

TUGAS AKHIR - EB234801

**DESAIN SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI)
DUA ARAH BERBASIS *SMART-GLOVE* DENGAN
METODE KLASIFIKASI *ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK***

VENY EKA NURFITA SARI
NRP 5023201014

Dosen Pembimbing
Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 197103141997021001
Fauzan Arrofiqi, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 1987202311058

Program Studi Sarjana Teknik Biomedik
Departemen Teknik Biomedik
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2023



TUGAS AKHIR - EB234801

**DESAIN SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI)
DUA ARAH BERBASIS *SMART-GLOVE* DENGAN
METODE KLASIFIKASI *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

**VENY EKA NURFITA SARI
NRP 5023201014**

**Dosen Pembimbing
Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 197103141997021001
Fauzan Arrofiqi, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 1987202311058**

**Program Studi Sarjana Teknik Biomedik
Departemen Teknik Biomedik
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2023**



FINAL PROJECT - EB234801

**DESIGN OF TWO-WAY INDONESIAN SIGN LANGUAGE
SYSTEM BASED ON SMART-GLOVE WITH ARTIFICIAL
NEURAL NETWORK CLASSIFICATION METHOD**

VENY EKA NURFITA SARI
NRP 5023201014

Supervisor

Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 197103141997021001

Fauzan Arrofiqi, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 1987202311058

Study Program Bachelor Degree of Biomedical Engineering
Department of Biomedical Engineering
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2023

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik (S.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
Veny Eka Nurfitasari
NRP. 5023201014

Tanggal Ujian : 09 Juli 2024
Periode Wisuda : September 2024

Disetujui Oleh :
Dosen Penguji :



1. Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
NIP. 196210051990031003

Dosen Pembimbing :



1. Dr. Achmad Arifin, S.T., M.Eng.
NIP. 197103141997021001



2. Eko Agus Suprayitno, S.Si., M.T.
NIP. 1987202011026



2. Fauzan Arrofiqi, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 1987202311058



3. Muhammad Adib Syamlan, S.T., M.T.
NIP. 1997202311066

Kepala Departemen Teknik Biomedik,



Dr. Achmad Arifin, S.T., M.Eng.
NIP. 197103141997021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Veny Eka Nurfitasari / 5023201014
Program Studi : SI-Teknik Biomedik
Dosen Pembimbing 1 / NIP : Dr. Achmad Arifin, S.T., M.Eng. /
197103141997021001
Dosen Pembimbing 2 / NIP : Fauzan Arrofiqi, S.T., M.Eng., Ph.D. /
1987202271030

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Desain Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) Dua Arah Berbasis *Smart-Glove* dengan Metode Klasifikasi *Artificial Neural Network*” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 25 Juli 2024

Mengetahui,
Dosen Pembimbing 1



Dr. Achmad Arifin, S.T., M.Eng.
NIP. 197103141997021001

Mahasiswa



Veny Eka Nurfitasari
NRP. 5023201014

Dosen Pembimbing 2



Fauzan Arrofiqi, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 1987202271030

**DESAIN SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI) DUA ARAH
BERBASIS SMART-GLOVE DENGAN METODE KLASIFIKASI
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

Nama : Veny Eka Nurfitasari
NRP : 5023201014
Pembimbing : 1. Dr. Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
2. Fauzan Arrofiqi, S.T., M.Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Manusia melakukan kegiatan berkomunikasi dalam menjalankan kegiatan sehari-harinya, tetapi tidak semua orang dapat berkomunikasi dengan mudah seperti yang dialami oleh penyandang tunarungu dan tunawicara. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) adalah standar bahasa isyarat yang digunakan oleh penyandang tunarungu-wicara di Indonesia, sayangnya SIBI yang digunakan secara konvensional dinilai kurang efektif. Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan sebuah sistem berupa *Smart-Glove* yang bisa digunakan untuk menginterpretasikan SIBI. Sistem tersebut berupa sarung tangan *wearable* yang digunakan oleh penyandang tunarungu-wicara dimana alat ini akan menginterpretasikan abjad pada SIBI ke dalam bentuk suara atau teks. Sistem *Smart-Glove* tersebut mampu menerjemahkan banyak karakter abjad dengan tepat dan memiliki interpretasi ke dalam bentuk suara dan teks yang baik. Namun, ada beberapa karakter abjad tertentu yang memiliki tingkat akurasi terjemahan yang rendah. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat sebuah alat berupa Metode klasifikasi yang akan digunakan berbasis *Artificial Neural Network* (ANN). Hasil penelitian ini berupa teks yang muncul pada layar *smartphone* yang terkoneksi *Bluetooth* dengan sarung tangan. Tingkat akurasi pendeteksian huruf mencapai 87,61%, sementara angka mencapai 80,56%. Selain berupa teks, *output* lain berupa suara yang diimplementasikan menggunakan *text-to-speech* memiliki tingkat akurasi 100%. Umpan balik dari lawan bicara juga dapat menggunakan fitur *speech-to-text* yang memiliki tingkat akurasi 100%. Alat ini bisa membantu penyandang tunarungu-wicara untuk bisa berkomunikasi dengan orang lain dan menerima umpan balik dari komunikasi yang dilakukan, khususnya dalam kegiatan pembelajaran dengan menggunakan SIBI. Untuk rencana pengembangan berikutnya bisa difokuskan pada tujuan interpretasi, seperti menginterpretasikan kata kerja.

Kata kunci: bahasa isyarat, sarung tangan, sensor, Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), tunarungu-wicara.

DESIGN OF TWO-WAY INDONESIAN SIGN LANGUAGE SYSTEM BASED ON SMART-GLOVE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK CLASSIFICATION METHOD

Name : Veny Eka Nurfitasari
Student ID : 5023201014
Supervisor : 1. Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
2. Fauzan Arrofiqi, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Humans carry out communication activities in carrying out their daily activities, but not everyone can communicate easily as experienced by deaf and hard of hearing people. The Indonesian Sign Language System (SIBI) is a sign language standard used by deaf-mute in Indonesia, unfortunately SIBI used conventionally is considered less effective. In previous research, a Smart-Glove system has been developed that can be used to interpret SIBI. The system is a wearable glove used by deaf-mute where this tool will interpret the alphabet in SIBI into voice or text. The Smart-Glove system is able to translate many alphabetic characters correctly and has good interpretation into voice and text. However, there are certain alphabetic characters that have a low level of translation accuracy. Therefore, in this research, a tool is made. The classification method to be used is based on Artificial Neural Network (ANN). The results of this study are in the form of text that appears on the smartphone screen connected to Bluetooth with gloves. The accuracy rate of letter detection reached 87.61%, while numbers reached 80.56%. In addition to text, another output in the form of a voice implemented using text-to-speech has an accuracy rate of 100%. Feedback from the interlocutor can also use the speech-to-text feature which has an accuracy rate of 100%. This tool can help deaf-mute to be able to communicate with others and receive feedback from the communication made, especially in learning activities using SIBI. The next development plan can focus on interpretation purposes, such as interpreting verbs.

Keywords: deaf-mute, gloves, Indonesian Sign Language System (SIBI), sensor, sign language.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penulis menyadari selesainya laporan ini tidak terlepas dari bantuan dan arahan banyak pihak. Dengan demikian penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Almh. Ibu Nur Fadlilah, selaku ibu penulis yang senantiasa menjadi motivasi penulis untuk terus berusaha dan memberikan yang terbaik.
2. Bapak Eko Prayitno, selaku ayah penulis yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, dan semua usaha yang sudah diberikan kepada penulis.
3. Keluarga penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan.
4. Bapak Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing satu yang selalu membimbing dan menjelaskan serta memberikan saran-saran selama pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Fauzan Arrofiqi, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing satu yang selalu membimbing dan menjelaskan serta memberikan saran-saran selama pengerjaan tugas akhir.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen dan tenaga kependidikan Departemen Teknik Biomedik ITS.
7. Alfiyanti dan Rahma Putri, selaku sahabat penulis yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan banyak bantuan untuk penulis.
8. Teman-teman Bartec yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.
9. Lalu kepada diri sendiri yang senantiasa berusaha yang terbaik dan mengerahkan semua usaha untuk pengerjaan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis sendiri, serta dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya.

Surabaya, 4 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Kontribusi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Komunikasi Penyandang Disabilitas Tunarungu-wicara.....	4
2.2. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI).....	5
2.3. Teknologi Asistif untuk Penerjemah Bahasa Isyarat.....	6
2.3.1. Sensor.....	7
2.3.2. Pemrosesan Data.....	10
2.4. Aplikasi pada <i>Smartphone</i>	12
2.5. Implementasi <i>text-to-speech</i> dan <i>speech-to-text</i> menggunakan <i>Smartphone</i>	12
2.6. Rasional.....	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1. Gambaran Sistem.....	14
3.1.1. Rancangan Sistem <i>Hardware</i>	16
3.1.1.1. Sensor Flex.....	16
3.1.1.2. Sensor Tekanan FSR.....	17
3.1.1.3. Sensor IMU.....	17
3.1.1.4. Mikrokontroler.....	18
3.1.1.5. Modul <i>Bluetooth</i>	19
3.1.2. Rancangan Sistem <i>Software</i>	19
3.1.2.1. Desain Aplikasi.....	19
3.1.2.2. Metode klasifikasi.....	22
3.2. Pengujian Sistem.....	23
3.3. Pengumpulan dan Analisis Data.....	26
3.4. Pengambilan Kesimpulan.....	26
BAB IV PENGUJIAN SISTEM.....	27
4.1. Keseluruhan Sistem.....	27

4.2.	Pengujian Sensor.....	27
4.2.1.	Pengujian Sensor Flex.....	27
4.2.2.	Pengujian Sensor FSR.....	28
4.2.3.	Pengujian Sensor GY-952.....	29
4.3.	Pengujian Pemodelan dan Klasifikasi Data	30
4.4.	Pengujian <i>Text-to-speech</i> dan <i>Speech-to-text</i>	31
4.5.	Pengujian Keseluruhan pada Subjek	33
4.6.	Pengujian Hasil Survei dan Umpan Balik Subjek.....	36
BAB V PEMBAHASAN		39
5.1.	Pengujian Sensor.....	39
5.1.1.	Pembahasan Pengujian Sensor Flex.....	39
5.1.2.	Pembahasan Pengujian Sensor FSR.....	41
5.1.3.	Pembahasan Pengujian Sensor GY-952.....	42
5.2.	Pembahasan Pengujian Pemodelan dan Klasifikasi Data	43
5.3.	Pembahasan Pengujian <i>Text-to-speech</i> dan <i>Speech-to-text</i>	45
5.4.	Pembahasan Pengujian Keseluruhan Sistem pada Subjek	46
5.5.	Pembahasan Pengujian Hasil Survei dan Umpan Balik Subjek.....	57
BAB VI PENUTUP		61
6.1.	Kesimpulan	61
6.2.	Rencana Pengembangan.....	61
DAFTAR PUSTAKA		63
BIODATA PENULIS		66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Abjad dalam SIBI	6
Gambar 2.2. Angka dalam SIBI	6
Gambar 2.4. Desain Hardware Pemasangan Komponen.....	8
Gambar 2.3. Desain Pemasangan Sensor Flex dengan Dijahit.....	9
Gambar 2.5. Diagram <i>Fishbone</i> Penelitian	13
Gambar 3.1. Sistem yang Diajukan	15
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3.3. <i>Conductive Ink-Based</i> Sensor Flex.....	16
Gambar 3.4. Sensor Tekanan FSR	17
Gambar 3.5. Spesifikasi Pin pada STM32F103C8T6 <i>Blue Pill</i>	18
Gambar 3.6. Modul IMU GY-952.....	18
Gambar 3.7. Desain Interface pada Aplikasi di <i>Smartphone</i>	20
Gambar 3.8. Modul <i>Bluetooth</i> HC-05	20
Gambar 3.9. Pemrograman untuk Fungsi <i>Text-to-Speech</i> dan <i>Speech-to-Text</i> pada MIT <i>App Inventor</i>	21
Gambar 3.10. Pemrograman untuk Fungsi <i>Bluetooth</i> pada MIT <i>App Inventor</i> ..	21
Gambar 3.11. Arsitektur ANN	23
Gambar 3.12. <i>Flowchart</i> Pengujian Sistem.....	25
Gambar 4.1. Peletakan Sensor FSR.....	29
Gambar 4.2. Tampilan pada Aplikasi saat <i>Bluetooth</i> Berhasil Terhubung	33
Gambar 5.1. Kalibrasi Sensor Flex pada Ibu Jari	39
Gambar 5.2. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Telunjuk.....	40
Gambar 5.3. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Tengah	40
Gambar 5.4. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Kelingking	41
Gambar 5.5. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Manis	41
Gambar 5.6. Kalibrasi Sensor FSR 2.....	42
Gambar 5.7. Kalibrasi Sensor FSR 1.....	42
Gambar 5.8. Kalibrasi Sensor GY-952 untuk Sumbu <i>Roll</i>	43
Gambar 5.9. Kalibrasi Sensor GY-952 untuk Sumbu <i>Pitch</i>	43
Gambar 5.10. Hasil Model <i>Loss</i>	44
Gambar 5.11. Hasil Model <i>Accuracy</i>	45
Gambar 5.12. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S1	49
Gambar 5.13. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S1	49
Gambar 5.14. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S2.....	50
Gambar 5.15. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S2.....	50
Gambar 5.16. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S3.....	51
Gambar 5.17. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S3.....	51
Gambar 5.18. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S4.....	52
Gambar 5.19. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S4.....	52
Gambar 5.20. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S5.....	53

Gambar 5.21. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S5.....	53
Gambar 5.22. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S6.....	54
Gambar 5.23. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S6.....	54
Gambar 5.24. Rata-rata Kesalahan Deteksi Isyarat Huruf	55
Gambar 5.25. Rata-rata Kesalahan Deteksi Isyarat Angka	55
Gambar 5.26. Pengujian pada Subjek S1	58
Gambar 5.27. Pengujian pada Subjek S2	58
Gambar 5.28. Pengujian pada Subjek S3	59
Gambar 5.29. Pengujian pada Subjek S4	59
Gambar 5.30. Pengujian pada Subjek S5	59
Gambar 5.31. Pengujian pada Subjek S6	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan Sistem Interpretasi Bahasa Isyarat	7
Tabel 4.1. Hasil Kalibrasi Sensor Flex	28
Tabel 4.2. Hasil Kalibrasi Sensor FSR	29
Tabel 4.3. Hasil Kalibrasi Sensor GY-952 pada Sumbu <i>Roll</i>	30
Tabel 4.4. Hasil Kalibrasi Sensor GY-952 pada Sumbu <i>Pitch</i>	30
Tabel 4.5. Hasil Pengujian <i>Software Text-to-Speech</i>	32
Tabel 4.6. Hasil Pengujian <i>Software Speech-to-Text</i>	33
Tabel 4.7. Karakteristik Subjek Uji	34
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S1	35
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S1	35
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S2	35
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S2	35
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S3	35
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S3	36
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S4	36
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S4	36
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S5	36
Tabel 4.17. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S5	36
Tabel 4.18. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S6	36
Tabel 4.19. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S6	36
Tabel 4.20. Hasil Survei mengenai Penggunaan Alat	38
Tabel 5.1. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S1	57
Tabel 5.2. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S2	57
Tabel 5.3. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S3	57
Tabel 5.4. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S4	57
Tabel 5.5. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S5	57
Tabel 5.5. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S5	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diambil dari website *World Health Organization* (WHO) yang dirilis pada 27 Februari 2023, ada lebih dari 5% orang di dunia (sekitar 430 juta jiwa) membutuhkan rehabilitasi untuk mengatasi gangguan pendengaran yang mereka alami. Diantaranya ada sekitar 432 juta orang dewasa dan 34 juta lainnya adalah anak-anak [1]. Sedangkan di Indonesia, khususnya Jawa Timur, penyandang tunarungu sebanyak 4.512 jiwa, penyandang tunawicara sebanyak 5.021 jiwa, dan penyandang tunarungu-wicara sebanyak 4.482 jiwa. Data tersebut diperoleh dari hasil sensus yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur pada tahun 2018 lalu. Para penyandang disabilitas ini memiliki keterbatasan dalam berkomunikasi dengan orang lain. Bahasa isyarat adalah salah satu solusi yang paling banyak digunakan dalam berkomunikasi dalam kegiatan sehari-hari mereka [2].

Bahasa isyarat adalah salah satu media komunikasi bagi para penyandang tuna rungu. Bahasa isyarat adalah bahasa visual non-verbal yang ditandai dengan tanda-tanda manual dan non-manual. Isyarat non-manual terdiri dari ekspresi wajah, gerakan mulut dan kepala, sedangkan isyarat manual terdiri dari gerakan tangan, jari, orientasi tangan dan isyarat [3][4]. Setiap negara di dunia memiliki standar bahasa isyarat masing-masing seperti *American Sign Language* (ASL), *German Sign Language* (GSL), *Brazilian Sign Language* [5]. Dalam menjalankan kegiatan sehari-hari, penyandang tunarungu dan tunawicara terkadang masih merasa terhambat karena kesulitan dalam berkomunikasi dengan orang disekitarnya. Dimana mereka sulit untuk memulai percakapan dengan bahasa isyarat karena lawan bicaranya yang tidak memahami bahasa isyarat [6]. Maka dari itu, dibutuhkan solusi yang mampu menyelesaikan hambatan dalam penggunaan bahasa isyarat ini. Dengan adanya perangkat asistif yang mampu menerjemahkan bahasa isyarat ke dalam bentuk suara dan teks serta menghasilkan umpan balik dengan mengkonversikan suara ke dalam bentuk teks secara *real-time*, akan memberikan kenyamanan dan kemudahan berkomunikasi bagi penyandang tunarungu dan penyandang tunawicara dalam melakukan kegiatan sehari-hari dan menjadi lebih produktif, sehingga hal ini menjadi sangat penting untuk dikembangkan [6].

Terdapat dua jenis metode yang digunakan untuk mendeteksi gerakan pada tangan, yang pertama berbasis visual dengan menggunakan kamera dan yang kedua berbasis nonvisual dengan menggunakan sensor. Namun pada metode berbasis visual, pengaruh dari lingkungan sangat mempengaruhi gambar yang dihasilkan. Selain itu, pengguna harus menunjukkan tangannya di depan kamera untuk menghasilkan pembacaan gerakan secara maksimal dan akurat. Oleh karena itu, metode deteksi gerakan tangan dengan berbasis sensor lebih dipilih untuk

merealisasikan perangkat asistif tersebut. Salah satu perangkat asistif yang banyak dikembangkan yaitu berupa sarung tangan cerdas (*Smart-Glove*). *Smart-Glove* menggunakan beberapa sensor seperti sensor flex, sensor tekanan, dan sensor inersia untuk mendeteksi adanya gerakan isyarat dan melakukan proses klasifikasi untuk menghasilkan interpretasi Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) [7].

1.2. Rumusan Masalah

Dari data yang diperoleh, jumlah penyandang tunarungu dan tunawicara maupun keduanya sangat tinggi. Hal ini tidak menutup kemungkinan mereka memiliki keterbatasan dalam berkomunikasi sehari-hari dan menjadi kurang produktif. Sedangkan teknologi asistif yang sudah ada masih kurang membantu karena beberapa hal seperti harganya yang mahal seperti *implant* koklea, dan masih jarang penelitian penerjemah SIBI di Indonesia. Pada penelitian sebelumnya, peneliti menyampaikan bahwa error pada hasil terjemahan beberapa abjad tertentu masih cukup tinggi. Pada penelitian ini fokus mengembangkan metode klasifikasinya menjadi *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mengklasifikasikan abjad dan angka SIBI, sehingga diharapkan akan memperbaiki penelitian sebelumnya, memanfaatkan algoritma *text-to-speech* sebagai *output* dan algoritma *speech-to-text* sebagai umpan baliknya untuk menghasilkan komunikasi dua arah yang berjalan lancar.

1.3. Batasan Masalah

Di Indonesia, ada dua jenis bahasa isyarat yang umum digunakan, yaitu Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Pada gerakan BISINDO, kebanyakan gerakan bahasa isyaratnya menggunakan dua tangan karena yang diterjemahkan berupa kata, sedangkan pada SIBI menggunakan satu tangan karena bepacu pada abjad. Pada penelitian ini hanya difokuskan untuk menerjemahkan abjad SIBI dan angka, sehingga untuk BISINDO masih belum diterapkan.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Ada beberapa tujuan dari penelitian ini. Pertama, peneliti ingin membuat sebuah alat asistif yang mampu membantu tunarungu-wicara dalam berkomunikasi. Seperti penjelasan pada latar belakang, bahwa mereka berkomunikasi menggunakan bahasa isyarat kepada sesama tunarungu-wicara ataupun bukan pada tunarungu-wicara. Disini peneliti ingin menyediakan alat asistif yang membantu mereka tanpa menghilangkan ciri utama dari metode komunikasi mereka, sehingga solusi yang ditawarkan oleh peneliti adalah membuat alat asistif untuk menerjemahkan bahasa isyarat. Lebih lengkapnya, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang teknologi asistif penerjemah SIBI yang terjangkau, akurat, serta portabel untuk digunakan oleh penyandang disabilitas tunarungu, tunawicara, dan tunarungu-wicara di Indonesia untuk mempermudah proses komunikasi antara

penyandang disabilitas dengan orang disekitarnya yang tidak mengerti bahasa isyarat. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai media belajar pada sekolah sehingga membantu proses pembelajaran.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menghadirkan aksesibilitas komunikasi yang lebih luas untuk penyandang tunarungu-wicara di Indonesia.

