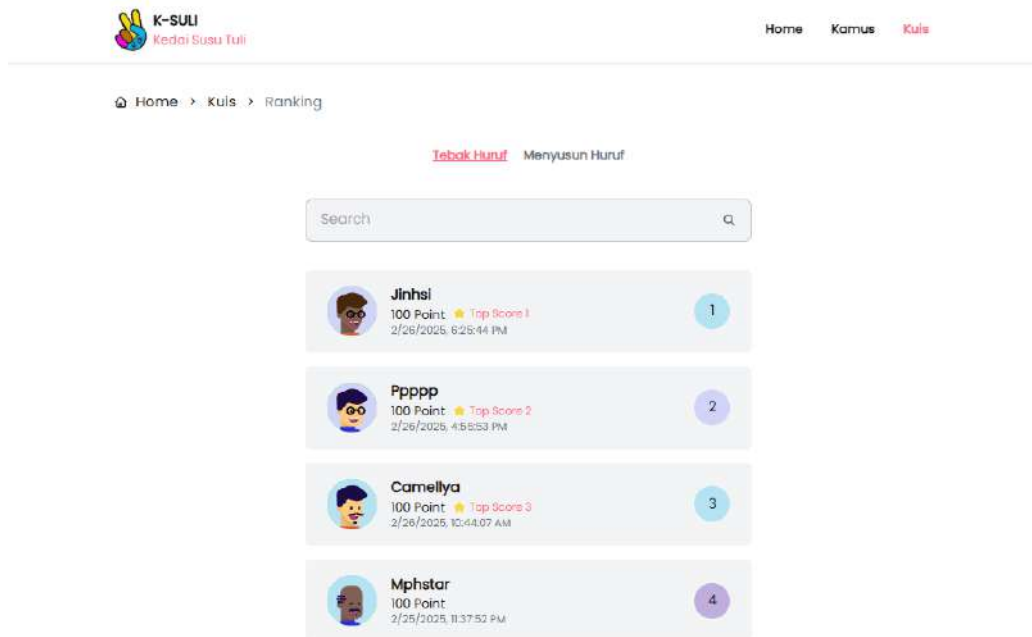
Untuk menjawab soal yang diberikan, pengguna dapat mempraktekan gerakan abjad SIBI sesuai dengan kata pada soal. Susun perhuruf hingga menjadi kata sesuai dengan soal yang diberikan. Dalam kuis ini, skor diambil dari tiap soal berdasarkan kecepatan pengguna dalam menyelesaikan kata yang disusun. Hasil tampilan halaman menyusun huruf saat melakukan kuis dapat dilihat pada Gambar 4.43.



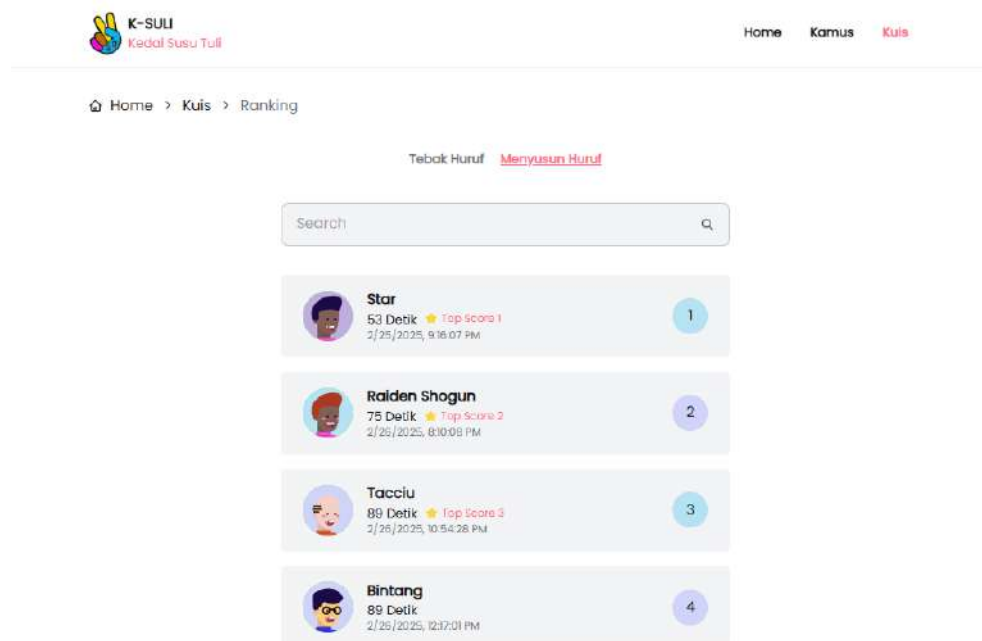
Gambar 4.43 Tampilan Halaman Pengerjaan Menyusun Huruf

4) Halaman *Ranking*

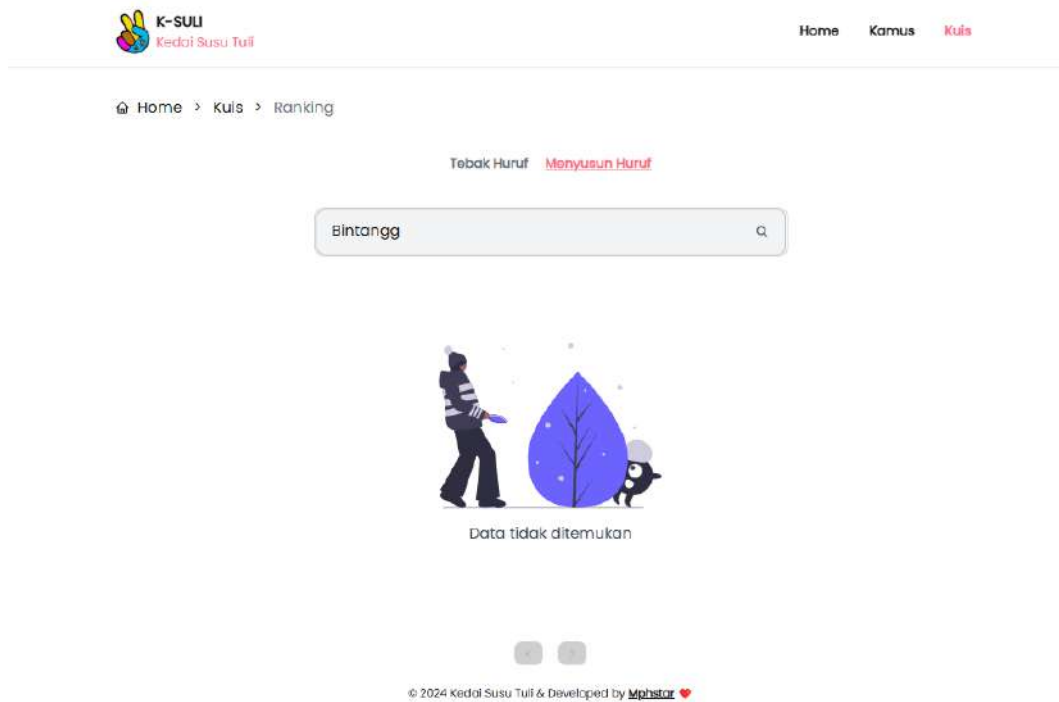
Halaman ini menampilkan seluruh riwayat kuis yang telah diikuti oleh pengguna, baik tebak huruf maupun menyusun huruf. Informasi skor akan ditampilkan berdasarkan skor tertinggi untuk kuis tebak huruf dan waktu tercepat untuk kuis menyusun huruf. Gambar 4.44 dan Gambar 4.45 merupakan hasil tampilan halaman *ranking* tebak huruf dan menyusun huruf, sedangkan Gambar 4.46 merupakan tampilan ketika tidak ada informasi kuis saat melakukan pencarian pada halaman *ranking*.