1.5. Kontribusi

Kontribusi dari penelitian ini dapat dilihat dari dua aspek, yaitu aspek ilmiah dan praktis. Pada aspek ilmiah, kontribusinya adalah menjadi suatu pengembangan untuk Pendidikan dan penelitian dalam bidang biomedik dan teknologi asistif, dimana fokus pengembangannya ada pada metode klasifikasi yang digunakan untuk meningkatkan akurasi dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini merupakan penggunaan sensor fusi yang akan menerjemahkan bahasa isyarat SIBI kedalam bentuk teks dan suara yang terintegrasi dengan smartphone dengan menggunakan *Bluetooth*. Kontribusi penelitian pada aspek praktis adalah sebagai alat asistif yang membantu penyandang tunarungu-wicara dapat berkomunikasi dalam kegiatan sehari-hari dengan lebih mudah sehingga menghadirkan aksesibilitas komunikasi yang lebih luas, sehingga proses komunikasi diantara penyandang dan bukan penyandang tidak ada batasan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komunikasi Penyandang Disabilitas Tunarungu-wicara

Penyandang disabilitas tunarungu adalah seseorang yang mengalami gangguan pendengaran mulai dari kondisi yang ringan hingga yang berat. Pada kondisi ringan biasanya dialami oleh penyandang tunarungu yang disebabkan oleh kecelakaan atau faktor usia, dimana mereka masih bisa mendengar namun dengan frekuensi rendah. Untuk kondisi ringan, biasanya penderitanya masih bisa berkomunikasi dengan bahasa lisan ataupun menggunakan alat bantu dengar, melakukan implan koklea, atau alat bantu seperti teks. Sedangkan pada penyandang disabilitas tunarungu dengan kondisi berat, umumnya sangat sedikit atau bahkan tidak bisa mendengar sama sekali ini dialami oleh penyandang tunarungu bawaan lahir atau genetik. Sehingga mereka menggunakan bahasa ibu berupa bahasa isyarat untuk berkomunikasi. Berbeda dengan penyandang disabilitas tunarungu, penyandang disabilitas tunawicara adalah seseorang dengan gangguan dalam berbicara dan tidak bisa bicara serta penyandang tunawicara umumnya bisa mendengar. Cara berkomunikasi penyandang disabilitas tunarungu tidak jauh berbeda dengan penyandang disabilitas tunawicara yang umumnya menggunakan bahasa isyarat sebagai bahasa utama. Di sisi lain, orang normal yang bukan penyandang tunarungu-wicara mengalami kesulitan untuk memahami apa yang disampaikan oleh penyandang tunarungu-wicara, begitu pula sebaliknya. Penyandang tunarungu-wicara membutuhkan seorang penerjemah bahasa isyarat untuk mengatasi kesulitan berkomunikasi dengan orang normal karena hanya beberapa orang yang memahaminya. Oleh karena itu, interaksi ini menciptakan komunikasi terbatas atau komunikasi satu arah. Beberapa orang akan mempelajari bahasa isyarat untuk bisa berkomunikasi dengan penyandang tunarungu-wicara. Bahasa isyarat adalah metode komunikasi dimana penggunaanya tidak menggunakan suara, tetapi menggunakan gerakan tangan, tubuh, dan bibir untuk menyampaikan sebuah informasi. Bahasa isyarat sendiri telah digunakan sebagai sistem komunikasi terutama oleh penderita tuli atau tunarungu dan tunawicara [7].

Saat ini, cara yang paling umum dilakukan untuk penyandang tunarungu berkomunikasi dengan orang normal ialah menggunakan bahasa isyarat dan teks. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, tidak semua orang memahami bahasa isyarat, sehingga dibutuhkan orang yang memahami bahasa isyarat atau jasa penerjemah bahasa isyarat. Solusi ini cukup efektif, tetapi untuk menyewa jasa penerjemah bahasa isyarat bukan hal yang mudah didapatkan oleh semua orang, hal ini bisa terjadi karena kendala biaya yang mana jasa penerjemah bahasa isyarat cukup mahal. Selain itu, dengan menggunakan jasa penerjemah bahasa isyarat mengakibatkan penyandang tunarungu-wicara kehilangan kemandiriannya. Sedangkan pada solusi teks, hal ini dirasa masih kurang efektif. Misalkan pada teks yang ditulis pada kertas, menulis teks akan lebih lambat dibandingkan dengan

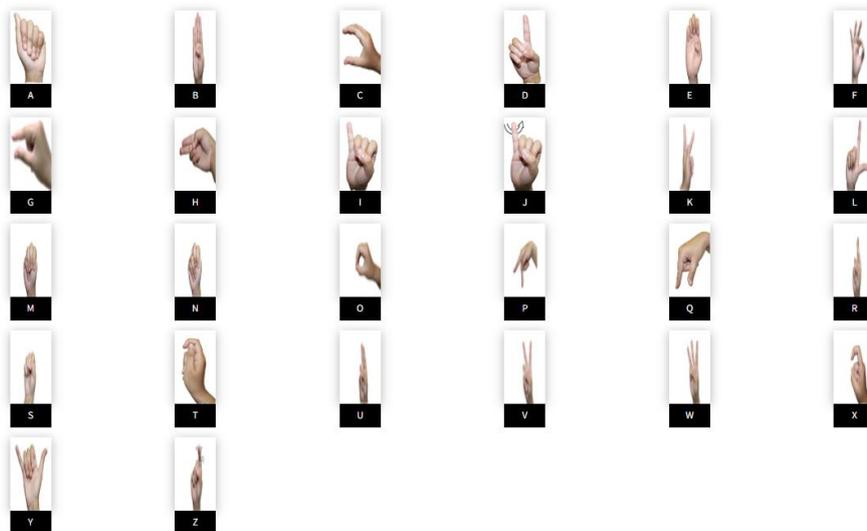
menggunakan bahasa isyarat. Sistem interpretasi bahasa isyarat memiliki manfaat besar dalam memungkinkan komunikasi dua arah antara individu dengan disabilitas tunarungu-wicara dan individu normal. Sistem ini melakukan terjemahan bahasa isyarat ke suara, memungkinkan penyandang disabilitas tunarungu-wicara untuk berkomunikasi dengan orang normal. Prosesnya melibatkan penyandang disabilitas tunarungu-wicara yang menggunakan bahasa isyarat, kemudian sistem ini menerjemahkannya ke suara melalui aplikasi pada *smartphone*. Selanjutnya, lawan bicara dapat memberikan umpan balik melalui sistem pengenalan ucapan yang juga terintegrasi dalam aplikasi *smartphone*. Dengan pendekatan ini, komunikasi dua arah dapat terjadi antara penyandang disabilitas tunarungu-wicara dan individu normal [7].

2.2. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)

Bahasa isyarat di setiap negara memiliki tanda yang berbeda. Misal di Amerika, jenis bahasa isyarat yang digunakan adalah *American Sign language* (ASL). ASL adalah salah satu bahasa visual yang lengkap dengan menggunakan tanda-tanda yang dibuat melalui gerakan tangan yang dikombinasikan dengan ekspresi wajah juga gestur tubuh [8].

Sedangkan di Indonesia sendiri mempunyai dua sistem bahasa isyarat yang digunakan, yaitu Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). BISINDO merupakan penyesuaian dari *American Sign language* (ASL) dengan budaya asli Indonesia sehingga mudah digunakan. Sedangkan SIBI adalah bahasa isyarat yang mengadopsi ASL. SIBI berupaya untuk mengalihkan bahasa masyarakat umum ke dalam bahasa isyarat. Upaya ini berbeda dengan bahasa isyarat yang biasa berkembang diantara penyandang tunarungu secara alami dan bisa memiliki tata dan aturan yang berbeda dengan Bahasa Indonesia. SIBI secara resmi digunakan oleh semua Sekolah Luar Biasa (SLB) dibawah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud). Peraturan penggunaan SIBI sudah diatur dalam peraturan Menteri Pendidikan Republik Indonesia nomor 0161/U/1994. SIBI memiliki 26 ejaan jari yang menunjukkan 26 alphabet dengan menggunakan satu tangan. 24 tanda berupa gerakan statis serta 2 tanda berupa gerakan dinamis (J dan Z) [9].

Dibandingkan SIBI, BISINDO lebih sering ditemukan di kalangan penyandang tunarungu-wicara. BISINDO disampaikan dengan menggunakan dua tangan, sedangkan SIBI hanya menggunakan satu tangan. SIBI telah diresmikan pemerintah, namun SIBI lebih sering digunakan pada pembelajaran di Sekolah Luar Biasa (SLB). SIBI dianggap lebih sulit digunakan karena mengandung kosakata yang baku dan rumit, serta memiliki awalan dan akhiran. Kelebihan dari penggunaan SIBI adalah sifatnya yang universal, jadi tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan dengan bahasa isyarat negara lain [9]. Abjad dalam SIBI dapat dilihat pada Gambar 2.1. Angka dalam SIBI dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1. Abjad dalam SIBI [14]



Gambar 2.2. Angka dalam SIBI [18]

2.3. Teknologi Asistif untuk Penerjemah Bahasa Isyarat

Saat ini, perkembangan teknologi bantu untuk menerjemahkan bahasa isyarat terus mengalami kemajuan. Teknologi ini bertujuan mengatasi masalah yang timbul dari metode tradisional interpretasi bahasa isyarat, seperti menggunakan penerjemah bahasa isyarat atau penulisan teks. Teknologi bantu interpretasi bahasa isyarat dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu berbasis visual yang menggunakan kamera, dan berbasis non-visual dengan menggunakan sarung tangan. Dalam penelitian-penelitian yang berfokus pada penggunaan sarung tangan, terdapat perbedaan signifikan dalam hal bahasa isyarat yang digunakan, jenis sensor yang digunakan, metode interpretasi isyarat, dan teknik klasifikasi yang diterapkan. Tabel 2.1. berikut menunjukkan perbedaan beberapa penelitian yang sebelumnya telah dilakukan.

Tabel 2.1. Perbandingan Sistem Interpretasi Bahasa Isyarat

Peneliti, Tahun	Bahasa Isyarat	Sensor	Tipe Interpretasi	Metode Klasifikasi
J. Wu, L. Sun and R. Jafari, 2016 [3]	<i>American Sign Language</i>	Sensor IMU dan sEMG	Kata	LibSVM
T. Simões Dias, J. J. A. M. Júnior and S. F. Pichorim, 2021 [5]	<i>Brazilian Sign Language (Libras)</i>	Sensor flex, sensor IMU, dan sensor kontak	Huruf abjad	<i>Random Forest</i>
B. G. Lee and S. M. Lee, 2018 [6]	<i>American Sign Language</i>	Sensor flex, sensor IMU, dan sensor tekanan	Huruf abjad	LibSVM
A. Retnoningsih, A. Arifin, F. Arrofiqi, 2023 [7]	Sistem Isyarat Bahasa Indonesia	Sensor Flex, sensor IMU dan sensor tekanan	Huruf abjad	<i>Smallest Error Detection</i>
E. S. Haq, D. Suwardiyanto and M. Huda, 2018 [8]	Sstem Isyarat Bahasa Indonesia	Sensor flex dan sensor IMU	Huruf abjad dan angka	<i>Mapping finger condition</i>

Tabel 2.1. menunjukkan perbedaan beberapa penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh penelitian [3][5][6][7] dan [8], penjelasan mengenai penelitian-penelitian ini akan dijelaskan pada Sub Bab 2.3.1. Sensor dan 2.3.2. Pemrosesan Data. Lima penelitian tersebut digunakan sebagai perbandingan utama terkait penggunaan sensor dan hasil interpretasi. Beberapa penelitian lain seperti penelitian [12][13][14][15] dan [16] akan dijelaskan dibawah pada Sub Bab 2.3.2. Pemrosesan Data untuk membandingkan secara sederhana metode pemrosesan datanya.

2.3.1. Sensor

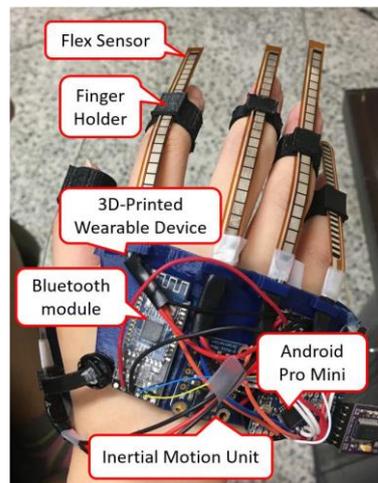
Sensor adalah perangkat yang mengukur suatu parameter tertentu dengan cara mengubahnya keluarannya kedalam bentuk elektrik. Dari beberapa penelitian yang disebutkan pada Tabel 2.1., ada beberapa jenis sensor yang dapat digunakan dalam interpretasi bahasa isyarat berbasis sarung tangan. Beberapa jenis sensor tersebut ialah sensor sEMG, sensor flex, sensor tekanan, dan sensor IMU atau sensor inersia. Penelitian [3] menggunakan gabungan sensor sEMG dan sensor IMU untuk menghasilkan interpretasi kata dalam ASL, metode yang digunakan adalah LibSVM sama dengan penelitian [6]. Sensor flex atau sensor lentur banyak digunakan di berbagai bidang karena sifatnya yang mengubah resistansinya ketika ditekuk. Secara khusus, sensor ini dapat diterapkan pada segmen manusia di perangkat biomedis untuk mencatat postur statis dan dinamis. Terlepas dari sifatnya, sensor flex ini memiliki ketahanan yang baik, harga yang murah, dan tahan lama. Sensor ini sering menunjukkan respons non-linear dan sensitivitas yang lebih rendah pada sudut tekukan yang kecil. Sensor flex ini nantinya akan dipasangkan

pada tiap jari tangan, dengan panjang sensor yang menyesuaikan ukuran panjang jari tangan [6].

Sensor tekanan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan untuk huruf dengan bentuk gerakan yang mirip. Sensor tekanan ini bekerja ketika permukaan ditekan, maka nilai resistansinya akan berkurang dan tidak akan berubah nilai resistansinya meskipun sudah dilenturkan. Sensor tekanan ini nantinya akan diposisikan di bagian depan atas dan samping atas jari tengah menghadap jari telunjuk [6].

Sensor inersia adalah sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan, percepatan, dan orientasi suatu objek dalam tiga dimensi. Sensor inersia biasanya disebut dengan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*), teknologi sensor ini cocok untuk menciptakan sistem penangkapan gerakan yang murah, mudah digunakan, dan portabel. Sensor inersia konvensional terdiri atas akselerometer dan giroskop, yang dapat mengukur akselerasi dan kecepatan rotasi. Dengan dua informasi ini, sudut *pitch* (gerakan keatas dan kebawah) dan *roll* (gerakan memutar dan berotasi) dari subjek dapat dihitung [6][7].

Sebagai contoh pemasangan sensor flex dengan dijahit dapat dilihat pada Gambar 2.4. Sedangkan pada penelitian [6], sensor flex dipasangkan kepada *finger holder* yang dibuat dengan menggunakan *3D printing* dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran jari. Pemasangan sensor flex dengan *finger holder* dapat dilihat pada Gambar 2.3. Pada penelitian [6] dan [7] ukuran sensor flex disesuaikan dengan panjang jari, yaitu 4,5 inci pada jari telunjuk, jari tengah, dan jari manis, sedangkan untuk jempol dan kelingking menggunakan panjang 2,2, inci. Cara memasang sensor flex ini adalah dijahit menyatu dengan sarung tangan seperti pada penelitian [7].



Gambar 2.3. Desain Hardware Pemasangan Komponen [5]



Gambar 2.4. Desain Pemasangan Sensor Flex dengan Dijahit [7]

Selain sensor flex, sensor lain yang akan digunakan yaitu sensor tekanan atau dalam kata lain yaitu *Force Sensitive Resistor* (FSR). Cara kerja sensor ini adalah menghasilkan nilai resistansi yang akan berubah-ubah ketika mengalami tekanan pada permukaannya. Sensor ini mengukur gaya pada rentang 1kN hingga 100kN. Semakin besar gaya yang diterapkan pada permukaan sensor, maka nilai resistansi yang dihasilkan semakin turun. Pada penelitian [5] menggunakan sensor kontak atau sensor sentuh yang akan menggantikan peran sensor FSR. Ada dua pasang sensor kontak yang digunakan, satu pasang sensor terpasang di ujung jari tengah depan dan jari telunjuk belakang (sisi punggung tangan), satu pasang lainnya terpasang berhadapan di sisi kiri jari telunjuk dan di sisi kanan jari tengah. Sensor kontak yang terbuat dari kain berlapis perak yang dijahit pada sarung tangan dengan benang konduktif dari serat baja tahan karat untuk mendeteksi gerakan menempel dan tumpang tindih antara jari telunjuk dan jari tengah. Ukuran dari sensor kontak sendiri disesuaikan dengan ukuran sarung tangan. Dari penelitian-penelitian pada Tabel 2.1. ada beberapa penelitian yang menggunakan sensor tekanan, seperti pada penelitian [6] dan [7]. Pada penelitian [6] digunakan dua buah sensor tekanan yang dipasangkan pada jari tengah bagian samping (dekat jari telunjuk) dan depan (sisi telapak tangan). Pemasangan ini bermaksud untuk membaca beberapa huruf yang memiliki gerakan mirip seperti huruf “U” dan “V” yang hanya dibedakan dengan jarak antara jari telunjuk dan jari tengah. Dimana ketika huruf “U” tidak ada jarak antara jari tengah dan jari telunjuk, namun ketika huruf “V” ada jarak antara jari tengah dan telunjuk. Selain itu, pemasangan sensor tekanan pada bagian depan jari tengah digunakan untuk membaca huruf “R”, dimana huruf ini membutuhkan gerakan yang tumpang tindih antara jari tengah dengan jari telunjuk. Pada penelitian [7], satu buah sensor FSR dipasangkan di depan jari tengah dan sisi kiri

jari telunjuk, fungsinya yaitu untuk membedakan huruf “U” dan “V” serta membaca huruf “R”.

Sensor terakhir yang akan digunakan yaitu sensor inersia yang umumnya menggunakan modul cakupan akselerometer dan giroskop. Dengan akselerometer, akan membantu membedakan gerakan dan rotasi benda untuk memantau orientasi objek yang sedang bergerak. Dengan tambahan giroskop yang digunakan untuk mengukur kecepatan sudut dan seberapa cepat suatu benda berputar akan membantu mengukur gerakan objek dengan menyajikan data mengenai percepatan di tiga arah dan ditambah dengan rotasi di sekitar sumbu. Semua penelitian pada Tabel 2.1. menggunakan sensor IMU untuk mendeteksi gerakan tangan saat melakukan gerakan isyarat dinamis seperti huruf “J” dan “Z”. Modul IMU yang akan digunakan ialah GY-952 dimana didalamnya telah terdapat akselerometer dan giroskop yang telah memenuhi kebutuhan untuk pendeteksian gerakan tangan 3 sumbu [7].

2.3.2. Pemrosesan Data

Pemrosesan data dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler adalah perangkat yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan data sensor dan melakukan pemrosesan data untuk mengenali dan mengirimkan tanda ke *output port* untuk disajikan di tahap akhir.

Pada penelitian [5] digunakan mikrokontroler Arduino Mega yang dikombinasikan dengan sensor untuk mengembangkan sistem interpretasi huruf Libras atau *Brazilian Sign Language*. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini dipisahkan menjadi tiga fase berbeda, yaitu fase konstruksi, fase gestur huruf, dan fase relaksasi. Setiap fase ini dianalisis menggunakan metode klasifikasi yang berbeda. Data-data ini disimpan menggunakan perangkat lunak LabVIEW. Hasil yang paling akurat mencapai tingkat akurasi tertinggi sebesar 96,15% dengan menggunakan metode klasifikasi *Random Forest* (RF).

Selanjutnya pada penelitian [6], peneliti menggunakan mikrokontroler Arduino Pro Mini untuk menginterpretasikan bahasa isyarat ASL. Dalam penelitian ini, metode LibSVM digunakan untuk mengklasifikasikan data yang diperoleh dari sensor. Setelah identifikasi huruf abjad, informasi tersebut akan dikirimkan ke aplikasi pada ponsel cerdas melalui koneksi *Bluetooth*. Hasil uji coba tanpa memanfaatkan sensor tekanan menghasilkan tingkat keakuratan sebesar 65,7%. Namun, saat sensor tekanan digunakan dalam pengujian, tingkat akurasi meningkat menjadi 98,2%.

Pada penelitian [7], peneliti menggunakan modul mikrokontroler STM32F103C8T6 *Blue Pill*. Mikrokontroler akan melakukan pemrosesan data masukan sensor untuk menghasilkan hasil deteksi sinyal. Setelah data-data dari gerakan isyarat tersebut terekam, data diklasifikasikan sesuai dengan kamus yang merujuk pada rule map. Setelahnya data diproses dengan algoritma *switch case* dan metode *smallest error detection*, sehingga hasil input isyarat sesuai dengan kamus

SIBI yang telah tersedia. SIBI yang telah terdeteksi akan disegmentasikan menjadi kata, yang memperhatikan spasi dari tiap huruf dan gestur untuk mengakhiri kata. Setelah gestur untuk mengakhiri kata terdeteksi, kata yang terbentuk dikirimkan ke aplikasi *smartphone* dengan menggunakan komunikasi *Bluetooth* untuk menjadi keluaran.

Penelitian yang dilakukan oleh [8] menggunakan mikrokontroler Arduino Nano untuk menginterpretasikan SIBI. Nano yang secara akurat memetakan huruf dan angka Indonesia melalui algoritma pemetaan untuk mengurangi kompleksitas proses. Aplikasi Android ini juga memungkinkan orang biasa untuk mengirim informasi menggunakan konversi ucapan ke teks dan kemudian akan dikonversi menjadi animasi GIF. Penelitian [8] menggunakan beberapa jenis metode klasifikasi dengan hasil terbaik didapatkan oleh metode LibSVM. Dari eksperimen yang dilakukan, diperoleh tingkat keakuratan sekitar 96,16% dalam uji yang dilakukan oleh individu yang sama, dan rata-rata tingkat keakuratan sekitar 85,24% dalam evaluasi antar-sesi oleh individu yang sama. Sistem ini berhasil menginterpretasikan beberapa kata pendek, seperti *thank, my, have, please, work, tall, girl, sorry, doctor, dan boy*.

Selanjutnya, penelitian [12] dan [13] menggunakan mikrokontroler Arduino Pro Mini. Semua data dari sensor-sensor diproses dan di-*multiplex* secara nirkabel melalui *Bluetooth*. Sebuah file suara yang sesuai akan diputar oleh modul audio saat nilai-nilai sensor sesuai dengan gerakan yang dihasilkan. Ketika tidak ada tanda yang dibuat, sistem memiliki kemampuan untuk beralih ke mode tidur, yang memungkinkannya menghemat daya. Desain sistem ini menggunakan algoritma sederhana yang langsung memetakan gerakan melalui proses pencarian, sehingga menghindari perhitungan yang rumit.

Pada penelitian [14], mikrokontroler akan mengatur dan mengontrol sensor yang ada pada *DataGlove*. Kemudian data dari sensor akan dikumpulkan dan disimpan dalam format yang sesuai. Dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega, *DataGlove* dapat mengakuisisi data gerakan tangan yang diperlukan untuk membangun *dataset Malaysian Sign Language (MSL)*. Pada penelitian ini, peneliti membandingkan beberapa metode *machine learning* dan diperoleh hasil penelitian bahwa metode terbaik adalah *Artificial Neural Network (ANN)*, *Random Forest (RF)*, dan *K-Nearest Neighbors (K-NN)*.

Pada penelitian [15] tidak disebutkan tipe mikrokontroler yang digunakan. Penelitian ini fokus pada metode *machine learning* yang mereka gunakan. Peneliti menerjemahkan SIBI dengan sensor flex yang telah terpasang di sarung tangan. Metode yang digunakan adalah KNN dan ANN, serta pengujian secara *real-time*. Pembuatan program klasifikasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Hasil akurasi model ANN menghasilkan akurasi 93% dengan *loss* 0,2134. Untuk model KNN dengan nilai $k=7$ menghasilkan akurasi 99%. Pengujian *real-time* diuji menggunakan model KNN dengan nilai $k=7$ mendapatkan akurasi rata-rata 75%.

Penelitian [16] adalah penelitian yang menggunakan hardware yang sama dengan penelitian [7], metode penelitian yang digunakan yaitu *classification rule* dan *smallest error detection*, akan tetapi pada penelitian [16] lebih difokuskan untuk menganalisis hasil interpretasi SIBI ketika *Smart-Glove* memiliki ukuran yang berbeda. Hasil yang diperoleh memiliki tingkat akurasi yang lebih rendah daripada penelitian [7], yaitu 75,64% untuk klasifikasi alfabet, dan 90% untuk protokol kata.

2.4. Aplikasi pada *Smartphone*

Aplikasi pada *smartphone* digunakan untuk menampilkan output dari bahasa isyarat yang telah dikonversi dan untuk menyampaikan umpan balik dari lawan bicara. Pada penelitian [7], aplikasi dibuat dengan memanfaatkan *MIT App Inventor* yang diberikan algoritma *text-to-speech* untuk mengubah *output* teks menjadi suara. Komunikasi data dari perangkat *hardware* ke aplikasi memanfaatkan modul komunikasi *Bluetooth* untuk mengirimkan setiap huruf yang terdeteksi. Huruf tersebut kemudian ditampilkan pada layar aplikasi dan dikonversi menjadi suara dengan algoritma *text-to-speech*.

2.5. Implementasi *text-to-speech* dan *speech-to-text* menggunakan *Smartphone*

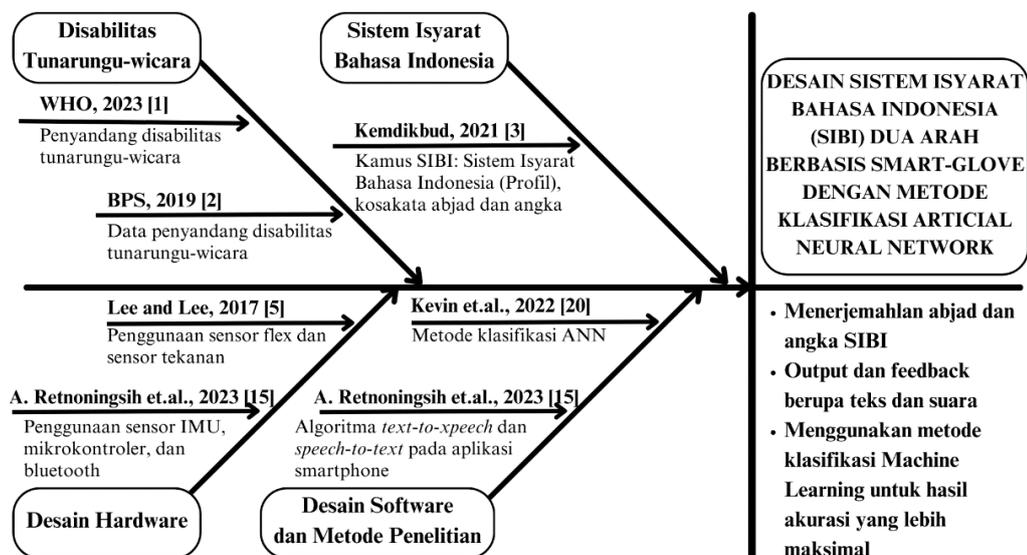
Fitur *text-to-speech* dan *speech-to-text* dapat menjadi keluaran dan umpan balik dari sebuah perangkat. Fitur *text-to-speech* akan mengkonversikan keluaran teks ke dalam bentuk suara, sedangkan *speech-to-text* akan mengkonversikan masukan dari yang awalnya berupa suara yang direkam sehingga menjadi teks yang dapat dibaca. Dalam penelitian sarung tangan bahasa isyarat, posisi jari-jari saat melakukan gerakan isyarat dideteksi dan akan dikonversi menjadi teks menggunakan teknik pemrosesan gambar. Pola jari dikenali oleh fitur dan sistem akuisisi data digunakan untuk ekstraksi citra telapak tangan dan deteksi tanda, kemudian dikonversi menjadi teks. Bahasa isyarat akan diimplementasikan ke dalam *speech-to-text* dan *text-to-speech* menggunakan perangkat *smartphone*. Sebagai contoh, dengan memanfaatkan fitur yang disediakan Google, akan membantu implementasi fitur *speech-to-text* dan *text-to-speech*. Interpretasinya sendiri bisa melalui penggunaan aplikasi yang terhubung dengan perangkat sarung tangan melalui *Bluetooth*. Setelah perangkat sarung tangan dan *smartphone* terhubung, aplikasi akan mulai menerima data dalam bentuk teks sebagai keluaran terjemahan bahasa isyarat. Teks yang diterima akan ditampilkan di layar. Kemudian, fitur *text-to-speech* akan digunakan untuk mengubah teks menjadi suara [7].

Penelitian [7] menunjukkan umpan balik yang menarik. Sebagai umpan balik dari keluaran yang berupa teks ataupun suara, lawan bicara bisa menyampaikan tanggapannya melalui fitur teks ataupun fitur *speech-to-text*. Dengan fitur teks biasa, lawan bicara bisa mengetikkan tanggapannya pada layar *smartphone*.

Sedangkan dengan fitur *speech-to-text*, lawan bicara bisa menyampaikan tanggapannya dengan berbicara yang ucapannya akan direkam pada *smartphone* untuk kemudian dikonversikan kedalam bentuk teks agar bisa dibaca oleh pengguna bahasa isyarat tunarungu-wicara.

2.6. Rasional

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, dibuat diagram *fishbone* seperti pada Gambar 2.5. Diagram *fishbone* ini mengandung aspek-aspek penting yang digunakan untuk menyusun rencana pelaksanaan penelitian. Diantaranya terdapat data karakteristik penyandang disabilitas tunarungu-wicara sebagai acuan [1]. Data yang didapatkan berdasarkan data BPS Jawa Timur [2]. Jenis bahasa isyarat yang digunakan adalah SIBI, dengan acuan gerakan bahasa isyarat sesuai dengan yang disediakan pada *website* Kemendikbud [4]. Desain *hardware* didasarkan pada penelitian [6] dan [7] yang memanfaatkan lima buah sensor flex, dua buah sensor tekanan, dan sensor IMU untuk membaca data gerakan bahasa isyarat. Jenis mikrokontroler disesuaikan dengan penelitian [7] yang memanfaatkan mikrokontroler STM32F103C8T6 *Blue Pill*. Data yang diperoleh akan dicocokkan dengan kamus SIBI sehingga hasil yang didapatkan sesuai. Kemudian data akan dikirim ke aplikasi pada *smartphone* dengan memanfaatkan modul komunikasi *Bluetooth* dan hasilnya akan ditampilkan pada aplikasi baik dalam bentuk teks maupun suara. Aplikasi pada *smartphone* akan dibuat dengan menggunakan *website MIT App Inventor* dengan interpretasi algoritma *text-to-speech* untuk *output* dan algoritma *speech-to-text* untuk umpan balik seperti pada penelitian [7]. Metode yang akan digunakan adalah ANN, alasan penggunaan metode ini adalah untuk memperbaiki akurasi dari penelitian sebelumnya. Penelitian yang saat ini dilakukan adalah lanjutan dari penelitian [7]. Materi mengenai ANN ini diperoleh dari penelitian [15].



Gambar 2.5. Diagram *Fishbone* Penelitian

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab Metodologi akan dibahas mengenai tahapan pelaksanaan penelitian yang tertera dalam diagram alir penelitian pada Gambar 3.1. Isi diagram alir adalah Studi Pustaka, Gambaran Sistem, Pengujian Sistem, Pengumpulan dan Analisis Data serta Pengambilan Kesimpulan. Studi Pustaka telah dibahas pada Bab II. Berikut akan dijelaskan subbab-subbab selanjutnya.

3.1. Gambaran Sistem

Penelitian yang diusulkan ini merupakan pengembangan dari penelitian [7]. Pada penelitian [7], ketepatan akurasi pada pendeteksian setiap huruf alfabet adalah sebesar 78,86% dan keakuratan protokol kata sebesar 88%. Sedangkan pada konversi *text-to-speech* dan *speech-to-text* memiliki nilai akurasi mencapai 100%. Konversi *speech-to-text* memanfaatkan *API Google Voice Recognition*. Dari nilai rata-rata presentasi error di setiap huruf alfabet diperoleh hasil terbesar yaitu 60% pada huruf 'N', hal ini terjadi karena huruf 'N' sendiri memiliki bentuk isyarat yang cukup rumit. Kelemahan yang disampaikan oleh penelitiannya adalah penggunaan *flex sensor* itu sendiri, dimana semakin sering sensor tersebut digunakan, maka nilai resistansinya semakin besar, sehingga diperlukan pembaruan pada kamus ADC setiap akan dilakukan pengujian. Penempatan sensor FSR juga perlu dipertimbangkan kembali sebab sensor tersebut sangat rentan untuk rusak apabila kaki sensor tertekuk.

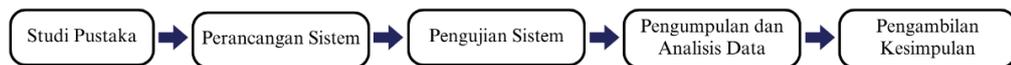
Sehingga pada penelitian ini, peneliti ingin meningkatkan akurasi alat dengan mengubah metode yang digunakan. Di penelitian ini *hardware* yang digunakan adalah sama dengan penelitian [7]. Peneliti mempertimbangkan masukan yang diberikan dari penelitian sebelumnya mengenai penempatan sensornya. Disini juga peneliti akan memberikan tampilan desain *software* yang lebih menarik dan adaptif, sehingga akan mempermudah penggunaannya. Dalam penelitian ini, diajukan dua jenis perangkat, yakni sarung tangan sebagai *hardware* yang digunakan oleh individu tunarungu-wicara, dan *software* berupa aplikasi di *smartphone* dan arsitektur ANN untuk metode klasifikasi.

Dalam penelitian ini, diajukan suatu sistem penerjemah bahasa isyarat SIBI menjadi suara bagi individu tunarungu-wicara, sebagaimana tergambar pada Gambar 3.2. Gambaran sistem tersebut adalah bentuk modifikasi dari gambaran sistem penelitian sebelumnya. Penelitian difokuskan pada perubahan metode klasifikasi data yang digunakan. Jika pada penelitian [7] metode yang digunakan *smallest error detection*, pada penelitian ini metode diubah menjadi ANN. Garis panah putus-putus menandakan bahwa proses dilakukan diluar *Smart-Glove*, sedangkan garis panah bersambung dilakukan didalam *Smart-Glove*.

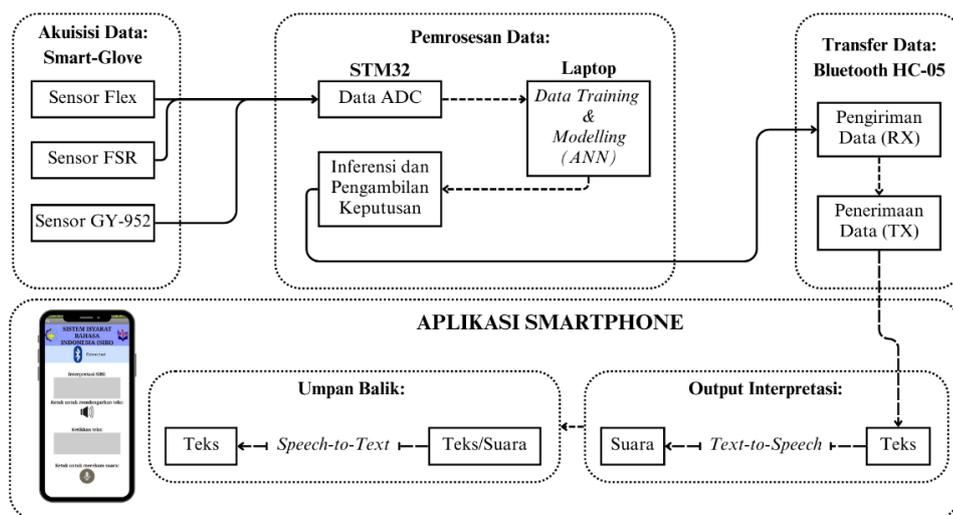
Komponen utama sistem ini mencakup sarung tangan penerjemah dan aplikasi pada *smartphone*. Sarung tangan dilengkapi dengan sensor flex untuk

mendeteksi gerakan isyarat, di mana setiap tekukan jari menghasilkan resistansi yang berbeda. Selain itu, sensor tekanan digunakan untuk menerjemahkan huruf dengan posisi jari yang saling menekan, seperti huruf 'R'. Isyarat huruf SIBI yang memiliki perbedaan pada besar sudut kedua ruas jari, seperti 'U' dan 'V', dibedakan melalui pemasangan sensor tekanan pada ruas jari telunjuk dan jari tengah. Untuk huruf-huruf tertentu seperti 'J' dan 'Z', yang memiliki sifat dinamis, digunakan sensor akselerometer dan giroskop untuk membaca gerakannya.

Setelah merekam data dari gerakan isyarat, langkah selanjutnya adalah melakukan *preprocessing* pada data menggunakan filter digital. Data yang tersebut kemudian diolah menggunakan metode klasifikasi *Artificial Neural Network* (ANN) agar isyarat input dapat sesuai dengan kamus SIBI yang tersedia. Data dari sensor akan diubah menjadi file .csv lalu data dikelompokkan berdasarkan subjek dan gestur. Pada proses ANN, diawali dengan menerima nilai inputan pada node input, lalu dilakukan perhitungan nilai bobot berdasarkan fungsi aktivasi, sehingga menghasilkan output terakhir dari *hidden layer*. Isyarat SIBI yang teridentifikasi akan dipecah menjadi angka atau huruf. Setelah gestur untuk mengakhiri kata terdeteksi, kata yang terbentuk akan dikirimkan melalui komunikasi *Bluetooth* ke aplikasi *smartphone*. Hasil berupa teks akan ditampilkan pada aplikasi di *smartphone* dan dapat diubah menjadi *output* suara menggunakan algoritma *text-to-speech*. Setelah suara tersebut didengar oleh lawan bicara subjek, lawan bicara akan memberikan umpan balik. Sistem umpan balik ini menggunakan algoritma *speech-to-text* sehingga teks yang ditampilkan dapat dibaca oleh penyandang disabilitas tunarungu-wicara.



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Sistem yang Diajukan

3.1.1. Rancangan Sistem *Hardware*

Desain *hardware*, khususnya sarung tangan, memilih material yang memberikan kenyamanan bagi pengguna, dengan sensor flex dipasang pada setiap jari. Penataan kabel dan komponen lainnya diatur sedemikian rupa dalam suatu wadah untuk memastikan kenyamanan dan tidak mengganggu pengguna selama penggunaan alat. Modul *hardware* yang digunakan meliputi STM32F103C8T6 *Blue Pill*, 5 sensor flex, IMU GY-952, 2 sensor tekanan FSR, dan modul *Bluetooth* HC-05. Selain itu, peneliti juga mempertimbangkan untuk membuat sarung tangan dengan beberapa ukuran yang berbeda. Dimana pada penelitian tersebut menggunakan *hardware* yang sama, akan tetapi menggunakan sarung tangan dengan tiga ukuran yang berbeda. Pada sensor flex dan FSR tidak dijahit langsung pada sarung tangan, melainkan dijahit pada kain terpisah yang nantinya akan dipasangkan pada tiap jari sarung tangan sesuai ukuran yang dibutuhkan ketika akan digunakan. Sedangkan cara pemasangan sensor IMU yaitu sama, keduanya menggunakan material *velcro* untuk menempelkan *box* berisi sensor IMU di punggung tangan. Alasan dari pertimbangan ini ialah ukuran sarung tangan yang sesuai akan memberikan dampak yang signifikan pada akurasi sistem interpretasi, sebab selisih nilai ADC antar ukuran cenderung signifikan. Secara umum, desain sarung tangan mengacu pada gambar yang terdapat dalam Gambar 2.3.

3.1.1.1. Sensor Flex

Sensor flex disini digunakan untuk mendeteksi gerakan dan tekukan dari jari tangan. Jenis sensor flex yang akan digunakan adalah *conductive ink-based* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Sensor flex yang digunakan sebanyak lima buah dan diletakkan pada masing-masing jari tangan. Pada jari jempol dan jari kelingking akan digunakan sensor flex dengan ukuran 2,2 inci, sementara jari lainnya (jari telunjuk, jari tengah, dan jari manis) akan digunakan sensor flex dengan ukuran 4,5 inci. Dari lima sensor flex akan diperoleh 243 kombinasi untuk 3 kondisi tekukan jari, yaitu pada sudut 0° , 90° dan 120° . Penerapan sensor flex ini akan disambungkan dengan resistor dan menggunakan prinsip rangkaian *voltage divider* untuk memperoleh nilai sensornya. Data dari sensor flex ini digunakan sebagai dataset utama sebelum data yang diperoleh akan diklasifikasikan bersamaan dengan hasil data sensor yang lain [7].



Gambar 3.3. *Conductive Ink-Based* Sensor Flex [17]



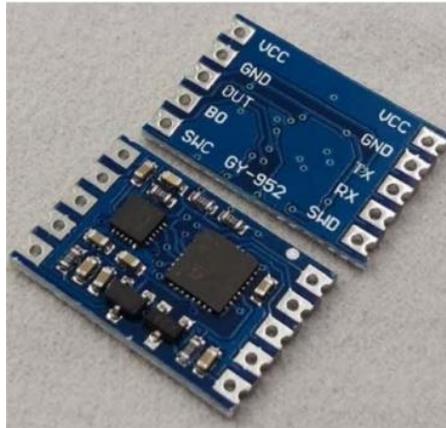
Gambar 3.4. Sensor Tekanan FSR [18]

3.1.1.2. Sensor Tekanan FSR

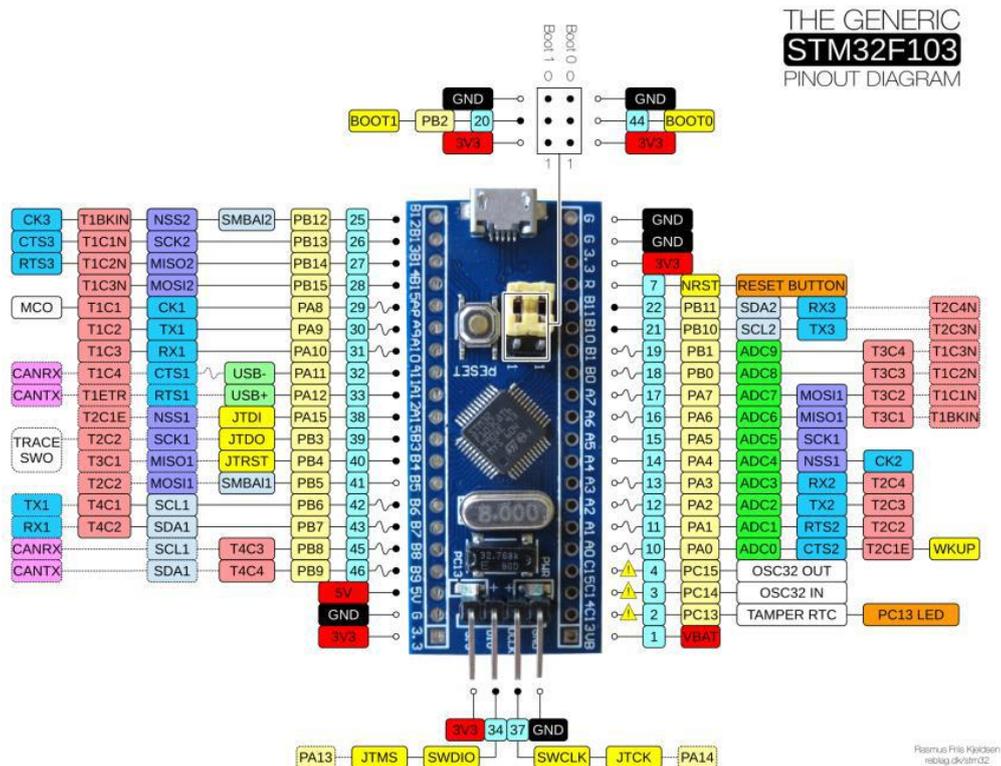
Sensor tekanan pada Gambar 3.4. ini digunakan untuk membedakan huruf yang nilai tekukannya sama dan hanya berbeda jarak antara satu jari dengan jari yang lain seperti huruf 'U' dan 'V'. Sensor FSR yang digunakan sejumlah dua buah dengan diameter 0,5 inci. Penggunaan dua buah sensor ini untuk mengatasi kekurangan deteksi huruf R dan N pada penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dari penelitian. Prinsip kerja yang digunakan adalah pada saat permukaan sensor mendeteksi adanya tekanan maka akan berlaku logika 1, dan apabila tidak terdeteksi tekanan pada sensor maka akan menghasilkan logika 0 [6]. Penerapan sensor tekanan ini sama dengan sensor flex, yaitu akan disambungkan dengan resistor dan menggunakan prinsip rangkaian *voltage divider* untuk mendapatkan nilai sensornya [7].

3.1.1.3. Sensor IMU

Sensor IMU yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.5. Tipe modul IMU GY-952 sudah terdapat akselerometer dan giroskop. Akselerometer mendeteksi perubahan percepatan gravitasi saat perangkat dimiringkan, sedangkan giroskop mengukur kecepatan sudut rotasi. GY-952 merupakan *tilt module* dengan prinsip kerja data gabungan dari giroskop dan akselerometer langsung pada data akhir. Modul ini memiliki dua cara untuk menampilkan data yaitu pada *port serial* atau *single-axis analog output* [7]. Modul ini dapat memberikan sudut *pitch* dan *roll* secara langsung. Sudut *pitch* adalah sudut rotasi perangkat terhadap sumbu horizontal yang tegak lurus terhadap arah gerak, sedangkan sudut *roll* adalah sudut rotasi perangkat terhadap sumbu horizontal yang sejajar dengan arah gerak. Sementara itu, sudut *yaw* (rotasi terhadap sumbu vertikal) tidak bisa diperoleh secara langsung oleh akselerometer karena sumbu *yaw* tidak terpengaruh oleh percepatan gravitasi. Selain itu, giroskop juga hanya bekerja untuk mengukur kecepatan sudut, bukan posisi absolut.



Gambar 3.6. Modul IMU GY-952 [19]



Gambar 3.5. Spesifikasi Pin pada STM32F103C8T6 Blue Pill [20]

3.1.1.4. Mikrokontroler

Mikrokontroler yang akan digunakan adalah STM32F103C8T6 Blue Pill seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Mikrokontroler ini dipilih sebagai pemroses data secara *real-time*, memiliki kecepatan pemrosesan data yang mampu mengakomodasi data dari sensor-sensor yang digunakan. Hal ini dikarenakan mikrokontroler ini memiliki prosesor inti *ARM Cortex-M3* yang memiliki kecepatan jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan tipe mikrokontroler

lain seperti Arduino. Namun, dalam membuat program untuk mikrokontroler STM32F103C8T6 tetap dapat memanfaatkan *Arduino IDE* dengan pengaturan tertentu. Mikrokontroler ini akan melakukan pemrosesan data yang dideteksi oleh sensor-sensor, kemudian hasil dari pemrosesan data akan dikirimkan menuju aplikasi pada *smartphone* dengan menggunakan komunikasi serial *Bluetooth* [7].