Gambar 4.44 Tampilan Halaman *Ranking* Tebak Huruf



Gambar 4.45 Tampilan Halaman *Ranking* Menyusun Huruf



Gambar 4.46 Tampilan Tidak Ada Data *Ranking*

4.6 Pengujian

4.6.1 Pengujian Gerakan

Pengujian akurasi sistem bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem dalam proses deteksi. Pengujian dilakukan oleh teman tuli yang sudah terbiasa dengan SIBI. Proses pengujian berdasarkan pengetahuan pakar tentang gerakan abjad SIBI. Data hasil pengujian akurasi sistem dapat dilihat pada Lampiran 3. contoh hasil pengujian gerakan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Gerakan

No	Gerakan Abjad	Akurasi (%)	Keterangan
1	A	100%	Sesuai
2	B	100%	Sesuai
3	C	100%	Sesuai
...	...	...	...
22	Y	100%	Sesuai

Kemudian dari hasil pengujian gerakan diatas, dilakukan perhitungan akurasi rata rata dengan menggunakan Persamaan 4.1.

$$Persentase = \frac{\Sigma akurasi}{jumlah abjad} \dots\dots\dots 4.1$$

$$Persentase = \frac{2395}{24} \dots\dots\dots 4.2$$

$$Persentase = 99,79\% \dots\dots\dots 4.3$$

Maka didapat hasil rata-rata persentase akurasi gerakan sebesar 99,79% dimana hasil ini dikatakan cukup dan dapat digunakan untuk melakukan deteksi gerakan abjad SIBI.

4.6.2 Pengujian *Black-box Testing*

Black-box testing dilakukan setelah sistem selesai dikembangkan untuk menguji fungsionalitasnya berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengujian ini dilakukan oleh mitra yang terlibat dalam penelitian, dengan tujuan memastikan setiap fitur dan menu berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian *Black-box Testing*

No	Halaman	<i>Scenario Test</i>		Hasil yang diharapkan		Hasil
1	Halaman <i>Home</i>	Pengguna	membuka	Menampilkan	kamera	<i>Valid</i>
		<i>website</i>		pengguna	untuk	
				melakukan gerakan SIBI		
		Mencoba	gerakan	Sistem	menampilkan	<i>Valid</i>
		huruf “C”	didepan	huruf "C"	beserta dengan	
		kamera dengan tangan		akurasinya		
		kanan				

No	Halaman	Scenario Test	Hasil yang diharapkan	Hasil
		Mencoba gerakan dengan menggunakan tangan kiri	Sistem tidak menampilkan hasil dan akurasi	<i>Valid</i>
2	Halaman Kamus	Pengguna membuka menu kamus	Sistem menampilkan informasi gerakan abjad SIBI	<i>Valid</i>
		Pengguna melakukan <i>click</i> pada salah satu abjad yang ditampilkan	Sistem menampilkan informasi terkait abjad yang dipilih	<i>Valid</i>
3	Halaman Kuis	Pengguna membuka menu kamus	Sistem menampilkan pilihan kuis (tebak huruf dan menyusun huruf)	<i>Valid</i>
		Pengguna memilih pilihan kuis	Sistem akan mengarahkan ke halaman sesuai yang dipilih	<i>Valid</i>
4	Tebak Huruf	Pengguna membuka halaman tebak huruf	Sistem menampilkan halaman tebak huruf	<i>Valid</i>
		Pengguna menekan tombol cara bermain	Sistem menampilkan dialog berupa petunjuk cara bermain	<i>Valid</i>
		Pengguna menekan tombol lihat <i>ranking</i>	Sistem akan mengarahkan ke halaman ranking	<i>Valid</i>
		Pengguna memasukkan nama pada input yang telah disediakan	Sistem menampilkan nama pada input	<i>Valid</i>

No	Halaman	Scenario Test	Hasil yang diharapkan	Hasil
		Pengguna menekan tombol mulai kuis	Sistem akan mengarahkan kedalam halaman kuis tebak huruf	<i>Valid</i>
			Sistem menampilkan informasi soal	<i>Valid</i>
		Pengguna melakukan gerakan sesuai dengan soal yang diberikan	Sistem menampilkan dialog bahwa jawaban benar	<i>Valid</i>
		Pengguna menyelesaikan keseluruhan soal	Sistem menampilkan total score serta jawaban benar dan salahnya	<i>Valid</i>
5	Menyusun Huruf	Pengguna membuka halaman menyusun huruf	Sistem menampilkan halaman menyusun huruf	<i>Valid</i>
		Pengguna menekan tombol cara bermain	Sistem menampilkan dialog berupa petunjuk cara bermain	<i>Valid</i>
		Pengguna menekan tombol lihat <i>ranking</i>	Sistem akan mengarahkan ke halaman ranking	<i>Valid</i>
		Pengguna memasukkan nama pada input yang telah disediakan	Sistem menampilkan nama pada input	<i>Valid</i>
		Pengguna menekan tombol mulai kuis	Sistem akan mengarahkan kedalam halaman kuis menyusun huruf	<i>Valid</i>
			Sistem menampilkan informasi soal	<i>Valid</i>

No	Halaman	Scenario Test	Hasil yang diharapkan	Hasil
		Pengguna melakukan gerakan sesuai dengan soal yang diberikan	Sistem menampilkan dialog berupa informasi waktu yang telah dilalui	<i>Valid</i>
		Pengguna menyelesaikan keseluruhan soal	Sistem menampilkan total waktu yang telah dilalui	<i>Valid</i>
6	Halaman <i>Ranking</i>	Pengguna membuka halaman <i>ranking</i>	Sistem menampilkan informasi riwayat kuis yang telah dilakukan	<i>Valid</i>
		Pengguna menekan tombol menyusun huruf	Sistem menampilkan riwayat kuis berdasarkan detik tercepat	<i>Valid</i>
		Pengguna menekan tombol tebak huruf	Sistem menampilkan riwayat kuis berdasarkan poin tertinggi	<i>Valid</i>
		Pengguna melakukan pencarian nama	Sistem menampilkan riwayat kuis berdasarkan nama tersebut (jika ada)	<i>Valid</i>

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.5, dari total 27 skenario pengujian yang telah dilakukan, seluruhnya dinyatakan *valid*, yang berarti setiap skenario berhasil berjalan dengan hasil yang diharapkan. Tidak ada skenario yang mengalami kegagalan atau tidak *valid*. Selanjutnya dilakukan proses perhitungan persentase keberhasilan dengan menggunakan Persamaan 4.1.

$$\text{Akurasi keberhasilan fitur} = \frac{\text{Jumlah skenario valid}}{\text{Jumlah skenario}} \times 100\% \dots\dots\dots 4.4$$

$$\text{Akurasi keberhasilan fitur} = \frac{27}{27} \times 100\% \dots\dots\dots 4.5$$

$$\text{Akurasi keberhasilan fitur} = 100\% \dots\dots\dots 4.6$$

Dengan demikian, tingkat keberhasilan pengujian sistem adalah 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh fungsionalitas yang diuji telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