3.1.1.5. Modul *Bluetooth*

Modul *Bluetooth* yang digunakan adalah modul *Bluetooth* HC-05 yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Modul *Bluetooth* ini akan digunakan sebagai sistem komunikasi yang mengirimkan data yang akan ditampilkan pada layar *smartphone*. Pemilihan komunikasi *Bluetooth* ini dikarenakan proses transmisi datanya dapat berjalan dengan cepat dan modul tersebut juga hemat energi sehingga perangkat dapat digunakan dalam waktu yang lama. Walaupun *Bluetooth* tidak mampu menjangkau jarak jauh, komunikasi ini dipilih karena tidak membutuhkan koneksi internet, hal ini memberikan kelebihan yakni proses akan lebih mudah dan dapat digunakan dalam berbagai situasi mengingat kondisi internet di Indonesia sendiri masih belum stabil di beberapa tempat [7].

3.1.2. Rancangan Sistem *Software*

Desain software ini berupa aplikasi pada *smartphone* yang digunakan untuk menampilkan kata terjemahan dari gerak isyarat dan desain metode klasifikasi dengan ANN.

3.1.2.1. Desain Aplikasi

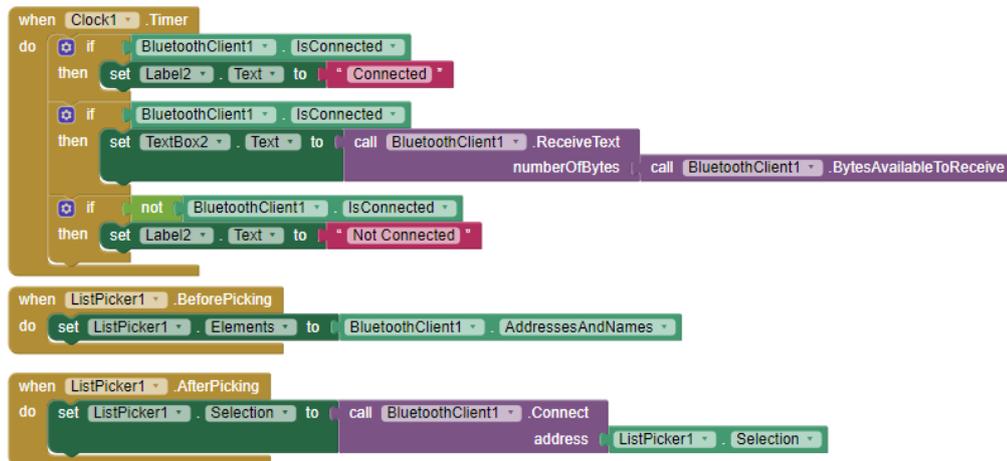
Tampilan aplikasi pada Gambar 3.8. dibuat sederhana agar mudah dipahami semua orang. Dengan header aplikasi yang menunjukkan bahwa aplikasi ini bekerja untuk menerjemahkan SIBI. Kemudian dibawahnya dilengkapi dengan sambungan *Bluetooth*, dimana *Bluetooth* *smartphone* harus dipastikan aktif terlebih dahulu, kemudian lambang *Bluetooth* pada aplikasi bisa diklik untuk kemudian aplikasi akan mencoba untuk terhubung dengan *Bluetooth*. Ketika telah terhubung antara *software* dan *hardware*, kata yang tertera adalah '*Connected*', sedangkan ketika belum terhubung, kata yang tertera adalah '*Not Connected*'. Pada poin (1) adalah teks *output*, pada bagian inilah output terjemahan dari alat akan muncul. *Output* akan berupa abjad yang tergabung menjadi sebuah kata. Kemudian pada poin (2) menunjukkan gambar *speaker* yang ketika diklik akan menghasilkan output suara, *output* ini merupakan hasil konversi *text-to-speech* dari output kata sebelumnya. Pada poin (3) merupakan tempat yang disediakan untuk lawan bicara. Disini lawan bicara dapat mengetikkan umpan balik. Pada poin (4) dengan gambar *mic* yang apabila diklik akan merekam suara dari lawan bicara, disini peneliti memanfaatkan algoritma *speech-to-text* dan hasil suara yang terekam akan muncul pada poin (3).



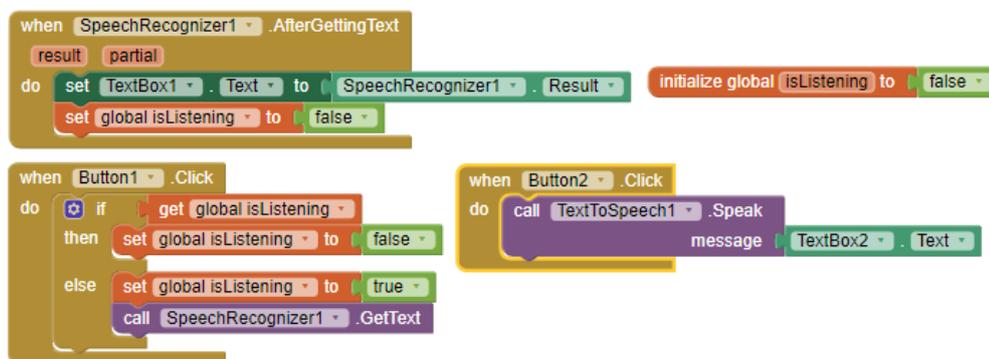
Gambar 3.8. Modul *Bluetooth* HC-05 [21]



Gambar 3.7. Desain *Interface* pada Aplikasi di *Smartphone*



Gambar 3.10. Pemrograman untuk Fungsi *Bluetooth* pada *MIT App Inventor*



Gambar 3.9. Pemrograman untuk Fungsi *Text-to-Speech* dan *Speech-to-Text* pada *MIT App Inventor*

Gambar 3.9. menunjukkan diagram blok yang digunakan dalam membuat fungsi *Bluetooth* dari *MIT App Inventor*. Untuk menggunakan fitur *Bluetooth*, digunakan juga fitur *List Picker* untuk menampilkan pilihan alamat *Bluetooth* yang tersedia ketika pilihan alamat *Bluetooth* belum ditekan dan sesudah ditekan. Dimana ketika tombol *Bluetooth* belum ditekan, maka aplikasi akan menampilkan daftar alamat *Bluetooth* yang tersedia, kemudian ketika sudah ditekan maka akan berubah ke halaman utama aplikasi. Di halaman utama aplikasi, ketika alamat *Bluetooth* yang dipilih sebelumnya telah berhasil terhubung, maka teks disamping *Bluetooth* yang awalnya “*Not Connected*“ akan berubah menjadi “*Connected*“. Sedangkan jika alamat *Bluetooth* yang dipilih tidak berhasil terhubung, maka teks disamping *Bluetooth* tetap “*Not Connected*“ dan akan muncul peringatan error karena tidak bisa terhubung yang biasanya dikarenakan alat belum diaktifkan atau *Bluetooth smartphone* belum diaktifkan.

Pada Gambar 3.10. menampilkan pemrograman yang digunakan untuk implementasi fitur *text-to-speech* dan *speech-to-text*. Untuk menggunakan fungsi *text-to-speech*, pada *MIT App Inventor* harus ditambahkan komponen

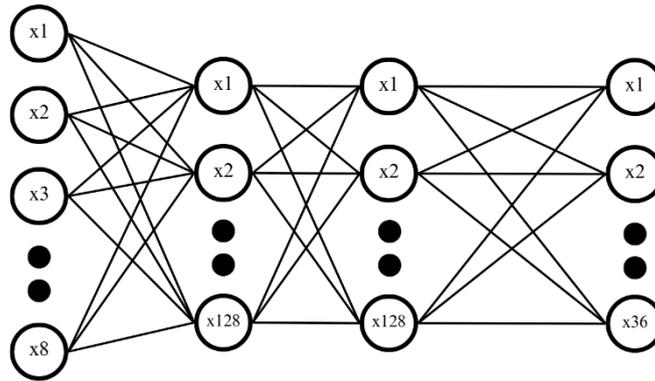
TextToSpeech. Komponen ini harus dihubungkan dengan *Text Box* yang akan dibaca teksnya. Misalkan pada aplikasi ini *Text Box 2* yang merupakan tempat untuk menampilkan teks hasil interpretasi, dengan menghubungkannya dengan komponen *TextToSpeech*, maka teks interpretasi akan bisa diubah kedalam bentuk suara. Sedangkan untuk menggunakan fitur *speech-to-text*, pada *MIT App Inventor* harus ditambahkan komponen *SpeechRecognizer*. Komponen ini akan bekerja dengan mengenali suara masukan, dimana ketika tombol tertentu yang sudah difungsikan untuk merekam suara ditekan, kemudian *Speech Recognizer* akan bekerja mengenali suara dan mengubah suara menjadi bentuk teks untuk ditampilkan di *Text Box* yang dihubungkan ke komponen *SpeechRecognizer*.

3.1.1.2. Metode klasifikasi

Sebelum masuk ke proses klasifikasi, data akan diolah terlebih dahulu. Data sensor yang sudah diambil akan diproses untuk diberi nilai *output* untuk memudahkan dalam klasifikasi, karena pada data mentahnya nilai sensor tidak memiliki klasifikasi *output*. Setelah selesai pada pemberian klasifikasi *output*, maka selanjutnya data akan disatukan semuanya dan diberi label, karena pada data mentah nilai sensor belum memiliki label. Pemberian label ini akan mempermudah dalam proses pengolahan data.

Pada penelitian ini akan memanfaatkan pemodelan ANN untuk melakukan proses klasifikasi data sensor. ANN atau *Artificial Neural Network* adalah sebuah model yang terinspirasi oleh sistem saraf otak manusia dalam melakukan klasifikasi data. Tujuan utama dari ANN adalah menajadikan komputer memiliki kemampuan kognitif seperti otak manusia, memiliki kemampuan penyelesaian masalah dan dapat melakukan proses pembelajaran. ANN dapat dikatakan sebagai suatu representasi dari sel syaraf manusia yang berupa struktur neuron pada otak manusia. Untuk mengimplementasikan kinerja dari sebuah *neuron* maka dibuat sebuah *perceptron*. Pada penelitian ini, pembelajaran ANN akan mengacu pada penelitian [15]. Metode ANN ini dipilih dari banyaknya jenis metode yang digunakan untuk melakukan proses klasifikasi dari jurnal-jurnal penelitian yang dipelajari karena dari sekian banyak jurnal tersebut memiliki hasil akurasi yang tinggi ketika menggunakan metode ANN.

Secara umum ANN terdiri dari tiga *layer*, yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. *Input layer* adalah lapisan yang membawa data inputan masuk kedalam sistem untuk kemudian diproses pada *hidden layer*. *Hidden layer* adalah lapisan antara *input layer* dan *output layer*, pada hidden layer ini akan berisi *perceptron* yang memiliki sekumpulan *input* pembobot dan prosedur untuk menghasilkan *output* neuron melalui fungsi aktivasi. *Output layer* adalah lapisan terakhir dari neuron yang menghasilkan *output* pada sistem [22]. Bentuk arsitektur ANN pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Arsitektur ANN [15]

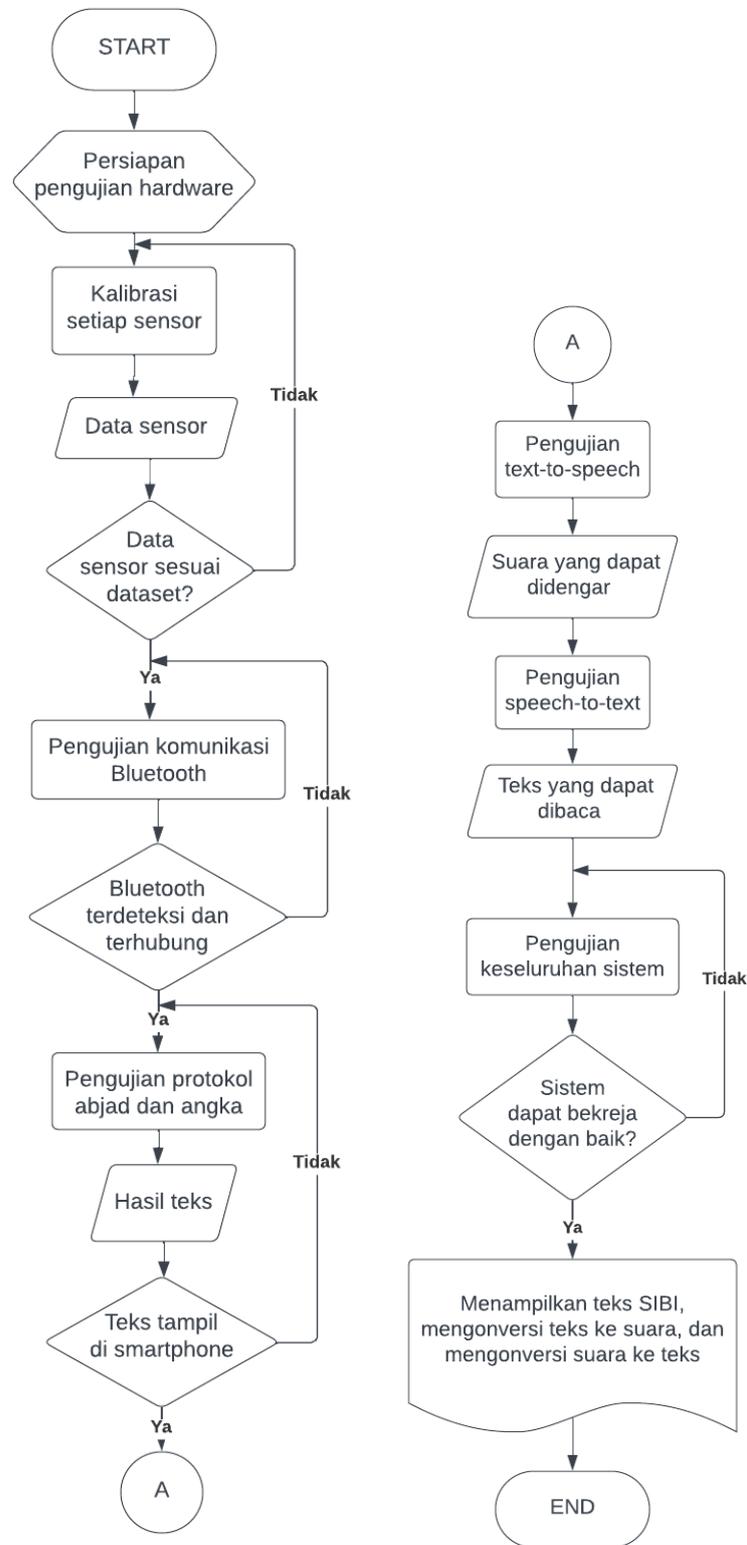
Pembuatan model ANN akan menggunakan bahasa *Python*. Dataset yang digunakan adalah dengan menggunakan file data latih yang nantinya akan disiapkan. Pembuatan model ANN dilakukan dengan menentukan *node*, *input layer*, *hidden layer*, *output layer* dan aktivasi. Pembuatan model dalam program untuk klasifikasi ANN ini memanfaatkan *library Keras* dan *TensorFlow*.

3.2. Pengujian Sistem

Sebelum diujikan kepada subjek, alat di ujicoba oleh seorang profesional dalam bidang bahasa isyarat SIBI, seperti seorang guru bahasa isyarat. Untuk subjek pengujian yang berpartisipasi langsung, dipilih subjek dengan ukuran tangan yang tidak terlalu berbeda dengan peraga yang digunakan, bertujuan agar hasil pengujian lebih optimal dan diasumsikan bahwa selisih data gerakan tidak terlalu besar karena kesamaan ukuran tangan. Uji coba dimulai dengan memperagakan setiap huruf alfabet, dari huruf yang sangat berbeda hingga huruf yang mirip. Uji coba awal akan dilakukan oleh orang yang ahli dalam bahasa isyarat untuk memperoleh data awal pembacaan sensor, data ini akan dijadikan sebagai dataset penelitian. Karena data yang dihasilkan dari pembacaan sensor adalah data ADC, sehingga untuk data awal akan berupa data ADC. Karena data ADC berupa *time series*, sehingga untuk nantinya data dapat diolah maka data harus diubah menjadi *freq domain*. Setelah hasil uji coba tersebut menghasilkan keluaran yang memuaskan, pengujian dilanjutkan dengan berkomunikasi dua arah dengan seseorang yang dapat berbicara dan mendengar. Jika hasil uji sistem secara keseluruhan memuaskan, sistem dapat diujikan secara langsung kepada subjek penyandang disabilitas tunarungu-wicara.

Tahap pertama pengujian dilakukan pada perangkat itu sendiri untuk memverifikasi akurasi pembacaan sensor. Karena data pembacaan sensor tersebut merupakan informasi kunci dalam menentukan keluaran bahasa isyarat SIBI. Proses kalibrasi dilakukan pada setiap sensor, termasuk sensor flex, sensor FSR,

dan IMU GY-952, untuk memastikan linearitas sensor. Besaran nilai dari setiap sensor pada setiap gerakan isyarat diukur terlebih dahulu, dan data tersebut akan menjadi referensi untuk mengklasifikasikan gerakan isyarat. Data yang digunakan mencakup nilai resistansi dan lintasan gerakan dari masing-masing sensor, yang kemudian dicatat dalam bentuk tabel. Dilanjutkan dengan uji coba sistem interpretasi isyarat secara keseluruhan, di mana hasil deteksi bahasa isyarat dianalisis dan diukur tingkat keakuratannya. Pengujian melibatkan juga penilaian kecepatan komunikasi antara perangkat keras dan aplikasi pada *smartphone*. Data dikirimkan oleh mikrokontroler ke aplikasi pada *smartphone* melalui *Bluetooth*, dan ditampilkan dalam bentuk teks serta suara. Uji coba untuk koneksi *Bluetooth* dengan aplikasi pada *smartphone* menggunakan aplikasi *Serial Bluetooth Terminal* yang dapat menampilkan status koneksi *Bluetooth* dan data yang dikirimkan. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap sistem umpan balik pada aplikasi, terutama pada proses perekaman suara dan tampilan teks dari data perekaman suara tersebut. Tujuan pengujian pada aplikasi adalah memastikan bahwa tampilan teks pada aplikasi sesuai dengan bahasa isyarat yang dimaksudkan, begitu pula dengan keluaran suara. Fungsi umpan balik sistem juga dikonfirmasi agar teks yang ditampilkan pada aplikasi sesuai dengan *input* suara yang direkam. *Flowchart* pengujian sistem dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Flowchart Pengujian Sistem

3.3. Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang diambil mencakup pergerakan gestur tangan yang menghasilkan data resistansi dari tekukan setiap jari menggunakan flex sensor, data perekatan antar jari dan jari dengan telapak tangan menggunakan sensor tekanan FSR, serta data *trajectory* dari gestur isyarat yang berorientasi pada gerakan menggunakan IMU GY-952. Pengumpulan data dilakukan dengan menginstruksikan tiap subjek untuk memperagakan seluruh huruf dalam bahasa isyarat SIBI dan gestur tambahan yang menandai akhir kata atau kalimat singkat. Pengambilan data ini diulang minimal 5 kali untuk setiap subjek. Analisis data yang diperoleh dilakukan secara statistik dan analitik. Untuk data keakuratan deteksi gestur terhadap huruf atau kata yang ditampilkan, nilai sensor untuk setiap huruf, dan orientasi pergerakan tangan, dilakukan analisis statistik dengan menghitung rata-rata dan standar deviasi. Hasil pengolahan statistik juga diolah secara analitik untuk mengatasi kekurangan pada alat bantu. Analisis dilakukan terhadap hasil sistem umpan balik, yaitu kesesuaian representasi teks dari suara yang diberikan oleh lawan bicara. Oleh karena itu, indikator keberhasilan perangkat asistif ini adalah akurasi ketepatan sistem dalam mendeteksi protokol kata dan angka, mengubah *output* kata ke bentuk suara, dan mengubah input suara menjadi teks.

3.4. Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan akan dilakukan secara induktif. Dimana peneliti akan menggunakan analisis akurasi dari tiap kemampuan alat dalam menerjemahkan bahasa isyarat kedalam bentuk abjad dan angka untuk menjadi protokol kata. Selain itu, peneliti juga akan menilai ketepatan dalam penggunaan algoritma *text-to-speech* dalam menerjemahkan *output* dan penggunaan algoritma *speech-to-text* dalam menerjemahkan *input* umpan balik.

BAB IV PENGUJIAN SISTEM

4.1. Keseluruhan Sistem

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, sehingga untuk hardware yang digunakan adalah sama dengan penelitian sebelumnya. Gambar 2.3. menunjukkan perangkat asistif pendeteksi huruf alfabet SIBI yang terdiri dari dua bagian utama: sarung tangan dan *hand band*. Sarung tangan dengan bahan *polyester tricot* memiliki ukuran L (panjang 18,5cm, lebar 9,5cm), didesain dengan nyaman untuk penggunaan jangka panjang tanpa menyebabkan lecet. Sensor-sensor ditempatkan pada sarung tangan ini, sementara *hand band* berfungsi sebagai tempat *board* yang berisi modul mikrokontroler, modul *Bluetooth*, dan penempatan baterai. Perlu dicatat bahwa hanya satu sarung tangan (untuk tangan kanan) yang digunakan dalam penelitian ini, karena huruf alfabet SIBI diperagakan dengan bahasa isyarat menggunakan satu tangan.

Sarung tangan ini mampu mendeteksi huruf dan angka, yang kemudian diterjemahkan menjadi kata-kata dan ditampilkan pada aplikasi *smartphone* berbasis *MIT App Inventor*. Aplikasi ini dilengkapi fitur pengubah teks menjadi suara (*text-to-speech*) dan suara menjadi teks (*speech-to-text*) untuk memfasilitasi komunikasi dua arah. Karena keterbatasan *MIT App Inventor*, aplikasi ini hanya kompatibel dengan sistem operasi *Android*. Spesifikasi *smartphone* yang digunakan dalam pengujian adalah *Redmi* dengan sistem operasi *Android 14* dan *MIUI 14*, prosesor *MediaTek Helio G88*, serta RAM 8 GB.

4.2. Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk menentukan linearitas dan kelayakan penggunaan 5 flex sensor, 2 sensor FSR, dan sensor GY-952. Proses ini melibatkan kalibrasi masing-masing sensor untuk memastikan keakuratan dan konsistensi data yang dihasilkan.

4.2.1. Pengujian Sensor Flex

Pengujian sensor flex dilakukan dengan mengukur tegangan output menggunakan avometer saat sensor berada dalam posisi 0° dan 90° . Setiap pengukuran diulang sebanyak 5 kali. Sebelumnya, sensor flex telah dijahit pada sarung tangan agar pengaturan posisi penekukan sensor lebih mudah dan sesuai dengan tekukan jari tangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Penelitian ini menggunakan rangkaian pengubah arus ke tegangan untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih stabil dibandingkan dengan rangkaian pembagi tegangan. Nilai resistor pada setiap sensor disesuaikan berdasarkan respon dan sensitivitasnya. Sensor flex berukuran 4,5 inci pada jari telunjuk, tengah, dan manis menggunakan RG sebesar 100 K Ω . Sensor flex berukuran 2,2 inci pada jari

kelingking menggunakan RG sebesar 100 K Ω , sedangkan sensor flex berukuran 2,2 inci pada jari jempol menggunakan RG sebesar 22 K Ω , dengan mempertimbangkan sensitivitas sensor setelah dijahit pada sarung tangan. Hasil kalibrasi sensor flex dapat dilihat pada Tabel 4.1.

4.2.2. Pengujian Sensor FSR

Linearitas sensor FSR dievaluasi dengan memberikan beban massa berbeda (0 gram, 100 gram, dan 200 gram) pada permukaan sensor, kemudian mengukur tegangan *output* yang dihasilkan. Hasil pengukuran tegangan ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Hasil Kalibrasi Sensor Flex

Jari	Percobaan	Tegangan <i>Output</i> (V)		Standar Deviasi (V)	
		0 ^o	90 ^o	0 ^o	90 ^o
Ibu Jari	1	0.96	0.85	0.05	0.05
	2	0.95	0.77		
	3	0.95	0.87		
	4	0.96	0.86		
	5	0.96	0.78		
Telunjuk	1	1.82	1.05	0.05	0.05
	2	1.85	1.12		
	3	1.72	1.01		
	4	1.8	1.1		
	5	1.78	1.13		
Tengah	1	1.75	1.19	0.11	0.07
	2	1.62	1.05		
	3	1.88	1.08		
	4	1.7	1.2		
	5	1.59	1.11		
Manis	1	1.58	1.22	0.07	0.06
	2	1.65	1.18		
	3	1.7	1.15		
	4	1.76	1.06		
	5	1.66	1.11		
Kelingking	1	1.6	1.12	0.1	0.05
	2	1.65	1.02		
	3	1.85	1.01		
	4	1.74	1.1		
	5	1.77	1.02		

Tabel 4.2. Hasil Kalibrasi Sensor FSR

Sensor FSR	Percobaan ke-	Beban (gram)		
		0	100	200
FSR 1	1	1.02	1.48	2.3
	2	1.02	1.45	2.34
	3	1.02	1.46	2.32
	4	1.02	1.44	2.29
	5	1.02	1.47	2.3
FSR 2	1	1.02	1.42	2.3
	2	1.02	1.45	2.41
	3	1.02	1.46	2.35
	4	1.02	1.46	2.36
	5	1.02	1.44	2.35



Gambar 4.1. Peletakan Sensor FSR

Nilai sensor FSR digunakan untuk membedakan huruf-huruf tertentu dengan menetapkan nilai ambang batas (*threshold*). Untuk mengakomodasi variasi tekanan individu, jika tekanan melebihi *threshold*, nilai sensor FSR diatur ke logika 1, dan jika kurang dari *threshold*, diatur ke logika 0. Sensor FSR 1 dijahit pada bagian jari telunjuk, di antara jari tengah dan telunjuk, sedangkan sensor FSR 2 dijahit menyamping pada ujung jari tengah. Posisi kedua sensor FSR ini diilustrasikan pada Gambar 4.1.

4.2.3. Pengujian Sensor GY-952

Kalibrasi sensor GY-952 dilakukan dengan membandingkan nilai sudut yang diukur menggunakan busur dengan nilai sudut yang dibaca oleh sensor. Posisi sensor disesuaikan dengan posisi busur. Kalibrasi ini berfokus pada sumbu *roll* (sumbu Z) dan sumbu *pitch* (sumbu Y). Hasil kalibrasi untuk sumbu *roll* dapat dilihat pada Tabel 4.3, sedangkan hasil kalibrasi untuk sumbu *pitch* ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3. Hasil Kalibrasi Sensor GY-952 pada Sumbu *Roll*

No	Sudut Sumbu <i>Roll</i> (°)			
	A = Nilai Busur, B = Nilai Sensor			
	A	B	A	B
1	0	2	90	90
2	10	12	100	101
3	20	24	110	111
4	30	32	120	121
5	40	41	130	132
6	50	51	140	142
7	60	65	150	150
8	70	74	160	159
9	80	83	170	173
10	90	90	180	177

Tabel 4.4. Hasil Kalibrasi Sensor GY-952 pada Sumbu *Pitch*

No	Sudut Sumbu <i>Pitch</i> (°)			
	A = Nilai Busur, B = Nilai Sensor			
	A	B	A	B
1	-90	-88	0	-1
2	-80	-78	10	11
3	-70	-71	20	22
4	-60	-61	30	30
5	-50	-50	40	41
6	-40	-42	50	52
7	-30	-32	60	60
8	-20	-21	70	71
9	-10	-9	80	82
10	0	-1	90	89

Label A pada kedua tabel menunjukkan nilai sudut dari busur, sedangkan label B menunjukkan nilai sudut yang dibaca oleh sensor GY-952. Sensor dianggap dalam kondisi baik dan dapat digunakan untuk mendeteksi huruf SIBI jika nilai yang dihasilkan sesuai dengan sudut yang diukur menggunakan busur.

4.3. Pengujian Pemodelan dan Klasifikasi Data

Pengujian klasifikasi data bertujuan untuk membandingkan nilai ADC dari 5 sensor flex, 2 sensor FSR, dan sensor GY-952 untuk mendeteksi setiap huruf alfabet dan angka SIBI. Tahap pertama yaitu melakukan pembuatan model ANN menggunakan bahasa *Python*. Dataset yang digunakan adalah dengan menggunakan file data latih yang disiapkan sebelumnya. Pembuatan model ANN dilakukan dengan menentukan *node*, *input layer*, *hidden layer*, *output layer* dan aktivasi. Pembuatan model dalam program untuk klasifikasi ANN ini memanfaatkan *library Keras* dan *TensorFlow*. Kemudian untuk data ADC, dilakukan pengelompokan antara fitur dan label, setelah itu hasilnya akan

digabungkan untuk dilakukan pemisahan data. Hasil data ini kemudian dilakukan *transform data* menggunakan *one hot encoding*, yaitu mengonversi label kategori menjadi vektor biner. Lalu dilakukan proses normalisasi fitur menggunakan *Standard Scaler*. Kemudian dilakukan pembagian data pelatihan menjadi set pelatihan dan validasi. Dari keseluruhan data akan dibagi 2, yaitu 70% data untuk data pelatihan dan 30% data untuk data uji. Setelah itu membuat pemodelan ANN, di penelitian ini menggunakan satu *input layer*, satu *hidden layer*, dan satu *output layer*. *Input layer* pada ANN merupakan *hidden layer* 1 karena secara eksplisit di dalam *Keras*, bentuk *input* adalah sama dengan *hidden layer* pertama. Pada *hidden layer* pertama, ada 8 fitur dan memiliki 128 *neuron*. Lalu ada *hidden layer* kedua dengan 128 *neuron*. Fungsi aktivasi yang digunakan untuk kedua *hidden layer* adalah '*ReLU*'. Kemudian untuk mengurangi *overfitting* digunakan fungsi *Kernel_Regulizer* dan *Dropout* dengan penyesuaian. Setelah itu untuk *output layer* menggunakan aktivasi yang berbeda, yaitu '*Softmax*' dengan *output* sejumlah 36 sesuai dengan klasifikasi angka yang berjumlah 10 dan huruf abjad yang berjumlah 26. Penggunaan aktivasi '*Softmax*' yaitu karena pada klasifikasinya merupakan *multiclass classification*. Kemudian dilakukan dengan parameter *optimizer adam*, *loss Categorical Cross Entropy*, dan *metrics accuracy*. Untuk arsitektur ANN ada pada Gambar 4.2.

Selanjutnya dilakukan pelatihan model dengan *epoch* 1500 dan *batch size* 16. Sebelumnya, telah dilakukan perubahan nilai yang bervariasi hingga memutuskan menggunakan nilai tertera untuk hasil maksimal. Selanjutnya dilakukan evaluasi model pada data validasi dan data pelatihan untuk melihat persentasi akurasi keduanya. Setelah model dilatih, lalu model dikonversi menjadi format *TensorFlow Lite* yang nantinya akan diimplementasikan pada mikrokontroler STM32F103C8T6.

Kemudian untuk proses implementasi model pada mikrokontroler dilakukan dengan mengunggah model ke mikrokontroler dan melakukan pengintegrasian program. Selanjutnya untuk penggunaan model pada mikrokontroler yaitu dengan melakukan implementasi logika untuk mengambil data sensor, lalu menjadikan data ini sebagai masukan untuk model *TensorFlow Lite* dan menggunakan hasil prediksi untuk pengambilan keputusan (keluaran) di mikrokontroler.

4.4. Pengujian *Text-to-speech* dan *Speech-to-text*

Aplikasi *MIT App Inventor* digunakan untuk mengonversi hasil deteksi kata menjadi suara. Huruf yang terdeteksi disimpan dalam variabel global dan ditampilkan dalam *text box*. Selanjutnya, kata dalam *text box* tersebut diubah menjadi vokal dalam Bahasa Indonesia dengan memanfaatkan fitur *text-to-speech*. Pengujian *text-to-speech* dilakukan pada setiap huruf abjad dan beberapa kata yang terbentuk. Hasil pengujian huruf dan angka dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Fitur *speech-to-text* pada aplikasi *MIT App Inventor* memanfaatkan *API Google Voice Recognition* untuk memberikan umpan balik dari lawan bicara.

Google Voice Recognition menggunakan gabungan pemrosesan sinyal suara dan *machine learning* untuk mengenali serta menerjemahkan ucapan manusia.

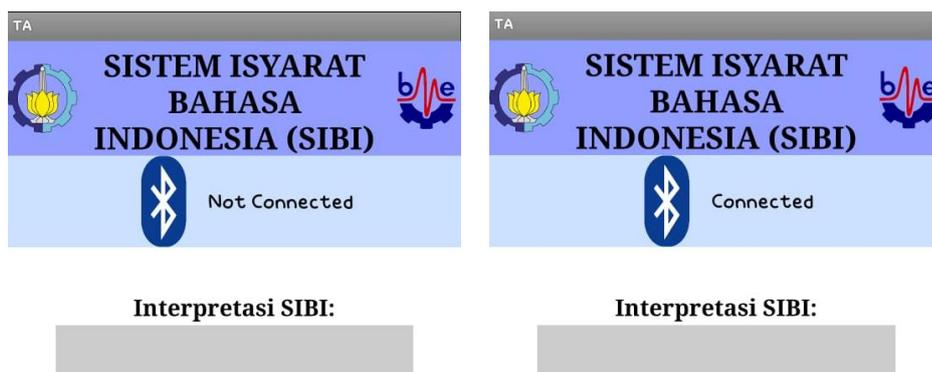
Pengujian fitur *speech-to-text* dilakukan dengan meminta subjek menekan tombol mikrofon untuk memulai perekaman. Aplikasi kemudian akan mengonversi suara rekaman menjadi teks. Hasil pengujian untuk beberapa kata dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian *Software Text-to-Speech*

Tampilan Teks	Keluaran dalam Bentuk Vokal
 <p>SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI)</p> <p>Connected</p> <p>Interpretasi SIBI: a</p>	a
 <p>SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI)</p> <p>Connected</p> <p>Interpretasi SIBI: b</p>	b
 <p>SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI)</p> <p>Connected</p> <p>Interpretasi SIBI: 5</p>	5

Tabel 4.6. Hasil Pengujian *Software Speech-to-Text*

Suara yang Direkam	Tampilan dalam Bentuk Teks
“Hai Selamat pagi”	<p>Ketikkan teks: Hai selamat pagi</p> <p>Ketuk untuk merekam suara: </p>
“bagaimana kabarmu”	<p>Ketikkan teks: Bagaimana kabarmu</p> <p>Ketuk untuk merekam suara: </p>
“Baik”	<p>Ketikkan teks: baik</p> <p>Ketuk untuk merekam suara: </p>



Gambar 4.2. Tampilan pada Aplikasi saat *Bluetooth* Berhasil Terhubung

4.5. Pengujian Keseluruhan pada Subjek

Setelah seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak diverifikasi dan dipastikan berfungsi dengan baik, sistem secara keseluruhan diintegrasikan dan diuji coba pada subjek penelitian. Saat ini, terdapat 3 subjek yang telah berpartisipasi, dengan target total 5 subjek. Subjek yang telah berpartisipasi adalah 1 subjek normal yang mampu menggunakan bahasa isyarat SIBI, dan 2 subjek

normal yang mempelajari SIBI dasar. Dari karakteristik tiap subjek ditunjukkan didalam Tabel 4.7.

Proses pengujian diawali dengan melakukan proses koneksi *Bluetooth*, pada aplikasi dilakukan dengan menekan tombol bergambar *Bluetooth* dan memilih nama *Bluetooth* yang sesuai dengan nama *Bluetooth* alat. Ketika koneksi berhasil terjalin, teks yang awalnya bertuliskan "*Not Connected*" akan berubah menjadi "*Connected*", seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Kemudian dilakukan pengujian sistem interpretasi huruf dan angka SIBI. Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan untuk tiap huruf dan angka SIBI. Selain itu, subjek juga memeragakan nama yang mereka pilih dengan 3 kali pengulangan pula. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.8. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S1, Tabel 4.9. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S1, Tabel 4.10. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S2, Tabel 4.11. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S2, Tabel 4.12. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S3, Tabel 4.13. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S3, Tabel 4.14. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S4, Tabel 4.15. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S4, Tabel 4.16. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S5, Tabel 4.17. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S5, Tabel 4.18. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S6, dan Tabel 4.19. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S6.

Selanjutnya, pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan melibatkan interaksi antara penyandang disabilitas tunarungu-wicara dengan lawan bicaranya. Lawan bicara merekam pertanyaan, dalam hal ini "Siapa namamu?", menggunakan fitur *speech-to-text* pada aplikasi. Penyandang disabilitas tunarungu-wicara kemudian merespons dengan memeragakan isyarat yang membentuk nama mereka (atau nama lain untuk menjaga privasi). Nama yang terbentuk ini kemudian ditampilkan pada aplikasi dan dikonversi menjadi suara menggunakan fitur *text-to-speech*.

Tabel 4.7. Karakteristik Subjek Uji

Subjek	Karakteristik					
	Disabilitas	Usia	Kemampuan Berbahasa Isyarat	Jenis Kelamin	Panjang Tangan (cm)	Lebar Tangan (cm)
S1	Normal	22 tahun	Mampu berbahasa isyarat SIBI	Perempuan	17	9
S2	Normal	29 tahun	Tidak bisa berbahasa isyarat SIBI	Perempuan	17	9
S3	Normal	21 tahun	Tidak bisa berbahasa isyarat SIBI	Perempuan	16	8.5

Subjek	Karakteristik					
	Disabilitas	Usia	Kemampuan Berbahasa Isyarat	Jenis Kelamin	Panjang Tangan (cm)	Lebar Tangan (cm)
S4	Tunarungu	48 tahun	Mampu berbahasa isyarat SIBI	Perempuan	17.5	9
S5	Normal	22 tahun	Mampu berbahasa isyarat SIBI	Perempuan	17	9
S6	Normal	22 tahun	Tidak bisa berbahasa isyarat SIBI	Perempuan	17.5	8.5

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S1

SUBJEK S1																										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	2	3	1	2	2	3	2	3	1	2	2	2	3	3	3	3
S	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S1

SUBJEK S1										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B	3	2	3	2	3	3	3	3	1	2
S	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S2

SUBJEK S2																										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3
S	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S2

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B	2	1	1	3	3	3	3	3	2	2
S	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S3

SUBJEK S3																										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3
S	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0

Tabel 4.13. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S3

SUBJEK S3										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B	2	2	3	2	3	3	3	3	1	2
S	1	1	0	1	0	0	0	0	2	1

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S4

SUBJEK S4																											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
B	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
S	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabel 4.15. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S4

SUBJEK S5										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B	2	1	3	2	3	3	3	3	2	2
S	1	2	0	1	0	0	0	0	1	1

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S5

SUBJEK S5																										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
S	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabel 4.17. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S5

SUBJEK S5										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B	2	2	3	2	3	2	3	3	2	2
S	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1

Tabel 4.18. Hasil Pengujian Setiap Huruf pada Subjek S6

SUBJEK S6																										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2
S	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1

Tabel 4.19. Hasil Pengujian Setiap Angka pada Subjek S6

SUBJEK S6										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B	2	1	3	3	3	2	3	3	3	2
S	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1

4.6. Pengujian Hasil Survei dan Umpan Balik Subjek

Setelah menyelesaikan pengujian sistem, subjek diminta untuk mengisi kuisioner sebagai bentuk evaluasi terhadap perangkat asistif, proses pengujian, dan keefektifan alat secara keseluruhan. Kuisioner ini menggunakan skala Likert dengan 5 tingkat penilaian, dimana nilai 1 untuk pernyataan sangat tidak setuju,

nilai 2 untuk pernyataan tidak setuju, nilai 3 untuk pernyataan netral, nilai 4 untuk pernyataan setuju, dan nilai 5 untuk pernyataan sangat setuju. Hasil pengisian survei kuisisioner disajikan pada Tabel 4.20. Selain itu, subjek juga memberikan umpan balik lisan mengenai pengalaman mereka menggunakan sistem yang telah diujicobakan.

Tabel 4.20. Hasil Survei mengenai Penggunaan Alat

No	Deskripsi	Subjek S1					Subjek S2					Subjek S3					Subjek S4					Subjek S5					Subjek S6				
		Penilaian					Penilaian					Penilaian					Penilaian					Penilaian					Penilaian				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Subjek merasa takut ketika pertama kali mencoba alat asistif yang diusulkan.	√					√					√					√					√					√				
2.	Subjek merasa khawatir saat menggunakan alat.	√					√					√					√					√					√				
3.	Ukuran alat sudah sesuai.				√						√				√						√				√						√
4.	Material sarung tangan yang digunakan menimbulkan rasa tidak nyaman			√					√					√					√					√					√		
5.	Pergerakan tangan saat memperagakan SIBI terasa berat.		√						√					√					√					√					√		
6.	Subjek merasa kelelahan saat pengujian.			√					√					√					√					√					√		
7.	Keefektifan sistem komunikasi secara 2 arah yang diajukan.				√					√					√					√					√					√	

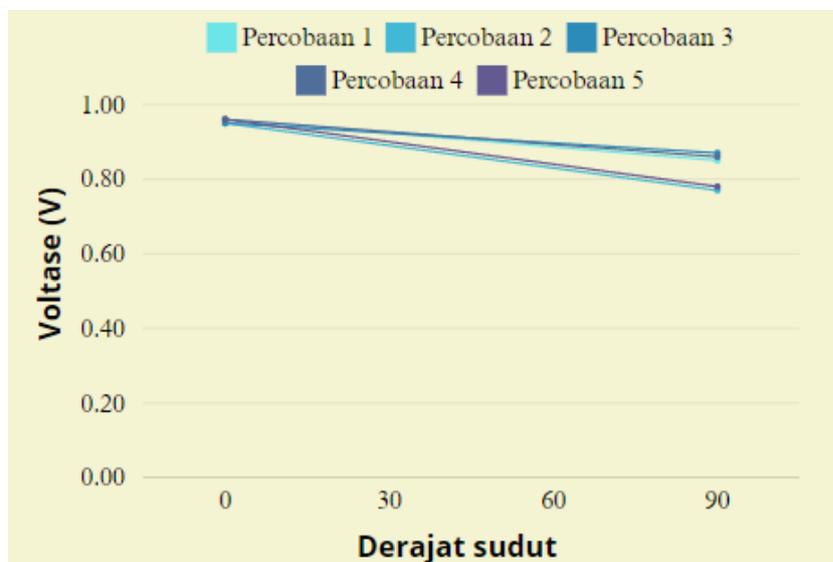
BAB V PEMBAHASAN

5.1. Pengujian Sensor

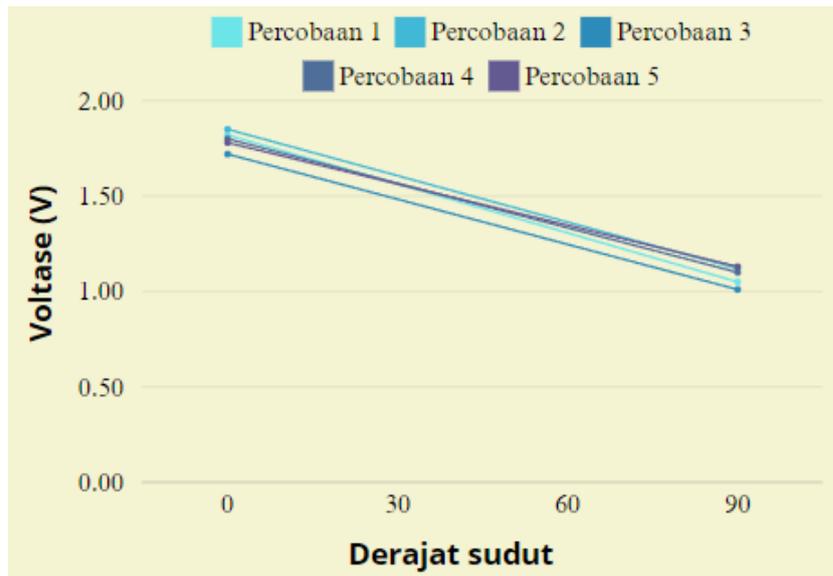
Dari pengujian 8 sensor yaitu 5 sensor flex, 2 sensor FSR, dan 1 sensor GY-952, didapatkan hasil data kalibrasi yang akan dibahas pada sub-bab ini.

5.1.1. Pembahasan Pengujian Sensor Flex

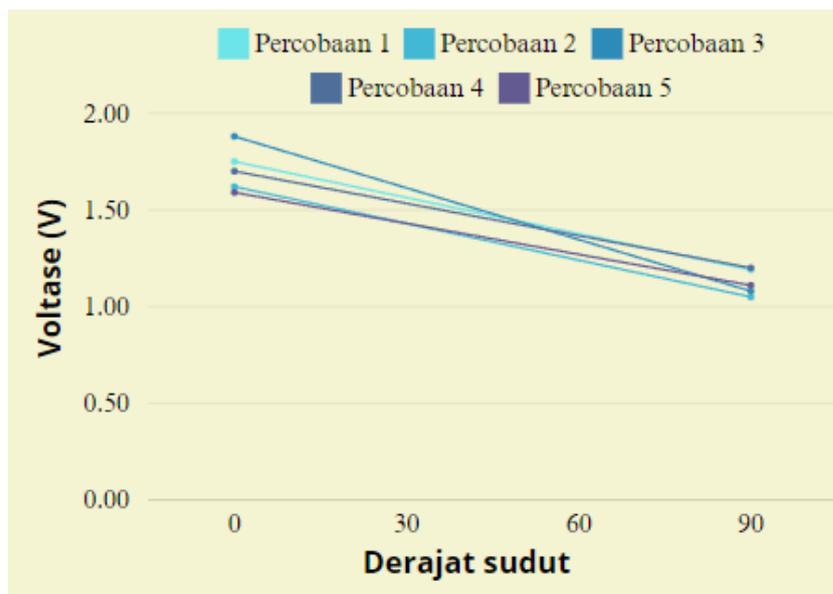
Pengujian sensor flex dilakukan pada posisi 0° dan 90° yang dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali. Mengacu pada Tabel 4.1, nilai tegangan *output* dari sensor flex akan mengecil saat sensor ditekuk. Hal tersebut telah sesuai dengan prinsip kerja dari sensor flex dimana saat sensor flex ditekuk, maka nilai resistansinya akan semakin tinggi sehingga nilai tegangan *output*-nya mengecil. Selain itu, nilai standar deviasi yang dihasilkan menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor memiliki variasi yang rendah atau stabil. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kalibrasi sensor telah dilakukan dengan baik dan sensor dapat digunakan untuk memberikan hasil pengukuran yang akurat. Hasil tersebut direpresentasikan pula dalam bentuk grafik pada Gambar 5.1. untuk ibu jari, Gambar 5.2. untuk jari telunjuk, Gambar 5.3. untuk jari tengah, Gambar 5.4. untuk jari manis, dan Gambar 5.5. untuk jari kelingking.