4.6.3 Pengujian *User Acceptance Testing*

Peneliti melakukan pengujian terhadap mitra dan guru di Sekolah Luar Biasa (SLB) Negeri Jember, serta 10 responden yang merupakan mahasiswa. Lampiran pengujian terhadap guru di Sekolah Luar Biasa Negeri Jember dan mitra dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5. Responden melakukan pengujian dengan mengisi beberapa skenario berdasarkan ukuran penilaian tersentu, seperti Sangat Setuju (SS), Setuju (S), N (Netral), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Berikut merupakan bobot dari masing-masing ukuran penilaian yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Bobot Nilai

No	Jawaban	Bobot
1	Sangat Tidak Setuju (STS)	1
2	Tidak Setuju (TS)	2
3	Netral (N)	3
4	Setuju (S)	4
5	Sangat Setuju (SS)	5

Hasil pengujian *User Acceptance Test* (UAT) yang telah dilakukan oleh responden dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian *User Acceptance Test*

No	Pertanyaan	Jawaban					Total	Skor
		STS	TS	N	S	SS		
1	Sistem memiliki tampilan yang menarik	0	0	0	6 * 4	7 * 5	58	89%
2	Pemilihan warna telah sesuai	0	0	0	7 * 4	6 * 5	59	91%
3	Tampilan sistem jelas dan sesuai di berbagai jenis device (<i>responsive</i>)	0	0	2 * 3	2 * 4	9 * 5	59	91%
4	Menu yang digunakan pada sistem mudah dipahami	0	0	0	5 * 4	8 * 5	60	92%
5	Teks yang ditampilkan dalam sistem mudah dibaca dengan jelas	0	0	1	5 * 4	8 * 5	60	92%
6	Sistem menampilkan informasi dengan akurat	0	0	0	8 * 4	5 * 5	57	88%

No	Pertanyaan	Jawaban					Total	Skor
		STS	TS	N	S	SS		
7	Ketepatan hasil klasifikasi gerakan	0	0	1 * 3	5 * 4	7 * 5	58	89%
8	Tidak terjadi error saat sistem dijalankan	0	0	3 * 3	4 * 4	6 * 5	55	85%
9	Proses deteksi gerakan berjalan secara <i>realtime</i>	0	0	0	5 * 4	8 * 5	60	92%
10	Tidak menyimpan data pengguna yang bersifat sensitif	0	0	0	2 * 4	11 * 5	63	97%

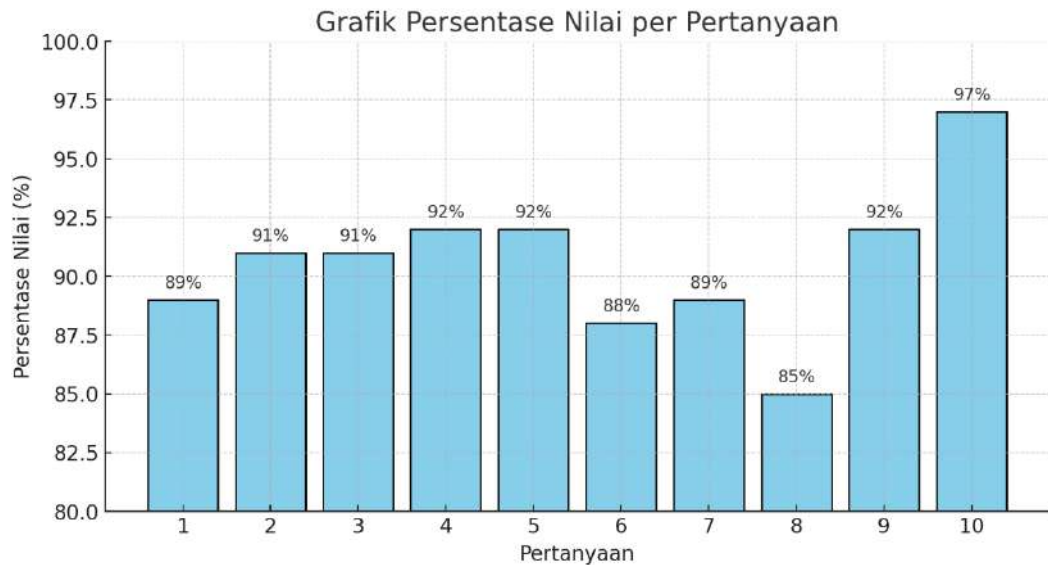
Skor dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.8. Selanjutnya, dihitung rata-rata dengan menggunakan Persamaan 2.9.

$$Rata - rata = \frac{89+91+91+92+92+88+89+85+92+97}{10} \dots\dots\dots 4.7$$

$$Rata - rata = \frac{906}{10} \dots\dots\dots 4.8$$

$$Rata - rata = 90,6\% \dots\dots\dots 4.9$$

Hasil pengujian *User Acceptance Testing* menunjukkan rata-rata sebesar 90,6%, yang mengindikasikan bahwa sistem berfungsi dengan sangat baik dan dapat diterima oleh pengguna. Gambar 4.47 merupakan grafik persentase nilai pada setiap pertanyaan.



Gambar 4.47 Rata-rata Skor dan Persentase Tiap Pertanyaan

4.7 Hasil Analisis

4.7.1 Evaluasi Model

Proses pengujian dilakukan secara bertahap untuk mengevaluasi performa model dalam mengenali abjad SIBI secara *real-time*. Pada tahap ini, dilakukan beberapa percobaan dengan berbagai parameter dan jumlah data untuk mendapatkan hasil terbaik.

Pada percobaan pertama, model dilatih menggunakan 5257 sampel citra yang telah diproses menggunakan *MediaPipe* untuk mengekstraksi koordinat *landmark* tangan. Model dilatih dengan percobaan beberapa *epoch*. Hasil pada percobaan pertama dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Percobaan Evaluasi Model Pertama

Total Dataset Keseluruhan	Epoch	Hasil Akurasi	
		Accuracy	Loss
5.257	10 Epoch	0.84	0.5
5.257	50 Epoch	0.98601	0.07489
5.257	100 Epoch	0.98601	0.05745

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model mencapai akurasi yang baik. Namun, terdapat beberapa huruf yang masih sulit dikenali dengan akurat, seperti C, E, F, I, K, Q, M, N, O, S, T, U, V, X. Kesulitan ini disebabkan oleh variasi dalam data citra yang diperoleh dari *platform* Kaggle, yang cenderung acak. Sebagai contoh, huruf C diambil menggunakan tangan kanan, sementara huruf O menggunakan tangan kiri. Perbedaan dalam penggunaan tangan ini dapat menyebabkan kebingungan dalam pengenalan abjad yang tepat.