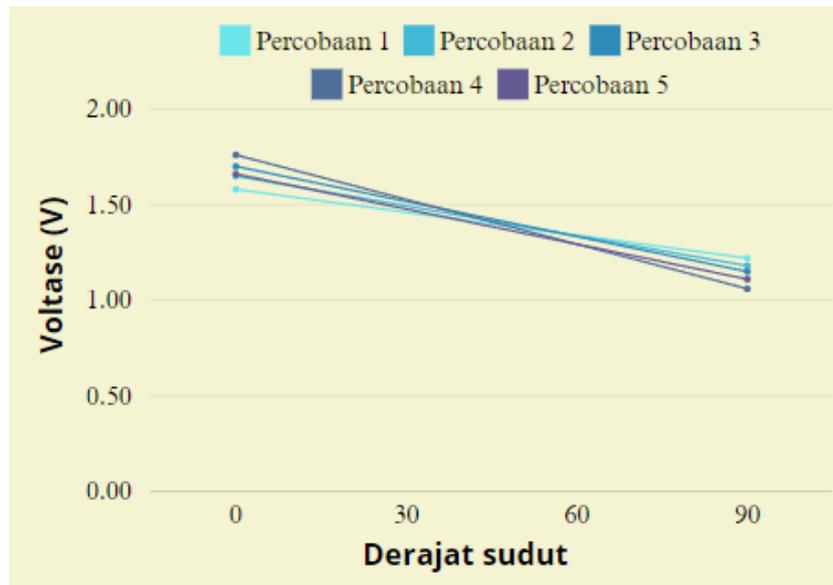
Gambar 5.1. Kalibrasi Sensor Flex pada Ibu Jari



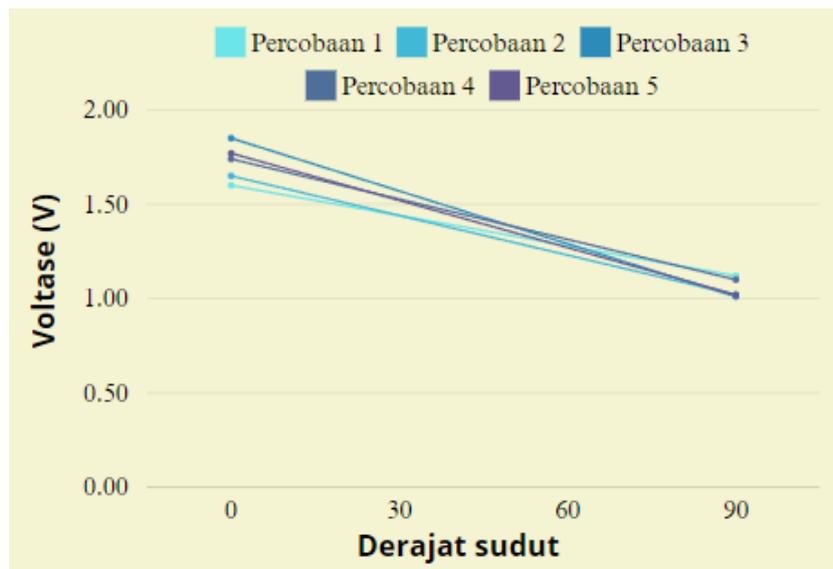
Gambar 5.2. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Telunjuk



Gambar 5.3. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Tengah



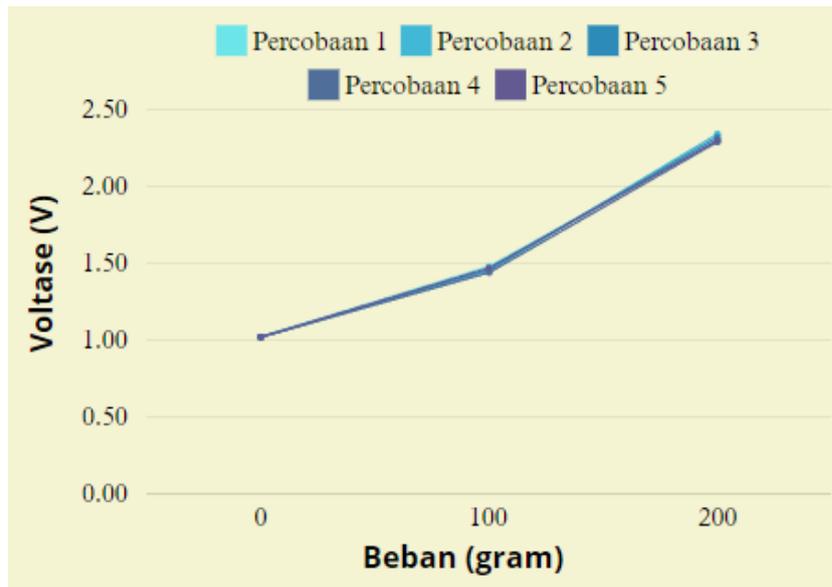
Gambar 5.5. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Manis



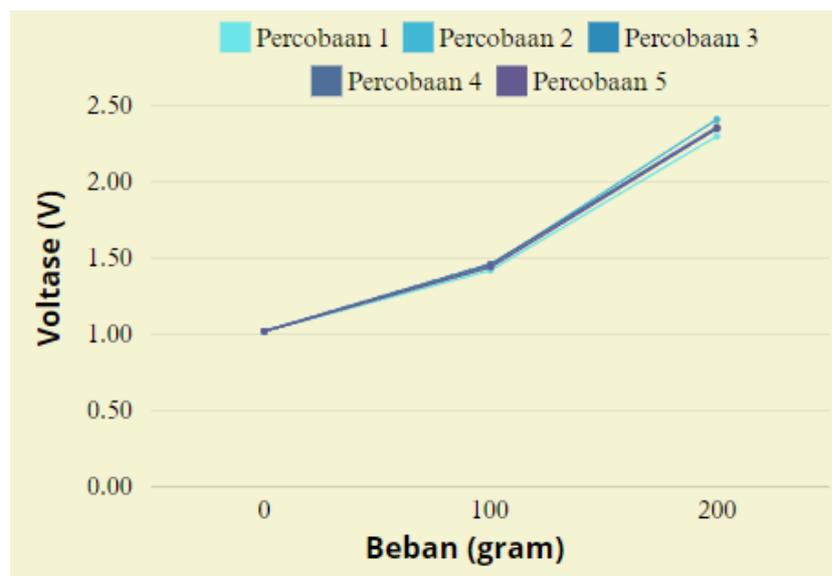
Gambar 5.4. Kalibrasi Sensor Flex pada Jari Kelingking

5.1.2. Pembahasan Pengujian Sensor FSR

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada sensor FSR, resistansinya semakin kecil dan tegangan output-nya semakin tinggi. Hasil ini sesuai dengan prinsip kerja sensor tekanan FSR, di mana terdapat hubungan terbalik antara tekanan yang diterima sensor dengan besarnya resistansi. Dengan kata lain, semakin besar tekanan yang diberikan, semakin kecil nilai resistansinya. Gambar 5.6. dan Gambar 5.7. adalah hasil representasi dari Tabel 4.2.



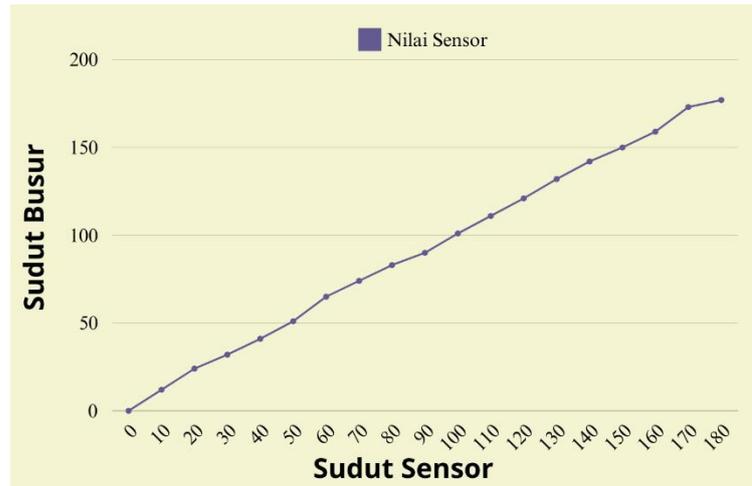
Gambar 5.7. Kalibrasi Sensor FSR 1



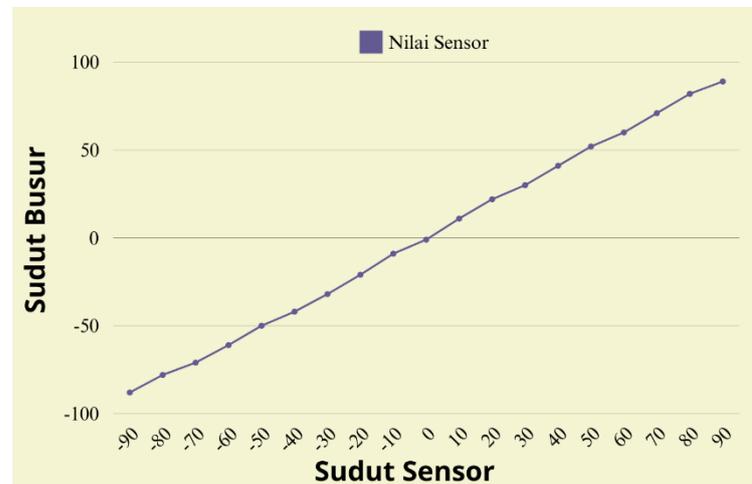
Gambar 5.6. Kalibrasi Sensor FSR 2

5.1.3. Pembahasan Pengujian Sensor GY-952

Tabel 4.3. dan 4.4. masing-masing menunjukkan hasil pengujian sensor GY-952 pada sumbu *roll* dan *pitch*, dengan membandingkan nilai sudut yang diukur menggunakan busur dengan nilai sudut yang dibaca oleh sensor. Selanjutnya hasil tersebut disajikan dalam grafik pada Gambar 5.8. untuk sumbu *roll*, dan Gambar 5.9. untuk sumbu *pitch*.



Gambar 5.8. Kalibrasi Sensor GY-952 untuk Sumbu Roll



Gambar 5.9. Kalibrasi Sensor GY-952 untuk Sumbu Pitch

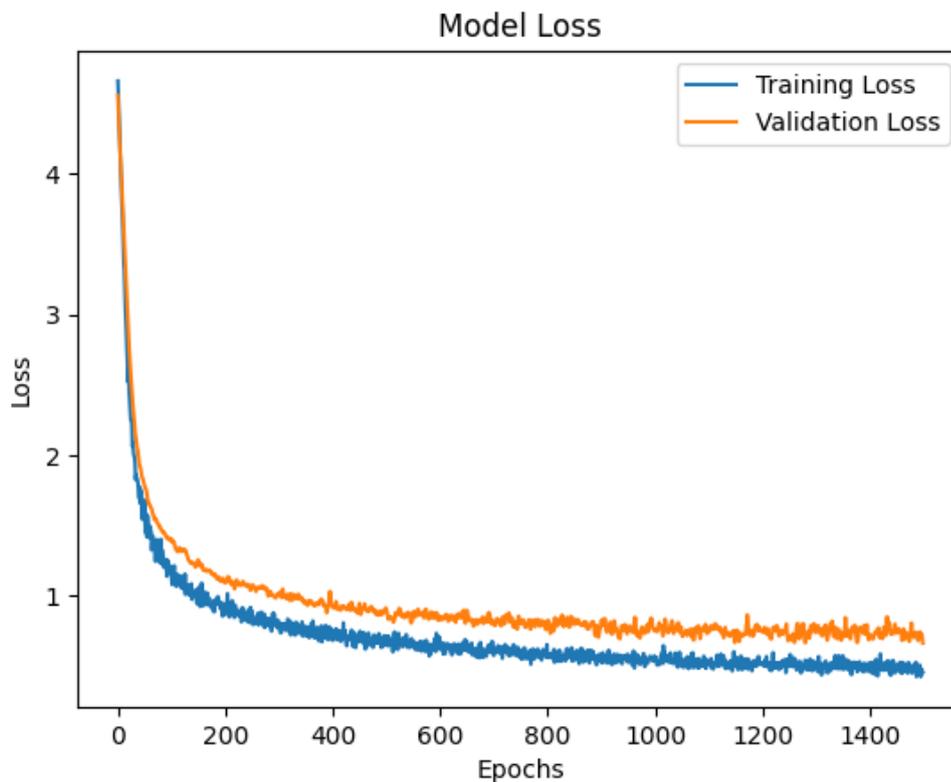
5.2. Pembahasan Pengujian Pemodelan dan Klasifikasi Data

Proses pengujian klasifikasi data dimulai dengan melakukan membagi data ADC untuk data pelatihan dan data validasi. Sebelum melakukan training model, terlebih dahulu dilakukan compile model. Disini digunakan *Optimizer 'Adam'*, fungsi *loss 'Categorical Cross-Entropy'*, dan *Metrics 'Accuracy'*. *Optimizer 'Adam'* atau *Adaptive Movement Estimation* dipilih karena memiliki kelebihan mampu bekerja dengan baik tanpa banyak penyesuaian. Fungsi *loss 'Categorical Cross-Entropy'* dipilih karena cocok untuk masalah klasifikasi *multiclass* dan mendorong model untuk membuat prediksi yang lebih akurat. *Metrics 'Accuracy'* dipilih karena memberikan metrik yang sederhana dan intuitif untuk menilai kinerja model.

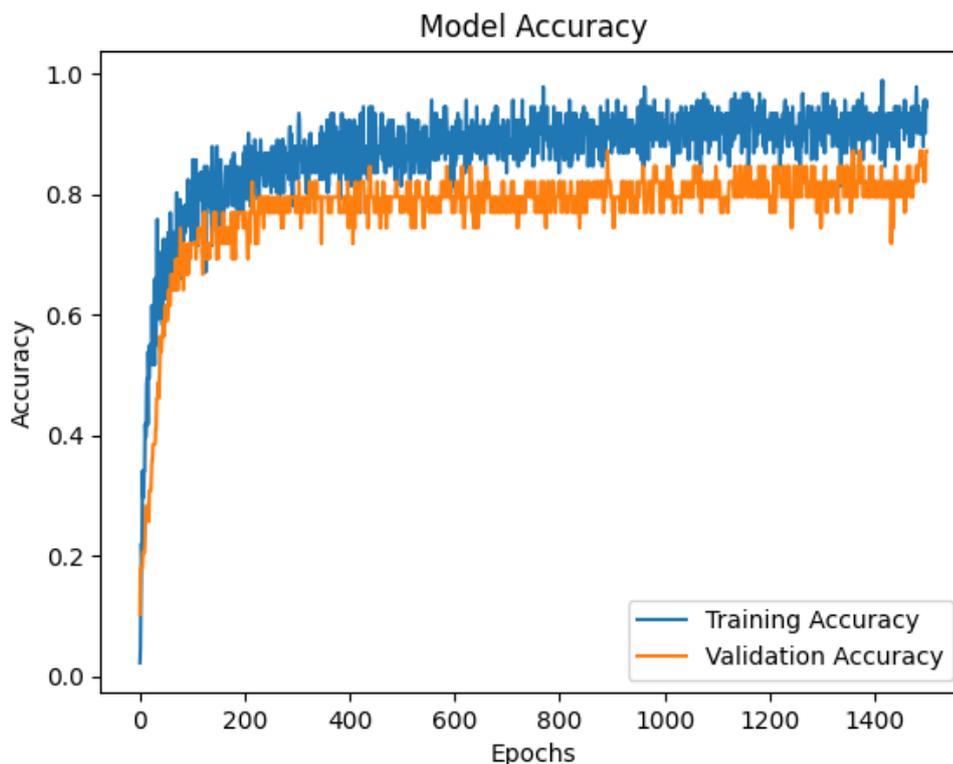
Pada proses pengujian klasifikasi data yang dijelaskan pada Sub Bab 4.2., dijelaskan bahwa *epochs* yang digunakan sebesar 1500, sedangkan *batch_size* sebesar 16. Hal ini dilakukan setelah sebelumnya kedua nilai *epochs* dan *batch_size* diubah-ubah untuk menemukan nilai *loss* yang ideal. Meskipun pada arsitektur

ANN telah diterapkan *dropout* untuk mengurangi *overfitting*, model tetap mengalami *overfitting*, sehingga disini nilai *epochs* dan *batch_size* disesuaikan kembali untuk mengurangi *overfitting* dan memastikan model bekerja dengan maksimal. Hasil dari *Model Loss* (nilai kerugian model) dapat dilihat di Gambar 5.10. dimana nilai *Training Loss* adalah 0,4531 dan nilai *Validation Loss* adalah 0,6604. Kedua nilai tersebut tidak terlalu jauh dan terbilang paling ideal, karena ketika dilakukan perubahan nilai pada *epochs* dan *batch_size*, baik nilainya keduanya ditingkatkan atau diturunkan, *overfitting* yang terjadi jauh lebih buruk.

Selanjutnya untuk perhitungan model akurasi yaitu diperoleh hasil grafik seperti pada Gambar 5.11. Dimana diperoleh nilai persentase *training accuracy* adalah 93% dan nilai persentase *validation accuracy* adalah 85%.



Gambar 5.10. Hasil *Model Loss*



Gambar 5.11. Hasil *Model Accuracy*

Selanjutnya model yang dihasilkan dari proses pelatihan tersebut dikonversi untuk diimplementasikan pada mikrokontroler STM32. *Code* untuk konversi ini ditambahkan didalam program ANN. Model ANN yang awalnya berupa format .h5 dikonversi ke format .tflite, kemudian format model yang telah tekonversi ini diunduh. *File* model ini nantinya akan disertakan kedalam proyek di STM32CubeIDE dan dilakukan inferensi pada program.

5.3. Pembahasan Pengujian *Text-to-speech* dan *Speech-to-text*

Pengujian *Text-to-Speech* dilakukan dengan mengubah keluaran interpretasi kedalam bentuk suara. Seperti pada Tabel 4.5. menunjukkan hasil pengujian *text-to-speech*, sedangkan untuk pengujian *speech-to-text* tertera pada Tabel 4.6.

Pengujian fitur *text-to-speech* dan *speech-to-text* diatas dilakukan ketika kondisi kecepatan internet 4G. Selain itu, juga dilakukan pengujian dengan kondisi ketika koneksi internet dibuat menjadi 3G dan 2G. Ketika kecepatan koneksi internet diatur pada 4G, fungsi *text-to-speech* tidak mengalami *delay*, artinya ketika pengguna menekan tombol '*speaker*' maka segera keluar suara yang merupakan keluaran dari *text-to-speech*. Sedangkan untuk fungsi *speech-to-text*, ketika pengguna telah merekam suaranya, maka kotak teks segera terisi tanpa *delay*.

Ketika kecepatan koneksi internet diatur pada 3G, fungsi *text-to-speech* tetap tidak mengalami *delay*, artinya ketika pengguna menekan tombol '*speaker*' maka segera keluar suara yang merupakan keluaran dari *text-to-speech*. Sedangkan untuk fungsi *speech-to-text*, ketika pengguna merekam suaranya, proses *speech*

recognizer mengalami *delay* sekitar 2-3 detik sampai akhirnya kotak teks segera terisi.

Ketika kecepatan koneksi internet diatur pada 2G, fungsi *text-to-speech* tetap tidak mengalami *delay*, artinya ketika pengguna menekan tombol ‘*speaker*’ maka segera keluar suara yang merupakan keluaran dari *text-to-speech*. Sedangkan untuk fungsi *speech-to-text*, ketika pengguna merekam suaranya, proses *speech recognizer* mengalami *delay* sekitar 3-4 detik sampai akhirnya kotak teks segera terisi. Waktu *delay* yang terjadi pada kondisi koneksi internet 3G dan 2G ini tergantung jumlah kata yang diucapkan, semakin panjang kata yang dimasukkan maka semakin lama waktu *delay*.

5.4. Pembahasan Pengujian Keseluruhan Sistem pada Subjek

Sistem yang telah dibuat kemudian diuji coba secara bertahap pada lima subjek: S1 merupakan individu normal yang mampu menggunakan SIBI, S2 dan S3 merupakan individu normal yang tidak bisa menggunakan SIBI, S4 adalah individu penyandang disabilitas tunarungu yang mampu menggunakan SIBI, dan S5 adalah individu normal yang mampu menggunakan SIBI. Sebelum pengujian, setiap subjek diberikan penjelasan mengenai *informed consent* untuk memastikan pemahaman dan persetujuan mereka. Setelah mendapatkan persetujuan, pengujian dimulai dengan subjek mengenakan perangkat asistif.

Sebagai pemanasan, subjek diminta untuk melakukan latihan gerakan alfabet SIBI dari A hingga Z, dan angka 1-10 sebanyak 3 kali sebelum memulai pengujian kata. Hasil percobaan huruf dari subjek S1 menghasilkan akurasi sebesar 81% untuk deteksi huruf dan 83% untuk deteksi angka. Huruf M dan S memiliki tingkat kesalahan tertinggi, yaitu 67%. Sebagian besar huruf (A, D, E, F, J, K, N, O, Q, T, U, V) memiliki tingkat kesalahan deteksi 33%. Huruf B, C, G, H, I, L, P, R, W, X, Y, Z memiliki tingkat kesalahan 0%. Pada deteksi angka, angka 9 memiliki tingkat kesalahan tertinggi, yaitu 67%. Angka 2, 4, dan 10 memiliki tingkat kesalahan deteksi 33%, dan angka 1, 3, 5, 6, 7, dan 8 memiliki tingkat kesalahan 0%.

Subjek S2 menghasilkan akurasi sebesar 88% untuk deteksi huruf dan 77% untuk deteksi angka. Huruf E, F, G, K, N, P, V, W, dan X memiliki tingkat kesalahan tertinggi, yaitu 33%. Sedangkan lainnya memiliki tingkat kesalahan 0%. Sedangkan untuk deteksi angka, angka 2 dan paling sulit dikenali, ditandai dengan memiliki tingkat kesalahan tertinggi, yaitu 67%. Angka 1, 9 dan 10 memiliki tingkat kesalahan 33%, sisanya memiliki tingkat kesalahan 0%.

Subjek S3 menghasilkan akurasi sebesar 83% untuk deteksi huruf dan 80% untuk deteksi angka. Huruf A, F, I, K, M, N, O, P, Q, R, S, U, dan V memiliki tingkat kesalahan 33%. Sedangkan yang lainnya memiliki tingkat kesalahan 0%. Kemudian untuk deteksi angka, angka 9 memiliki tingkat kesalahan tertinggi, yaitu 67%. Angka 1, 2, 4, dan 10 memiliki tingkat kesalahan 33%. Angka 3, 5, 6, 7, dan 8 memiliki tingkat kesalahan 0%.