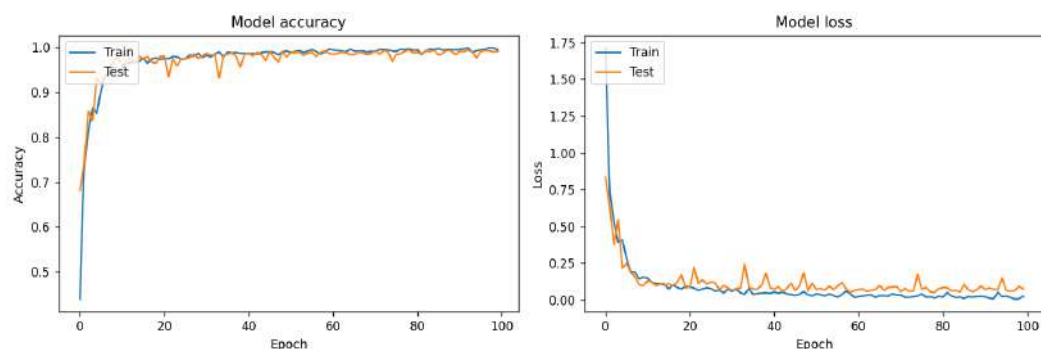
Untuk mengatasi kendala pada percobaan pertama, jumlah data *training* ditingkatkan khususnya untuk abjad yang tidak menggunakan tangan kanan. Percobaan kedua menunjukkan peningkatan akurasi yang cukup baik. Namun, beberapa huruf seperti K, M, N, O, R, S, dan U masih sulit dikenali dengan akurat. Kesulitan ini terjadi saat pengujian *real-time* karena posisi tangan terhadap kamera tampak miring, baik secara *vertikal* maupun *horizontal*. Model mengalami kesulitan dalam mengenali huruf yang berada dalam sudut kemiringan tertentu. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan jumlah data yang digunakan, sehingga model belum dapat mengenali variasi gerakan dengan optimal.

Percobaan ketiga dilakukan penyesuaian strategi pelatihan model untuk meningkatkan kemampuan generalisasi terhadap variasi posisi tangan. Selain penambahan jumlah data, dilakukan optimasi *hyperparameter* untuk mencegah *overfitting* yang terjadi pada percobaan sebelumnya. Beberapa perubahan yang diterapkan yaitu menambahkan *dropout layer* dengan nilai 0.3 untuk mengurangi kemungkinan model terlalu menghafal data *training*. Hasil dari percobaan ketiga menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan percobaan sebelumnya. Hasil pengujian ini mengungkapkan bahwa variasi kemiringan tangan dalam data *training* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan model dalam mengenali abjad secara *real-time*. Contoh variasi kemiringan data citra dapat dilihat pada Gambar 4.48.



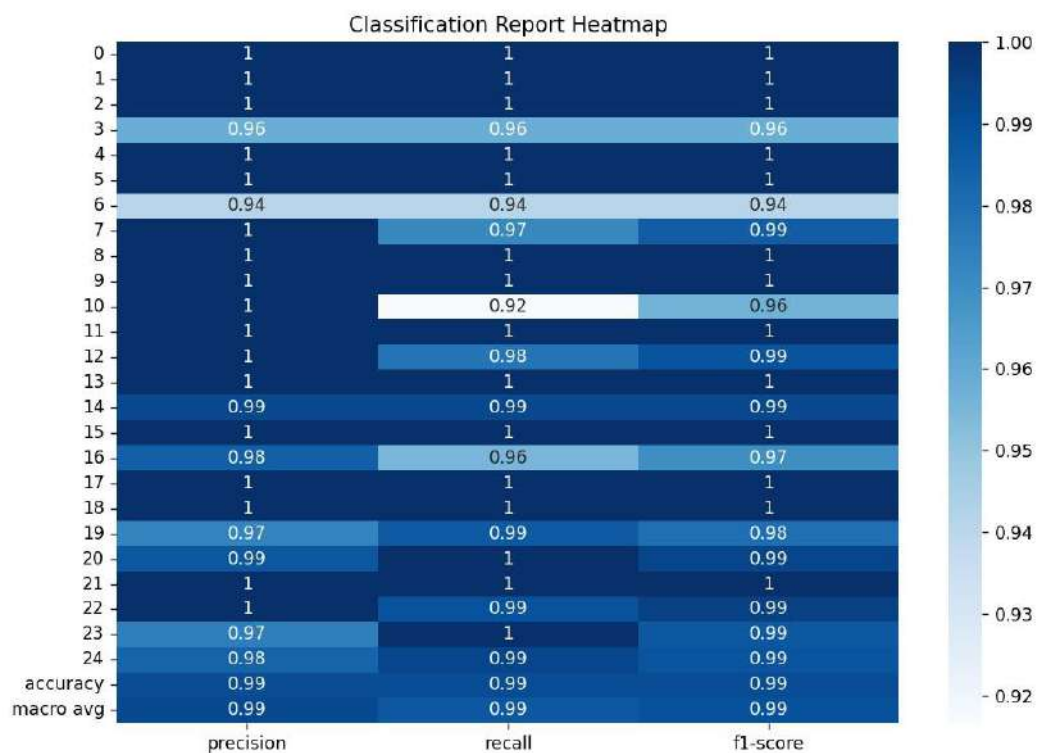
Gambar 4.48 Contoh Variasi Kemiringan Data Citra

Setelah percobaan ketiga selesai dilakukan, model mencapai akurasi sebesar 0.9972 dan *loss* sebesar 0.0011 pada data *training*. Sementara itu, pada data *testing*, model memperoleh akurasi sebesar 0.9972 dan *loss* sebesar 0.075, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memprediksi data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Nilai akurasi yang tinggi pada data *testing* serta selisih *loss* yang tidak terlalu besar antara *training* dan *testing* mengindikasikan bahwa model telah belajar secara optimal tanpa mengalami *overfitting*. Hasil evaluasi model pada percobaan terakhir dapat dilihat pada Gambar 4.49.



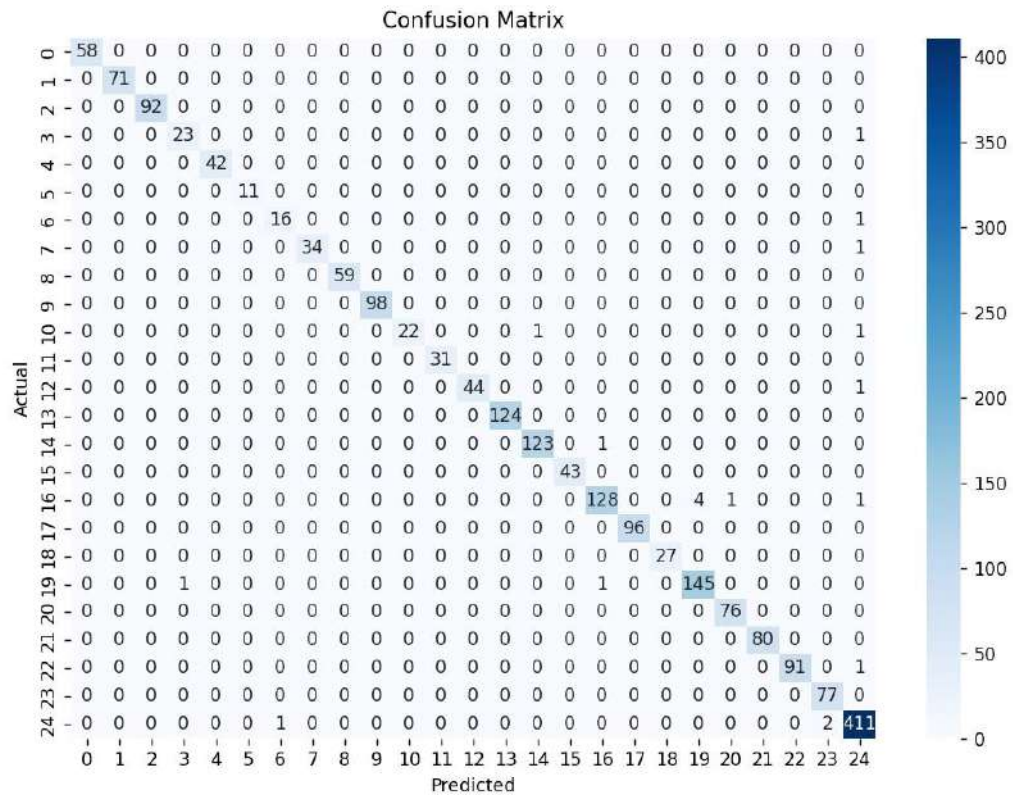
Gambar 4.49 Hasil Evaluasi Model Percobaan Terakhir

Setelah mengevaluasi akurasi dan *loss*, dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *classification report* dan *confusion matrix* untuk mengukur performa model dalam mengenali setiap abjad secara lebih detail. *Heatmap* laporan klasifikasi pada Gambar 4.50 menampilkan metrik evaluasi untuk setiap kelas, termasuk *precision*, *recall*, dan *f1 score*. Akurasi keseluruhan model tercatat sebesar 1.00, yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat prediksi yang sangat baik pada dataset yang digunakan. Nilai rata-rata makro (*macro average*) untuk *precision*, *recall*, dan *f1-score* juga menunjukkan performa tinggi dengan nilai mendekati 0.99, yang berarti model mampu memberikan hasil yang konsisten di seluruh kelas.



Gambar 4.50 *Classification Report*

Untuk melihat secara rinci kesalahan klasifikasi, dilakukan analisis *confusion matrix* yang memperlihatkan perbandingan antara prediksi model dan label sebenarnya.



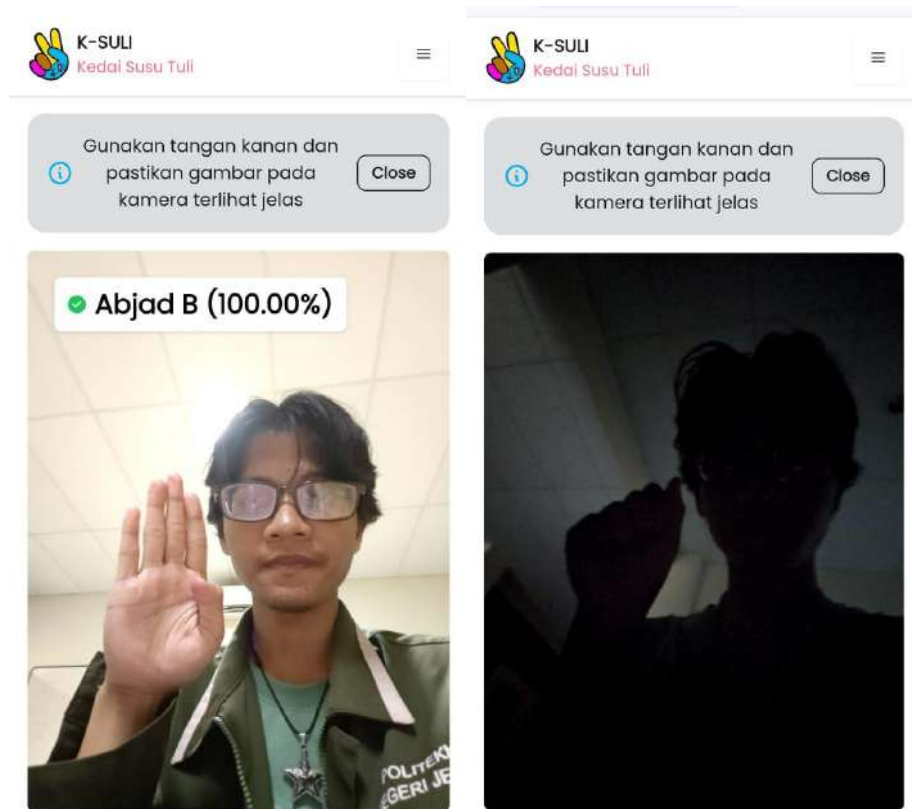
Gambar 4.51 *Confussion Matrix*

Dari *confussion matrix* pada Gambar 4.51 menunjukkan representasi performa model klasifikasi dalam mengenali berbagai kelas. Matrix ini menunjukkan jumlah prediksi benar dan salah yang dilakukan oleh model untuk setiap kelas. Sumbu *vertical (Actual)* menunjukkan kelas yang diprediksi oleh model. Hasil *confussion matrix* menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan masing masing abjad dengan sangat baik menunjukkan bahwa model memiliki tingkat keberhasilan yang cukup tinggi dalam mengenali abjad SIBI secara *real-time*.

4.7.2 Pengaruh Pencahayaan terhadap Hasil Klasifikasi

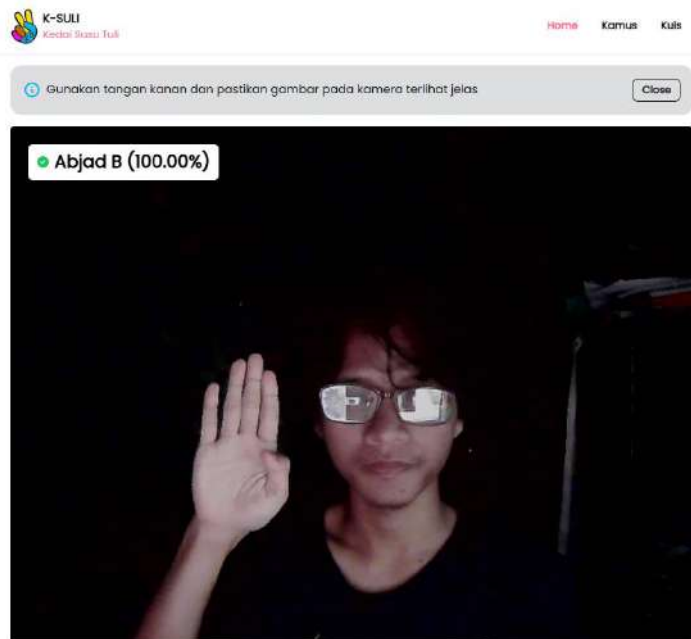
Percobaan dilakukan dalam berbagai kondisi pencahayaan untuk mengamati bagaimana sistem mengenali gerakan. Tingkat pencahayaan diukur menggunakan aplikasi lux meter pada perangkat Android. Pada pencahayaan sekitar 60 lux, sistem dapat mengklasifikasikan gerakan dengan baik. Sebaliknya,

ketika pencahayaan berada pada 0 lux, sistem mengalami kesulitan dalam mengenali gerakan karena tangan tidak terlihat pada kamera. Percobaan pada pencahayaan 0 lux dan 60 lux dapat dilihat pada Gambar 4.52.



Gambar 4.52 Percobaan pada Pencahayaan 0 Lux dan 60 Lux

Namun, dalam kondisi pencahayaan 0 lux, sistem tetap dapat mengenali gerakan apabila terdapat sumber cahaya tambahan, seperti pencahayaan dari perangkat yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa pencahayaan memengaruhi kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan gerakan, terutama dalam kondisi dengan tingkat cahaya yang sangat rendah. Percobaan pada pencahayaan 0 lux dengan tambahan cahaya dapat dilihat pada Gambar 4.53.