Subjek S4 menghasilkan akurasi sebesar 94% untuk deteksi huruf dan 80% untuk deteksi angka. Huruf A, B, F, N, dan V paling sulit dikenali dan memiliki tingkat kesalahan tertinggi, yaitu 33%. Dan huruf lainnya memiliki tingkat kesalahan 0%. Untuk deteksi angka, angka 2 paling sulit dikenali dengan tingkat kesalahan 67%. Angka 1, 4, 9 dan 10 memiliki tingkat kesalahan 33%. Angka sisanya memiliki tingkat kesalahan 0%.

Subjek S5 menghasilkan akurasi sebesar 91% untuk deteksi huruf dan 80% untuk deteksi angka. Huruf B, F, K, M, N, dan U paling sulit dikenali dengan tingkat kesalahan 33%. Sedangkan huruf sisanya memiliki tingkat kesalahan 0%. Lalu untuk deteksi angka, angka 1, 2, 4, 6, 9, dan 10 paling sulit dikenali dengan tingkat kesalahan 33%. Angka 3, 5, 7, dan 8 memiliki tingkat kesalahan 0%.

Subjek S6 menghasilkan akurasi sebesar 88% untuk deteksi huruf dan 83% untuk deteksi angka. Huruf B, D, F, K, N, R, U, V, dan Z memiliki tingkat kesalahan yang 33%. Sedangkan huruf sisanya memiliki tingkat kesalahan 0%. Lalu untuk deteksi angka, angka 2 memiliki tingkat kesalahan tertinggi, yaitu 67%. Huruf dengan tingkat kesalahan dibawahnya dengan 33% adalah 1, 6, dan 10. Sedangkan angka lainnya memiliki tingkat kesalahan 0%.

Dari pembahasan terkait persentase tingkat kesalahan deteksi tiap huruf dan angka, dapat diketahui bahwa kesalahan deteksi seringkali terjadi karena kemiripan gerakan isyarat huruf dan angka pada SIBI, bahkan sebagian besar isyarat angka memiliki bentuk isyarat tangan yang mirip atau sama dengan beberapa isyarat huruf. Isyarat angka yang mirip dengan isyarat huruf diantaranya adalah angka 1 mirip dengan huruf D, 2 mirip dengan huruf V, 4 mirip dengan huruf B, 6 mirip dengan huruf W, 9 mirip dengan huruf F dan 10 yang mirip dengan huruf A.

Huruf A memiliki bentuk isyarat tangan yang mirip dengan huruf S dan angka 10. Semua subjek pernah mengalami kesalahan deteksi huruf A.

Lalu huruf B memiliki kemiripan isyarat tangan dengan angka 4. Semua subjek pernah mengalami kesalahan deteksi kedua isyarat. Yang membedakan isyarat huruf B dan angka 4 hanya posisi keempat jari (telunjuk, tengah, manis, dan kelingking). Jika pada huruf B keempat jari ini akan menempel dan pada angka 4 keempat jari terpisah.

Kemudian huruf F memiliki kemiripan dengan angka 9 bahkan hampir sama persis, sehingga untuk deteksi isyarat tersebut memiliki tingkat kesalahan yang cukup tinggi pada tiap subjek.

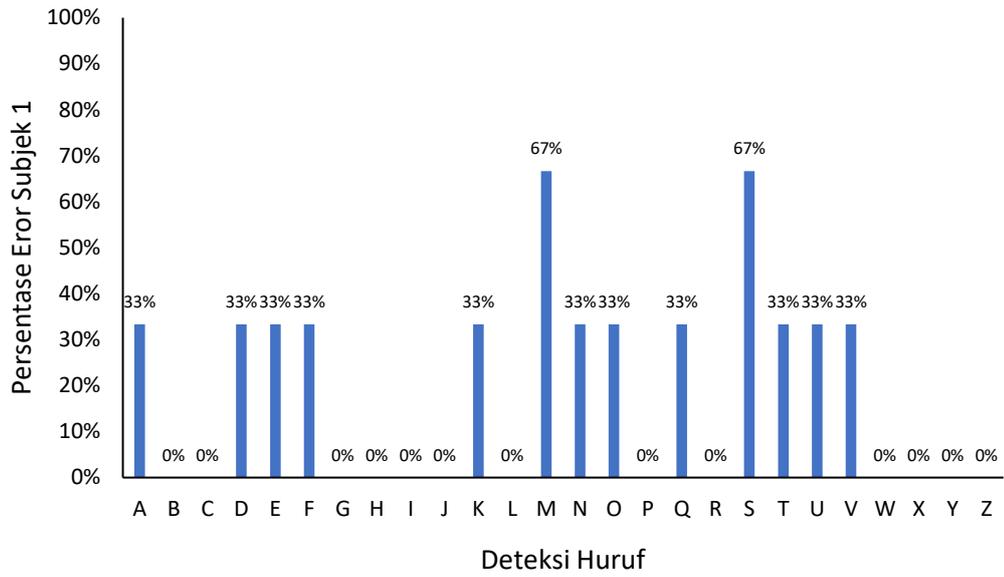
Selanjutnya ada isyarat huruf D yang memiliki kemiripan dengan angka 1. Yang membedakan keduanya adalah posisi jari manis, jari tengah dan jari kelingking. Pada isyarat huruf D, ketiga jari tersebut ditekuk sedikit saja dan tidak perlu menempel di telapak tangan, sedangkan pada isyarat angka 1 ditekuk maksimal sampai ketiga ujung jari menempel telapak tangan. Hanya subjek S1 yang mampu memosisikan kedua isyarat dengan benar dalam tiga kali percobaan, sedangkan keempat subjek lainnya masih melakukan kesalahan peletakan posisi jari.

Lalu ada isyarat huruf M dan N. Kedua isyarat ini memiliki kemiripan, yang membedakan hanya posisi jari jempol. Pada isyarat huruf M, posisi jari jempol diapit oleh jari manis dan jari kelingking, sedangkan pada huruf N, posisi jari jempol diapit oleh jari tengah dan jari manis. Beberapa subjek mengalami kesulitan saat memeragakan kedua huruf ini, karena ketika menggunakan sarung tangan mereka merasa terbatas dalam menggerakkan jarinya sehingga peletakan jari jempol menjadi kurang sempurna yang mengakibatkan hasil deteksi menjadi kurang.

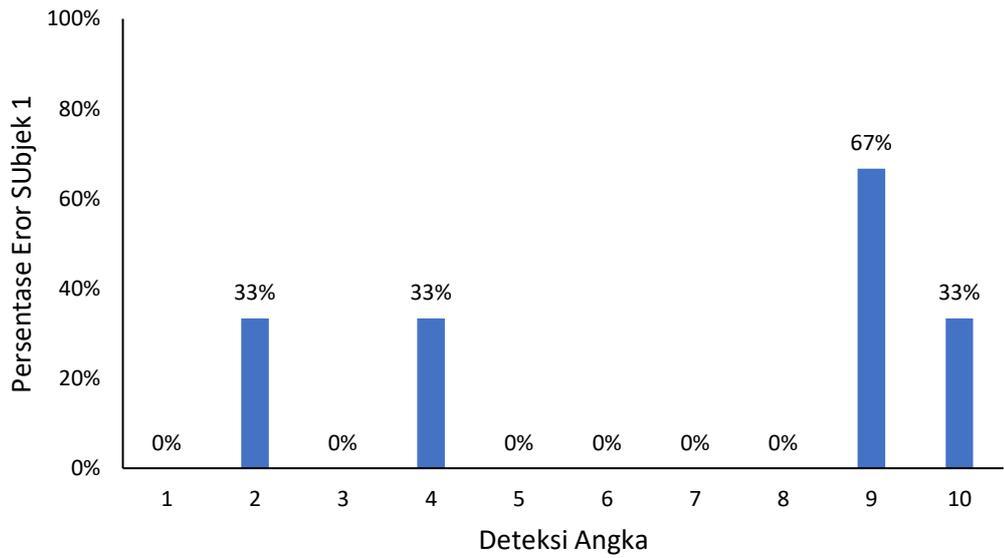
Lalu ada isyarat huruf V yang mirip dan hampir persis dengan angka 2. Posisi kelima jari hampir sama, hanya posisi jari kelingking yang sedikit naik pada isyarat huruf V dan lebih turun ketika isyarat angka 2. Beberapa subjek hanya mampu mendeteksi salah satu dari kedua isyarat di setiap perulangan.

Gerakan isyarat yang mirip selanjutnya adalah huruf T dan X. Yang membedakan keduanya adalah posisi jari jempol. Jika pada huruf T jari jempol dalam posisi berdiri, pada huruf X jari jempol ditekuk dan menempel dengan jari tengah. Pada S3, hasil deteksi seringkali tertukar dan subjek merasa sudah menekuk jarinya ketika memeragakan huruf X namun masih terdeteksi sebagai huruf T.

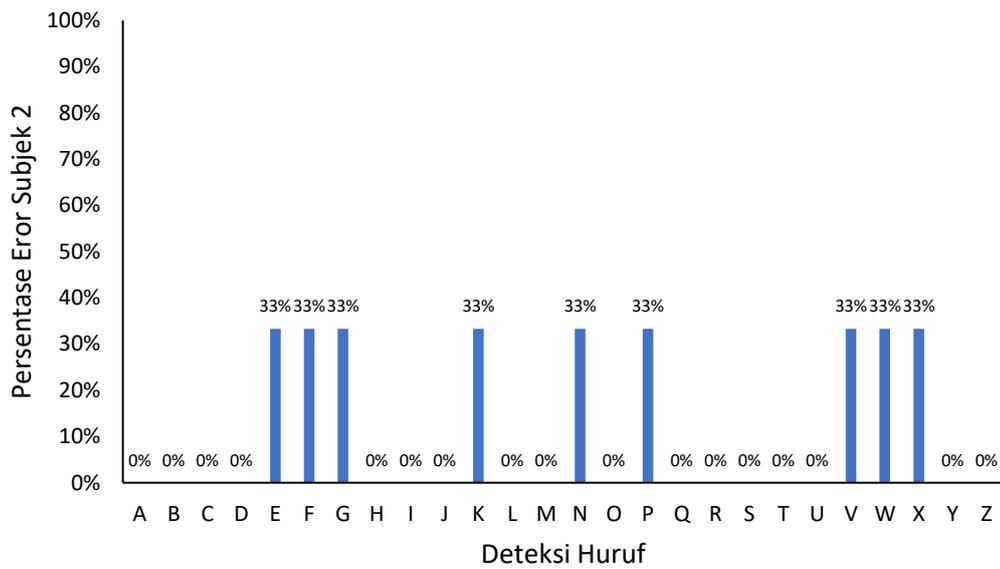
Kemudian ada isyarat huruf W yang memiliki bentuk isyarat tangan yang mirip dengan isyarat angka 6. Posisi jari telunjuk, jari manis, dan jari kelingking untuk kedua isyarat ini adalah berdiri tegak. Sedangkan untuk jari jempol dan kelingking menekuk. Pada isyarat tangan huruf W, ujung jari jempol menempel pada punggung jari kelingking, sedangkan untuk isyarat tangan angka 6, ujung jari jempol saling menempel dengan ujung jari kelingking. Kesalahan deteksi pada tiap subjek seringkali terjadi karena kesalahan dalam peletakan ujung jari jempol.



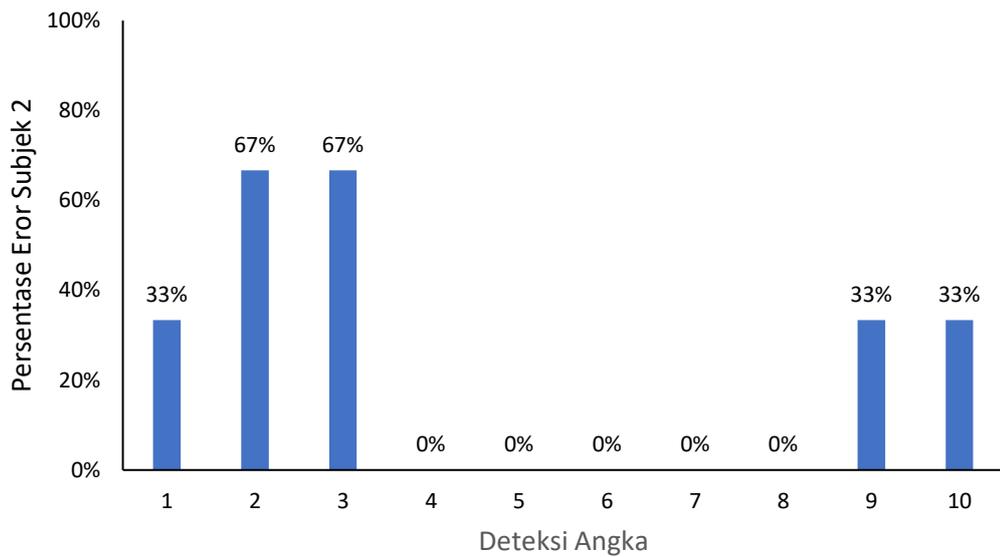
Gambar 5.12. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S1



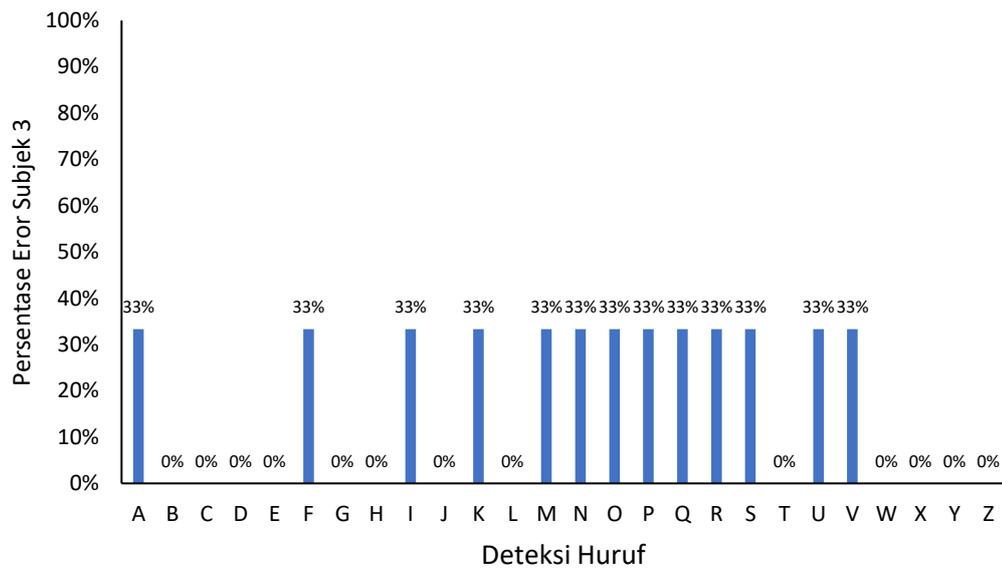
Gambar 5.13. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S1



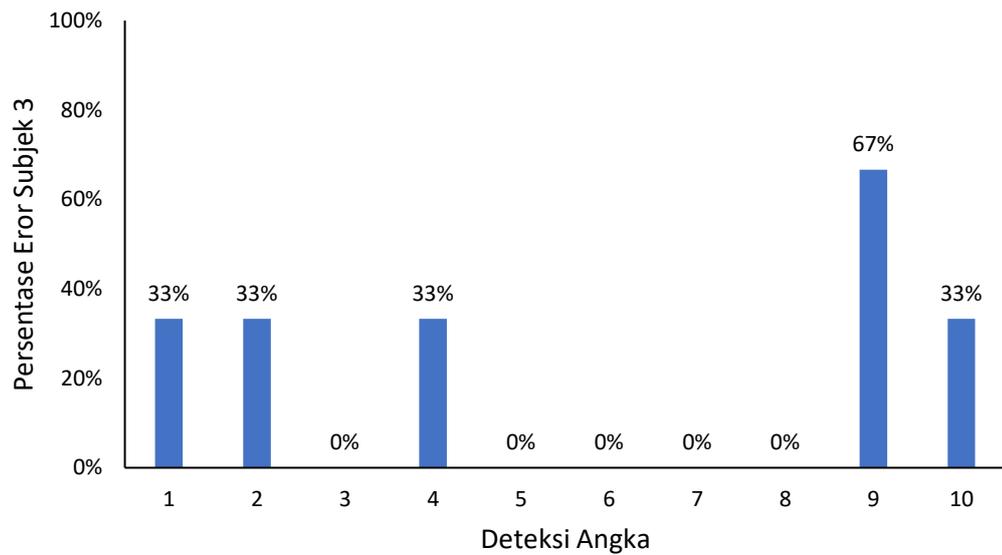
Gambar 5.14. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S2



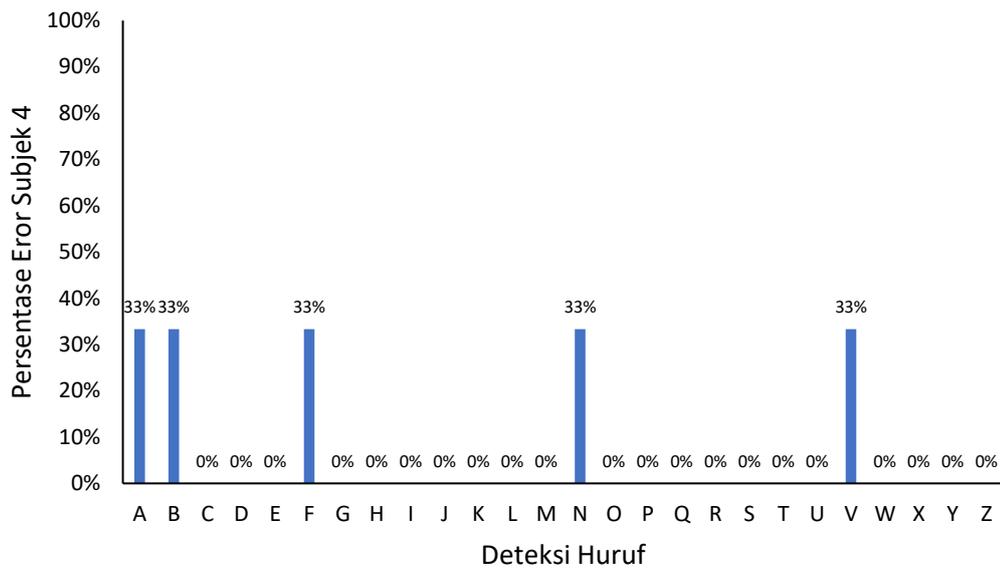
Gambar 5.15. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S2



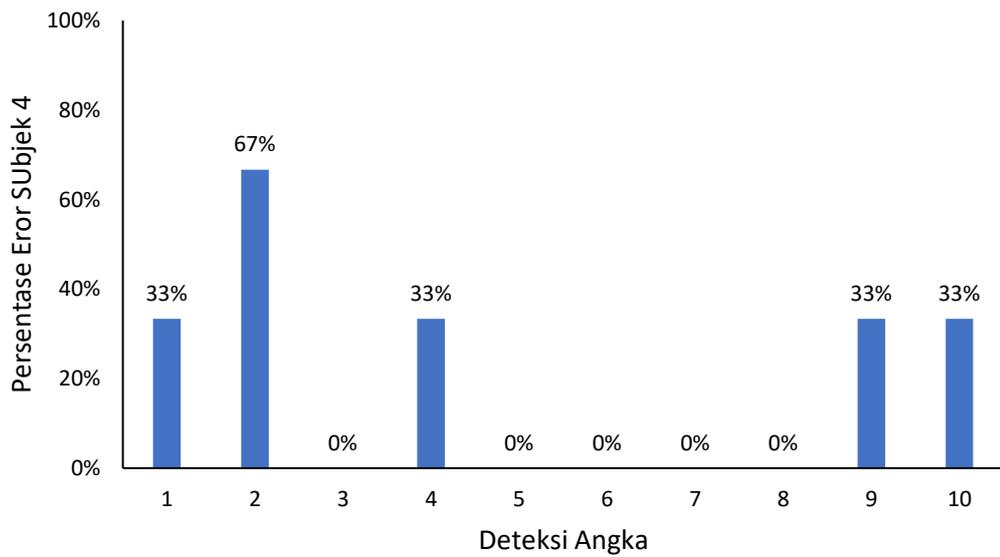
Gambar 5.16. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S3



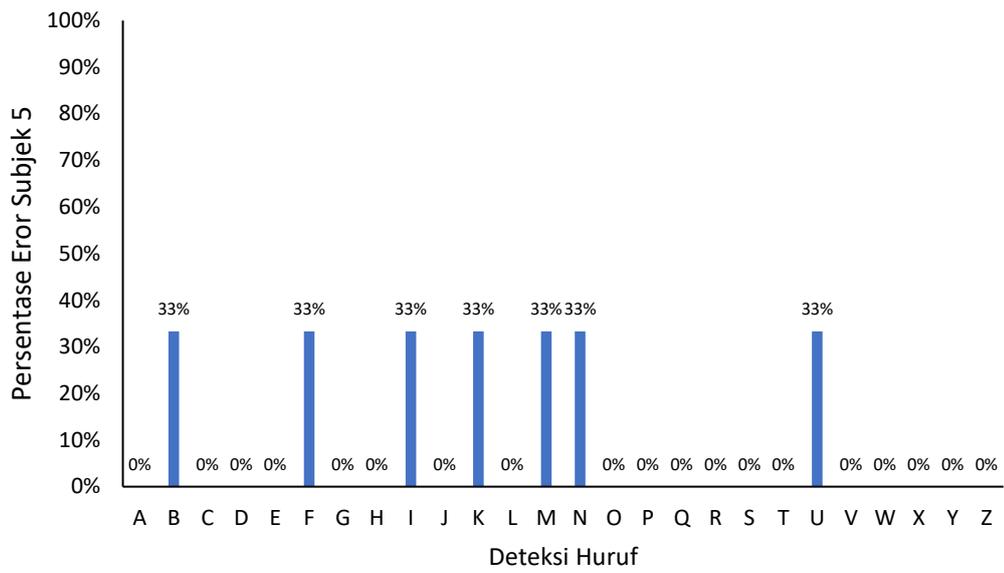
Gambar 5.17. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S3