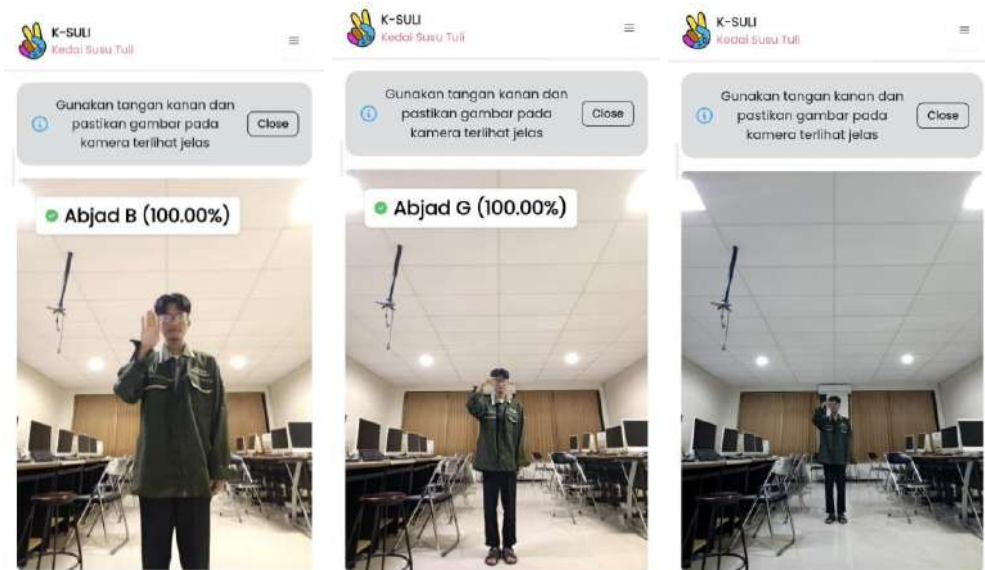
Gambar 4.53 Percobaan pada Pencahayaan 0 Lux dengan Tambahan Cahaya

Tingkat pencahayaan yang disarankan untuk aktivitas ruang kerja yang memerlukan ketelitian tinggi adalah minimal 120 lux (Badan Standardisasi Nasional, 2001). Oleh karena itu, untuk memastikan sistem pengenalan gerakan dapat beroperasi secara optimal, disarankan agar pencahayaan di lingkungan penggunaan sistem berada pada atau melebihi 120 lux. Tingkat pencahayaan ini akan membantu meningkatkan kejelasan objek yang terdeteksi oleh kamera, mengurangi kemungkinan kesalahan klasifikasi, serta memastikan bahwa gerakan tangan dapat dikenali dengan baik dalam berbagai kondisi.

4.7.3 Pengaruh Jarak terhadap Hasil Klasifikasi

Percobaan ini dilakukan di ruangan dengan pencahayaan 150 Lux. Pada jarak 1 meter, sistem dapat mengenali abjad dengan sangat baik karena gambar tangan terlihat jelas dan terpisah dari latar belakang, memungkinkan fitur-fitur tangan seperti posisi jari terdeteksi dengan akurasi tinggi. Pada jarak 2 meter, hasil yang diperoleh masih sangat bagus, dengan tangan yang tetap terlihat jelas dalam frame kamera sehingga detail posisi jari tetap dapat dideteksi dengan baik dan klasifikasi abjad berjalan optimal. Namun, pada jarak 3 meter, sistem mulai

mengalami kesulitan dalam mengenali gerakan karena tangan tampak lebih kecil dalam *frame* kamera, menyebabkan fitur-fitur penting seperti posisi jari menjadi kurang terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan hasil yang optimal, pengguna sebaiknya berada dalam jarak maksimal 2 meter dari kamera. Perbedaan pengaruh jarak terhadap kamera dapat dilihat pada Gambar 4.54.



Gambar 4.54 Perbedaan Pengaruh Jarak Terhadap Kamera

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian mengenai Pengenalan Abjad pada SIBI secara real-time dengan pendekatan metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli), dapat disimpulkan bahwa implementasi *framework MediaPipe* efektif dalam mengenali tangan dan mendapatkan nilai *landmarks* dari gerakan tangan. Informasi *landmarks* ini digunakan untuk mengumpulkan data gerakan abjad SIBI, yang kemudian diproses melalui tahapan ekstraksi *landmarks*, normalisasi data, dan pelatihan model.

Pelatihan model dilakukan menggunakan metode LSTM, yang mampu menangkap pola gerakan tangan yang kompleks. Hasil pelatihan menunjukkan akurasi sebesar 0.9972 pada data pelatihan dan 0.9907 pada data pengujian, menandakan performa yang baik dalam mengenali gerakan huruf dalam bahasa isyarat.

Pengujian sistem juga dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh pencahayaan dan jarak terhadap kinerja. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem dapat mengklasifikasikan gerakan dengan baik pada pencahayaan sekitar 60 lux. Namun, pada pencahayaan 0 lux, sistem mengalami kesulitan dalam mengenali gerakan karena tangan tidak terlihat pada kamera. Hal ini menunjukkan bahwa pencahayaan yang cukup berperan penting dalam keberhasilan sistem dalam mengklasifikasikan gerakan dengan akurat. Dari segi jarak, sistem efektif pada jarak 1-2 meter. Namun, pada jarak 3 meter, sistem gagal mendeteksi tangan karena ukurannya yang terlalu kecil dalam tangkapan kamera, sehingga proses identifikasi gerakan tangan tidak dapat dilakukan.

Selanjutnya, *User Acceptance Testing* (UAT) dilakukan untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan. Hasil UAT menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna merasa sistem ini cukup responsif dan akurat dalam mengenali gerakan abjad SIBI, dengan persentase rata-rata yang dicapai sebesar 90.6%.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian berikutnya yaitu:

- a. Dapat mengenali gerakan dinamis SIBI pada abjad ataupun kata.
- b. Pada halaman kuis menyusun huruf, kata-kata yang ingin ditampilkan pada soal dapat diubah secara mandiri oleh pengguna agar lebih variatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Annur, C. M. (2023, Juni 22). *Jumlah Pekerja Disabilitas Indonesia Meningkat pada 2022, Didominasi Laki-laki*.
- Arief, B., Kholifatullah, H., & Prihanto, A. (2023). Penerapan Metode Long Short Term Memory Untuk Klasifikasi Pada Hate Speech. *Journal of Informatics and Computer Science*, 04.
- Badan Standardisasi Nasional. (2001). *Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6575-2001: Tingkat Pencapaian Minimum untuk Berbagai Aktivitas*.
- Budiman, S. N., & Yuana, H. (2023). *Klasifikasi Alfabet Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) Menggunakan Computer Vision dan Deep Learning*. Penerbit NEM. <https://books.google.co.id/books?id=uP7lEAAAQBAJ>
- Fitriastuti, F., Eka Putri, A., Kautsar Sunardi, A., & Apriliya Hidayat, R. (2024). Analisis Website SIAKAD Universitas Janabadra Menggunakan Metode UAT. Dalam *JTSI* (Vol. 5, Nomor 1).
- Gusman, D., Nazmi, D., & Syofyan, Y. (2022). Pemenuhan Hak Memperoleh Pekerjaan Bagi Penyandang Disabilitas Berdasarkan Undang-Undang Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas. *Riau Law Journal*, 6, 231–245.
- Km, K., & Nr, S. (2022). RECOGNIZATION OF HAND GESTURES USING MEDIAPIPE HANDS. Dalam *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. www.irjmets.com
- Nisria, Mustafa, & Hadis. (2022). *IMPLEMENTASI BISINDO DALAM BERKOMUNIKASI PADA SESAMA ANAK TUNARUNGU Implementation of BISINDO in communicating with deaf children*.
- Nur, S., Assyifa, A. N., & Nurjannah, H. (2023). PENGEMBANGAN APLIKASI PENERJEMAH BAHASA ISYARAT INDONESIA (BISINDO) MENGGUNAKAN METODE LONG-SHORT TERM MEMORY. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, 11(1), 13–30. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i1.898>
- Priyatna, B., Lia Hananto, A., Nova, M., Studi Sistem Informasi, P., & Buana Perjuangan Karawang, U. (2020). Application of UAT (User Acceptance Test)

- Evaluation Model in Minggon E-Meeting Software Development. Dalam *SYSTEMATICS* (Vol. 2, Nomor 3).
- Putra, A. P., Andriyanto, F., Karisman, Harti, T. D. M., & Puspitasari, W. (2020). *PENGUJIAN WEBSITE RUANG BACA JTI MENGGUNAKAN*.
- Riziq sirfatullah Alfarizi, M., Zidan Al-farish, M., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., & Elgar, M. (2023). PENGGUNAAN PYTHON SEBAGAI BAHASA PEMROGRAMAN UNTUK MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING. Dalam *Karimah Tauhid* (Vol. 2, Nomor 1).
- Septa Kristara, F., Kanuraga, G., Yansah, D., & Saifudin, A. (2021). *Pengujian Kualitas Aplikasi Web E-Learning Universitas Pamulang Menggunakan Metode Black Box*. 6(2), 225–231.
<https://doi.org/10.32493/informatika.v6i2.8635>
- Sintia Amelia, D., Cahyana Aminuallah, N., & Informasi, S. (2023). *TEKS DAN ANALISIS SENTIMEN PADA CHAT GRUP WHATSAPP MENGGUNAKAN LONG SHORT TERM MEMORY (LSTM)* (Vol. 3, Nomor 2).
- Taruk, A., Politeknik, A., & Pemasarakatan, I. (2022). *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial PENYANDANG DISABILITAS DI INDONESIA* 1.
<https://doi.org/10.31604/jips.v9i2.2022.807-812>
- Tribethran, S., Ferdynand, R., Saputra, A., & Rizky Pribadi, M. (2021). *Pelatihan Pemrograman Dasar Python dengan Memanfaatkan ChatGPT pada SMK Methodist 2 Palembang* (Vol. 4, Nomor 2).
- Zaelani, D. A., & Mafruhah, A. Y. (2022). Hak Memperoleh Pekerjaan bagi Penyandang Disabilitas Fisik di Kota Bandung di Masa Pandemi Covid-19. *Bandung Conference Series: Economics Studies*, 2(2).
<https://doi.org/10.29313/bcses.v2i2.4652>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian Gerakan Pertama

Pengujian Gerakan Abjad

Di kedai susu tuli

Nama Penguji: Muhammad Haider

No	Abjad	Keterangan
		Isi keakuratan dengan nilai 0 - 100
		Contoh: 87
1	A	100
2	B	99
3	C	99
4	D	99
5	E	20
6	F	15
7	G	100
8	H	99
9	I	25
10	K	15
11	L	99
12	M	99
13	N	99
14	O	15
15	P	80
16	Q	85
17	R	99
18	S	15
19	T	20
20	U	15
21	V	70
22	W	99
23	X	15
24	Y	100

Jember, 8 Februari 2025



Lampiran 2. Pengujian Gerakan Kedua

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

Pengujian Gerakan

Nama Penguji : M. Haider

No	Abjad	Keterangan
		Isi keakuratan dengan nilai 0 - 100
		Contoh: 87
1	A	100
2	B	99
3	C	70
4	D	99
5	E	99
6	F	99
7	G	99
8	H	100
9	I	80
10	K	80
11	L	100
12	M	80
13	N	70
14	O	70
15	P	90
16	Q	15
17	R	80
18	S	80
19	T	100
20	U	80
21	V	80
22	W	15
23	X	80
24	Y	100

Jember, 15 Februari 2025



Lampiran 3. Pengujian Gerakan Ketiga



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI**

Pengujian Gerakan

Nama Penguji :

No	Abjad	Akurasi (%)	Keterangan
		Isi keakuratan dengan nilai 0 – 100 - Contoh: 87	Tidak Sesuai / Sesuai
1	A	100	✓
2	B	100	✓
3	C	100	✓
4	D	100	✓
5	E	99	✓
6	F	99	✓
7	G	100	✓
8	H	100	✓
9	I	100	✓
10	K	100	✓
11	L	100	✓
12	M	100	✓
13	N	100	✓
14	O	100	✓
15	P	100	✓
16	Q	100	✓
17	R	100	✓
18	S	99	✓
19	T	100	✓
20	U	99	✓
21	V	100	✓
22	W	99	✓
23	X	100	✓
24	Y	100	✓

K-Subi
Jember, 10 Maret 2025

M. H. A. T.
M. H. A. T.

Lampiran 4. Pengujian *User Acceptance Testing* di SLB Negeri Jember



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

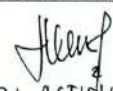
Pengujian User Acceptance Testing (UAT)

Nama Lengkap : TRI ASTINI, SPd
Usia : 53 th
Pekerjaan : Guru Pendidikan Luar Biasa

No	Pertanyaan	Keterangan				
		SS	S	N	TS	STS
1	Sistem memiliki tampilan yang menarik		✓			
2	Pemilihan warna telah sesuai		✓			
3	Tampilan sistem jelas dan sesuai di berbagai jenis device (responsive)			✓		
4	Menu yang digunakan pada sistem mudah dipahami		✓			
5	Semua menu dapat diakses dengan baik		✓			
6	Sistem menampilkan informasi dengan akurat		✓			
7	Ketepatan hasil klasifikasi gerakan		✓			
8	Tidak terjadi error saat sistem dijalankan			✓		
9	Proses deteksi gerakan berjalan secara realtime		✓			
10	Tidak menyimpan data pengguna yang bersifat sensitif	✓				

Keterangan	
SS	Sangat Setuju
S	Setuju
N	Netral
TS	Tidak Setuju
STS	Sangat Tidak Setuju

Jember, 6 Maret 2025


TRI ASTINI, SPd

Lampiran 5. Pengujian *User Accaptance* Testing pada Mitra



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

Pengujian User Acceptance Testing (UAT)

Nama Lengkap : Muhammad Haider
Usia : 26 tahun
Pekerjaan : Pelajar / mahasiswa

No	Pertanyaan	Keterangan				
		SS	S	N	TS	STS
1	Sistem memiliki tampilan yang menarik		✓			
2	Pemilihan warna telah sesuai		✓			
3	Tampilan sistem jelas dan sesuai di berbagai jenis device (responsive)			✓		
4	Menu yang digunakan pada sistem mudah dipahami		✓			
5	Semua menu dapat diakses dengan baik		✓			
6	Sistem menampilkan informasi dengan akurat		✓			
7	Ketepatan hasil klasifikasi gerakan		✓			
8	Tidak terjadi error saat sistem dijalankan			✓		
9	Proses deteksi gerakan berjalan secara realtime		✓			
10	Tidak menyimpan data pengguna yang bersifat sensitif	✓				

Keterangan	
SS	Sangat Setuju
S	Setuju
N	Netral
TS	Tidak Setuju
STS	Sangat Tidak Setuju

K-5161
Jember, 6 Maret 2025

Muhammad Haider



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

Pengujian User Acceptance Testing (UAT)

Nama Lengkap : **SUMQICO HADI**
Usia : **56 THN**
Pekerjaan : **PENSIUNAN BUMN**

No	Pertanyaan	Keterangan				
		SS	S	N	TS	STS
1	Sistem memiliki tampilan yang menarik	✓				
2	Pemilihan warna telah sesuai	✓				
3	Tampilan sistem jelas dan sesuai di berbagai jenis device (responsive)		✓			
4	Menu yang digunakan pada sistem mudah dipahami		✓			
5	Semua menu dapat diakses dengan baik	✓				
6	Sistem menampilkan informasi dengan akurat		✓			
7	Ketepatan hasil klasifikasi gerakan			✓		
8	Tidak terjadi error saat sistem dijalankan		✓			
9	Proses deteksi gerakan berjalan secara realtime		✓			
10	Tidak menyimpan data pengguna yang bersifat sensitif	✓				

Keterangan	
SS	Sangat Setuju
S	Setuju
N	Netral
TS	Tidak Setuju
STS	Sangat Tidak Setuju

K-SULI
Jember, 6 Maret 2025


SUMQICO HADI

Lampiran 6. Berita Acara Pengujian UAT pada Mitra



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

Berita Acara User Acceptance Testing (UAT)

Pada hari Kamis, 6 Maret 2025 bertempat di Kedai Susu Tuli.

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Haider
Jabatan : karyawan

Menyatakan bahwa benar telah dilakukan pengujian User Acceptance Testing (UAT) terhadap Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara *Realtime* Dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli). Dengan status sebagai pengguna didalam sistem dan memberikan hasil pengujian bahwa sistem layak digunakan.

Demikian berita acara pengujian ini dibuat, agar dapat digunakan sebaik-baiknya.

Jember, 6 Maret 2025

Mengetahui,

Penguji


Muhammad haider

Lampiran 7. Berita Acara Pengujian UAT di SLB Negeri Jember



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

Berita Acara User Acceptance Testing (UAT)

Pada hari Kamis, 6 Maret 2025 bertempat di SLB Negeri Jember.

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : TRI ASTINI, SPd
Jabatan : Waka kurikulum SLB Negeri Jember

Menyatakan bahwa benar telah dilakukan pengujian User Acceptance Testing (UAT) terhadap Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara *Realtime* Dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli). Dengan status sebagai pengguna didalam sistem dan memberikan hasil pengujian bahwa sistem layak digunakan.

Demikian berita acara pengujian ini dibuat, agar dapat digunakan sebaik-baiknya.

Jember, 6 Maret 2025

Mengetahui,

Penguji

TRI ASTINI, SPd

Lampiran 8. Pengujian *Black-box Testing* oleh Mitra



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

Blackbox Testing

No	Halaman	Scenario Test	Hasil yang diharapkan	Hasil
1	Halaman Home	Pengguna membuka website	Menampilkan kamera pengguna untuk melakukan gerakan SIBI	✓
		Mencoba gerakan huruf "C" didepan kamera dengan tangan kanan	Sistem menampilkan huruf "C" beserta dengan akurasi	✓
		Mencoba gerakan dengan menggunakan tangan kiri	Sistem tidak menampilkan hasil dan akurasi	✓
2	Halaman Kamus	Pengguna membuka menu kamus	Sistem menampilkan informasi gerakan abjad SIBI	✓
		Pengguna melakukan <i>click</i> pada salah satu abjad yang ditampilkan	Sistem menampilkan informasi terkait abjad yang dipilih	✓
3	Halaman Kuis	Pengguna membuka menu kamus	Sistem menampilkan pilihan kuis (tebak huruf dan menyusun huruf)	✓
		Pengguna memilih pilihan kuis	Sistem akan mengarahkan ke halaman sesuai yang dipilih	✓
4	Tebak Huruf	Pengguna membuka halaman tebak huruf	Sistem menampilkan halaman tebak huruf	✓
		Pengguna menekan tombol cara bermain	Sistem menampilkan dialog berupa petunjuk cara bermain	✓

No	Halaman	Scenario Test	Hasil yang diharapkan	Hasil
		Pengguna menekan tombol lihat <i>ranking</i>	Sistem akan mengarahkan ke halaman <i>ranking</i>	✓
		Pengguna memasukkan nama pada input yang telah disediakan	Sistem menampilkan nama pada input	✓
		Pengguna menekan tombol mulai kuis	Sistem akan mengarahkan ke dalam halaman kuis tebak huruf	✓
			Sistem menampilkan informasi soal	✓
		Pengguna melakukan gerakan sesuai dengan soal yang diberikan	Sistem menampilkan dialog bahwa jawaban benar	✓
		Pengguna menyelesaikan keseluruhan soal	Sistem menampilkan total score serta jawaban benar dan salahnya	✓
5	Menyusun Huruf	Pengguna membuka halaman menyusun huruf	Sistem menampilkan halaman menyusun huruf	✓
		Pengguna menekan tombol cara bermain	Sistem menampilkan dialog berupa petunjuk cara bermain	✓
		Pengguna menekan tombol lihat <i>ranking</i>	Sistem akan mengarahkan ke halaman <i>ranking</i>	✓
		Pengguna memasukkan nama pada input yang telah disediakan	Sistem menampilkan nama pada input	✓
		Pengguna menekan tombol mulai kuis	Sistem akan mengarahkan ke dalam halaman kuis menyusun huruf	✓

No	Halaman	Scenario Test	Hasil yang diharapkan	Hasil
			Sistem menampilkan informasi soal	✓
		Pengguna melakukan gerakan sesuai dengan soal yang diberikan	Sistem menampilkan dialog berupa informasi waktu yang telah dilalui	✓
		Pengguna menyelesaikan keseluruhan soal	Sistem menampilkan total waktu yang telah dilalui	✓
6	Halaman Ranking	Pengguna membuka halaman <i>ranking</i>	Sistem menampilkan informasi riwayat kuis yang telah dilakukan	✓
		Pengguna menekan tombol menyusun huruf	Sistem menampilkan riwayat kuis berdasarkan detik tercepat	✓
		Pengguna menekan tombol tebak huruf	Sistem menampilkan riwayat kuis berdasarkan poin tertinggi	✓
		Pengguna melakukan pencarian nama	Sistem menampilkan riwayat kuis berdasarkan nama tersebut (jika ada)	✓


 Jember, 06 Maret 2025
 Muhammad Haider

Lampiran 9. Surat Pernyataan Kesediaan Mitra untuk Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN MITRA PENELITIAN

Kepada Yth.,

Pemilik Kedai Susu Tuli

Jl. Manggis No.95, Krajan, Jemberlor, Kec. Patrang, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68118

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Bintang Malindo Eka Putra

NIM : E41210618

Dengan ini mengajukan permohonan kepada Kedai Susu Tuli untuk bersedia menjadi mitra dalam penelitian saya yang berjudul "Pengenalan Abjad Pada SIBI Secara *Realtime* Dengan Pendekatan Metode LSTM (Studi Kasus di Kedai Susu Tuli)". Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi saya, dan saya berharap dapat memperoleh data serta informasi yang dibutuhkan guna mendukung penelitian ini.

Saya berkomitmen untuk menjaga kerahasiaan dan etika penelitian sesuai dengan kesepakatan yang ditetapkan. Semoga kerja sama ini dapat memberikan manfaat bagi kedua belah pihak.

Demikian surat ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Atas perhatian dan kesediaannya, saya ucapkan terima kasih.

Hormat saya,

Peneliti

Bintang Malindo Eka Putra

K-Suli
Pemilik Kedai Susu Tuli

Lampiran 10. Dokumentasi Pengujian di SLB dan Ksuli