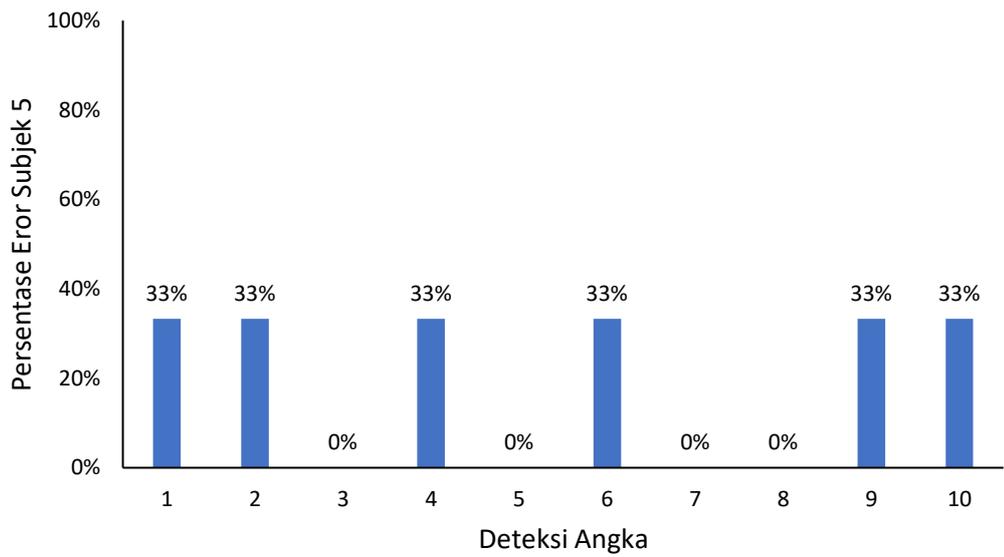
Gambar 5.18. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S4



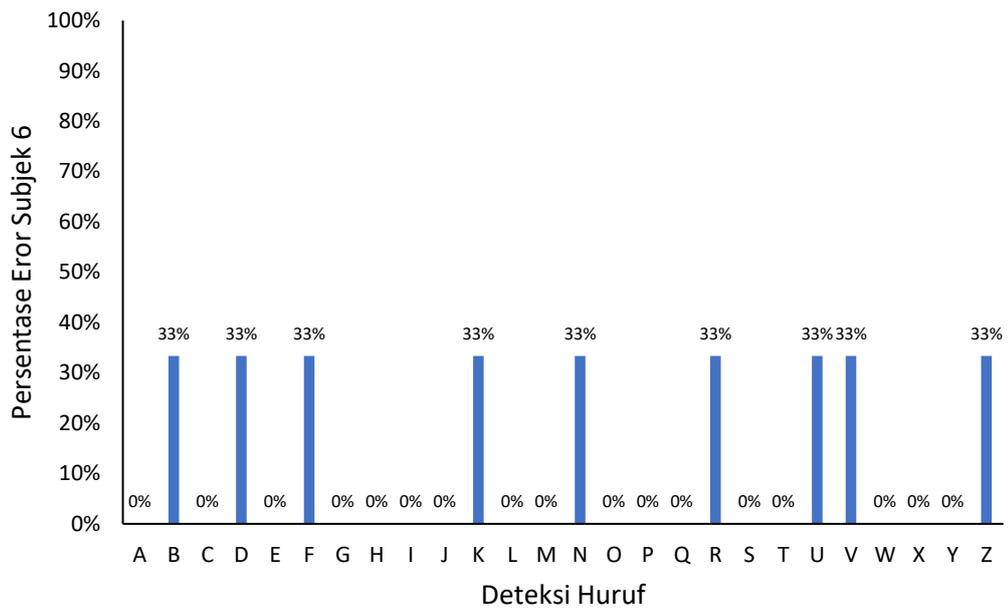
Gambar 5.19. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S4



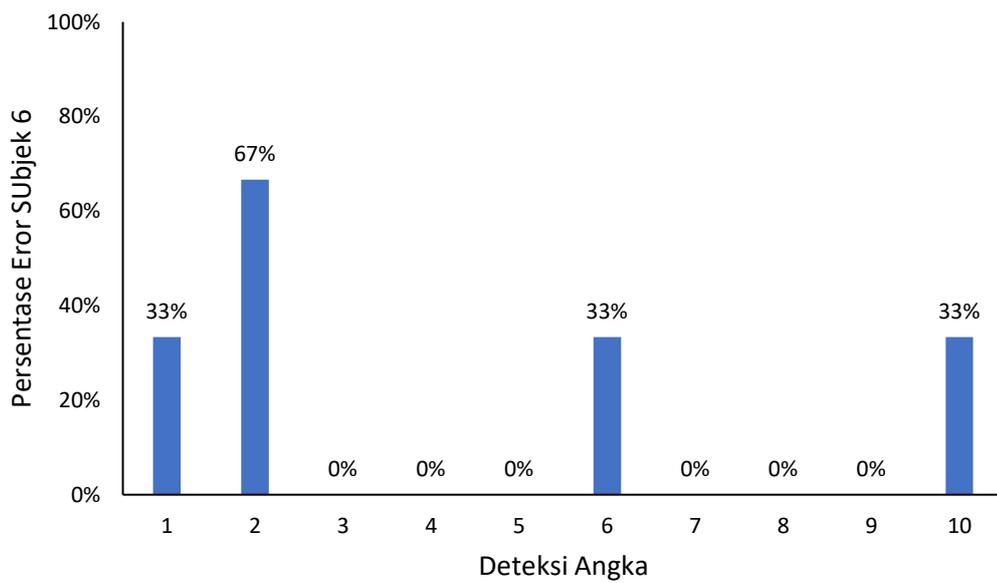
Gambar 5.20. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S5



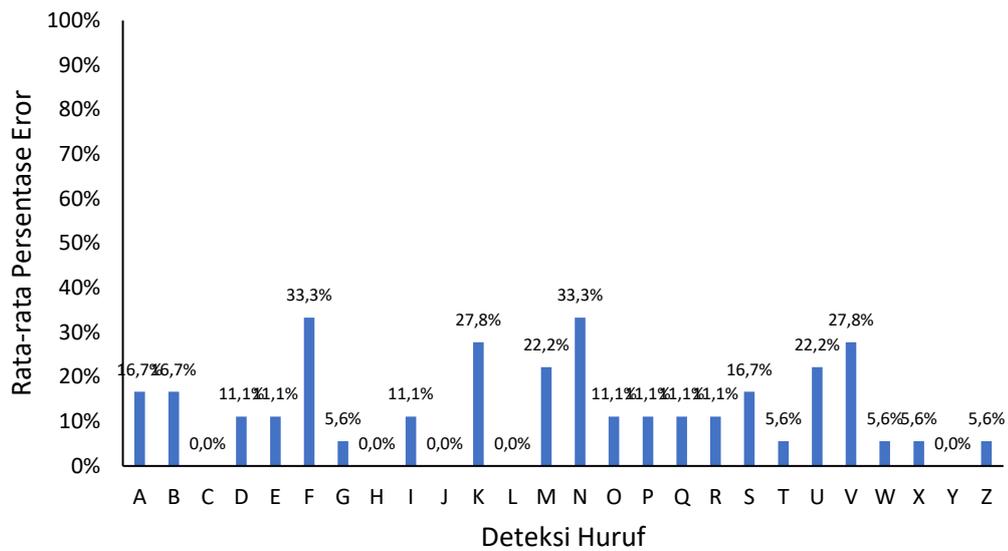
Gambar 5.21. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S5



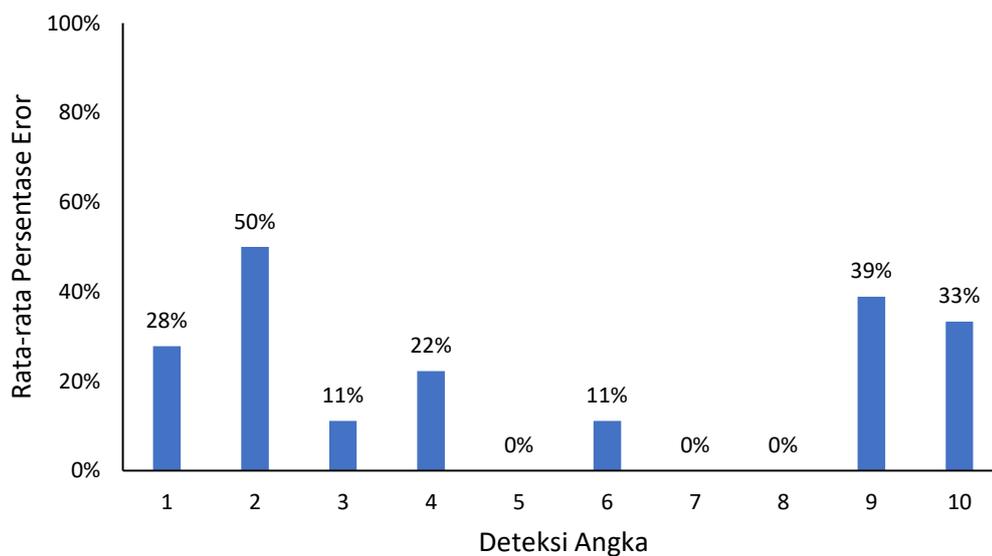
Gambar 5.22. Persentase Error tiap Huruf pada Subjek S6



Gambar 5.23. Persentase Error tiap Angka pada Subjek S6



Gambar 5.24. Rata-rata Kesalahan Deteksi Isyarat Huruf



Gambar 5.25. Rata-rata Kesalahan Deteksi Isyarat Angka

Secara keseluruhan rata-rata kesalahan setiap huruf ditunjukkan pada Gambar 5.24. dan kesalahan setiap angka ditunjukkan pada Gambar 5.25. Nilai rata-rata tertinggi pada isyarat angka adalah pada huruf F dan N dengan 33%. Hal ini bisa terjadi karena sensor FSR yang digunakan mungkin sudah mengalami degradasi, sehingga ketika disentuh namun masih belum mencapai *threshold* maka masih terbaca sebagai tanpa sensor FSR. Atau juga dikarenakan kesalahan peletakan jari oleh subjek, dimana seharusnya diberikan sedikit tekanan untuk menandakan huruf R, namun beberapa subjek hanya sekedar menempelkan sensor FSR atau bahkan tidak menempel. Kemudian untuk isyarat K dan V juga memiliki rata-rata nilai presentase yang cukup tinggi, 27,8%. Hal ini terjadi karena saat pengujian,

beberapa subjek salah menempatkan jari jempolnya. Beberapa subjek merasa bahwa jari jempolnya tidak menempel dengan jari manis dan berada dalam posisi lurus untuk mendeteksi huruf K, namun masih terjadi kesalahan letak jari jempol yang sedikit tertekuk sehingga terbaca sebagai V.

Selanjutnya untuk rata-rata kesalahan deteksi isyarat angka, angka dengan eror tertinggi adalah angka 2 dengan persentase 50%. Angka 2 dengan isyarat tangan yang serupa dengan huruf V seringkali terbaca berbeda. Sedangkan angka 9 dengan persentase 39% yang serupa dengan huruf F juga seringkali terbalik dalam pendeteksiannya. Lalu ada angka 10 dengan nilai persentase 33% memiliki bentuk isyarat tangan yang serupa dengan huruf A juga seringkali salah terdeteksi.

Kemudian dilakukan juga pengujian deteksi huruf dalam membentuk kata. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1. untuk subjek S1, Tabel 5.2. untuk subjek S2, Tabel 5.3. untuk subjek S3, Tabel 5.4. untuk subjek S4 dan Tabel 5.5. untuk subjek S5, dan Tabel 5.6. untuk subjek S6. Subjek S1 memilih nama "EKA" untuk diujikan. Pada percobaan pertama diperoleh persentase 100% untuk ketiga huruf, pada percobaan kedua, isyarat huruf A terdeteksi sebagai huruf S, dan pada percobaan ketiga berhasil terdeteksi dengan benar untuk ketiga huruf. Untuk akurasi akhir diperoleh 88,9%. Lalu untuk subjek S2 memilih nama "ONIO" untuk diujikan. Pada percobaan pertama dan kedua berhasil terdeteksi dengan benar untuk keempat huruf. Pada percobaan ketiga mengalami kesalahan deteksi untuk huruf M menjadi huruf N. Untuk akurasi akhir diperoleh 91,6%.

Untuk subjek S3 memiliki nama "ALFI" untuk diujikan. Pada percobaan pertama terdeteksi 3 huruf benar dan 1 salah, yaitu huruf A terdeteksi sebagai S. pada percobaan kedua hanya 2 huruf benar dari 4 huruf, dimana huruf A masih terdeteksi sebagai huruf S, dan huruf F terdeteksi sebagai angka 9. Kemudian pada percobaan ketiga bisa terdeteksi keempat huruf dengan benar. Untuk akurasi akhir diperoleh 75%.

Kemudian subjek S4 memilih nama "YATI" untuk diujikan. Pada percobaan pertama berhasil dideteksi keempat huruf dengan benar. Untuk percobaan kedua ada satu kesalahan deteksi, dimana huruf A dideteksi sebagai huruf S. Percobaan ketiga mengalami pendeteksi ganda, dimana muncul dua hasil deteksi yaitu huruf A yang terdeteksi sebagai A dan S. Hal ini bisa terjadi karena ketika subjek awalnya salah memposisikan tangannya dan terlanjur terbaca oleh sistem, kemudian subjek memperbaiki posisi tangannya kembali, sehingga terbaca sebagai dua huruf berbeda. Untuk akurasi akhir diperoleh 85%.

Kemudian subjek S5 memilih nama "BANI" untuk diujikan. Pada percobaan pertama terjadi kesalahan deteksi, untuk hal ini terjadi karena kesalahan yang sama seperti pada subjek S4, yaitu kesalahan dalam memposisikan jari. Kemudian untuk percobaan kedua berhasil terdeteksi dengan baik untuk keempat huruf. Dan untuk percobaan ketiga mengalami kesalahan deteksi huruf N menjadi M karena kesalahan posisi jari yang tidak diperbaiki oleh subjek. Untuk akurasi akhir diperoleh 85%.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S1

Nama yang Dipergakan	Hasil Percobaan ke-			Akurasi
	1	2	3	
EKA	EKA	EKS	EKA	88.9%
	100%	66.67%	100%	

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S2

Nama yang Dipergakan	Hasil Percobaan ke-			Akurasi
	1	2	3	
ONIO	ONIO	ONIO	OMIO	91.6%
	100%	100%	75%	

Tabel 5.3. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S3

Nama yang Dipergakan	Hasil Percobaan ke-			Akurasi
	1	2	3	
ALFI	SLFI	SL9I	ALFI	75%
	75%	50%	100%	

Tabel 5.4. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S4

Nama yang Dipergakan	Hasil Percobaan ke-			Akurasi
	1	2	3	
YATI	YATI	YSTI	YSATI	85%
	100%	75%	80%	

Tabel 5.5. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S5

Nama yang Dipergakan	Hasil Percobaan ke-			Akurasi
	1	2	3	
BANI	BAMNI	BANI	BAMI	85%
	80%	100%	75%	

Tabel 5.6. Hasil Pengujian Kata pada Subjek S5

Nama yang Dipergakan	Hasil Percobaan ke-			Akurasi
	1	2	3	
BILA	BYLA	BILA	BYLA	83.3%
	75%	100%	75%	

Selanjutnya subjek S6 memilih nama “BILA” untuk diujikan. Pada percobaan pertama terjadi kesalahan deteksi, dimana huruf I terdeteksi sebagai huruf Y. Hal ini terjadi karena posisi jari jempol subjek yang kurang tepat, gerakan isyarat huruf Y dan I juga sedikit mirip dan berbeda hanya pada posisi jempol. Pada percobaan kedua tidak ada kesalahan deteksi, sedangkan pada percobaan ketiga terjadi kesalahan deteksi yang sama seperti pada percobaan pertama.

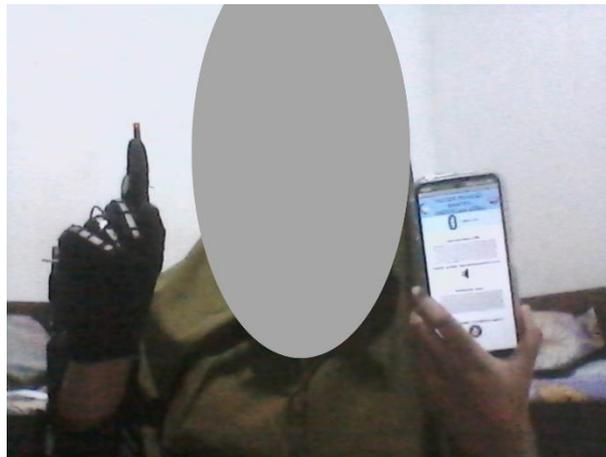
5.5. Pembahasan Pengujian Hasil Survei dan Umpan Balik Subjek

Survei terhadap pengguna perangkat asistif bahasa isyarat menunjukkan hasil positif secara keseluruhan. Seluruh pengguna merasa nyaman menggunakan perangkat, baik dari segi material sarung tangan maupun keleluasaan dalam

melakukan gerakan bahasa isyarat. Tidak ada kekhawatiran akan lecet atau ketidaknyamanan lainnya. Namun, terdapat masukan mengenai ukuran sarung tangan yang kurang pas bagi pengguna dengan tangan kecil, yang dapat memengaruhi akurasi deteksi. Sementara ada pengguna lain juga merasa bahwa kurang leluasa karena ukuran sarung tangan yang kurang besar karena merasa sedikit sesak saat menggerakkan jari. Selain itu, beberapa pengguna merasa kelelahan akibat pengulangan pengujian.

Dari segi keefektifan komunikasi, pengguna yang sudah terbiasa dengan bahasa isyarat menilai perangkat ini sebagai alat bantu belajar yang baik. Sementara itu, pengguna yang belum pernah menggunakan bahasa isyarat merasa perangkat ini sangat membantu dalam pembelajaran komunikasi dua arah. Secara keseluruhan, perangkat asistif ini dinilai sudah memenuhi aspek kenyamanan dan menunjukkan potensi besar dalam membantu pembelajaran dan komunikasi bahasa isyarat.

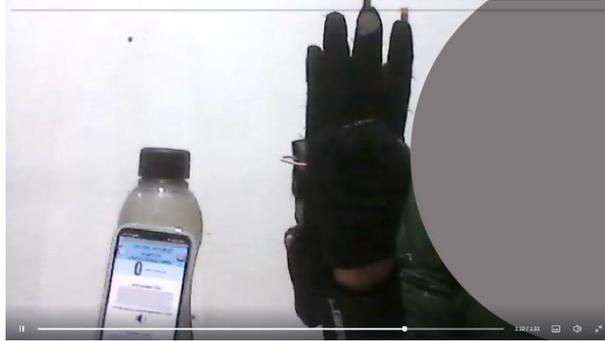
Proses pengujian pada subjek S1 ditunjukkan pada Gambar 5.26., pengujian pada subjek S2 ditunjukkan pada Gambar 5.27., pengujian pada subjek S3 ditunjukkan pada Gambar 5.28., pengujian pada subjek S4 ditunjukkan pada Gambar 5.29., pengujian pada subjek S5 ditunjukkan pada Gambar 5.30., dan pengujian pada subjek S6 ditunjukkan pada Gambar 5.31.



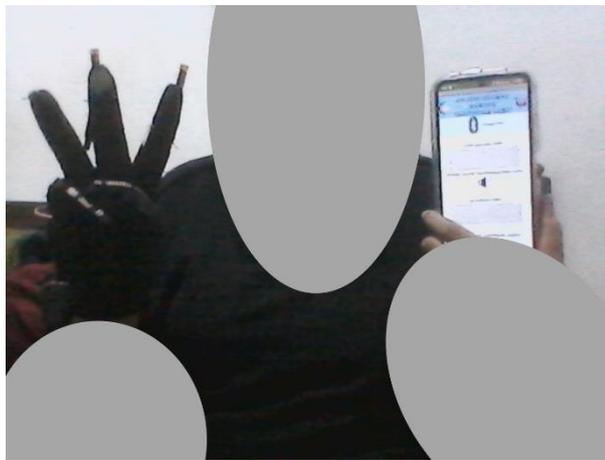
Gambar 5.26. Pengujian pada Subjek S1



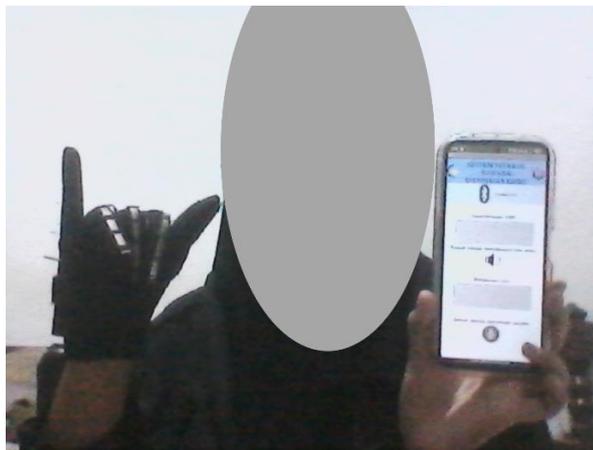
Gambar 5.27. Pengujian pada Subjek S2



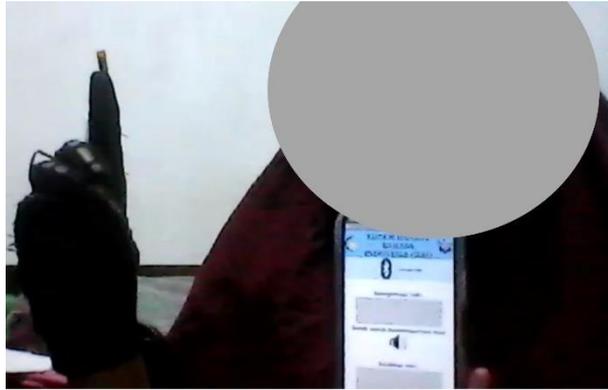
Gambar 5.28. Pengujian pada Subjek S3



Gambar 5.29. Pengujian pada Subjek S4



Gambar 5.30. Pengujian pada Subjek S5



Gambar 5.31. Pengujian pada Subjek S6

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang perangkat asistif yang berfungsi dengan baik. Tingkat akurasi pendeteksian huruf mencapai 87,61% dan pendeteksian angka mencapai 80,56%. Jika dilihat dari rata-rata kesalahan deteksi isyarat huruf penelitian sebelumnya dan penelitian ini, dapat dilihat bahwa beberapa huruf mengalami peningkatan akurasi. Huruf yang paling terlihat peningkatan akurasinya yaitu huruf R, S, dan M. Sedangkan ada juga huruf lain yang malah menunjukkan penurunan nilai akurasi, seperti pada huruf A, F, dan V. Beberapa isyarat huruf juga memiliki kemiripan bentuk isyarat dengan beberapa isyarat angka. Hal ini menyebabkan hasil terjemahan seringkali mengalami kesalahan, sehingga dalam hal ini tidak bisa menerjemahkan kata yang didalamnya terdapat gabungan huruf dan angka. Faktor-faktor seperti waktu perpindahan antar isyarat dan kemiripan antar isyarat dapat memengaruhi hasil deteksi.

Komunikasi dua arah telah berhasil diimplementasikan dengan tingkat akurasi konversi *text-to-speech* dan *speech-to-text* dalam Bahasa Indonesia sebesar 100%. Pengujian *text-to-speech* dilakukan untuk mengetahui apakah hasil teks interpretasi dan konversi suara adalah sesuai. Sedangkan pengujian *speech-to-text* dilakukan untuk mempermudah lawan bicara subjek untuk memberikan umpan balik. Penggunaan sensor flex yang terus-menerus dapat meningkatkan resistansi, sehingga diperlukan pembaruan *dataset* ADC sebelum pengujian untuk menjaga akurasi model. Penempatan sensor FSR juga perlu dievaluasi ulang karena gesekan dan tekanan yang tidak perlu dapat mempercepat penurunan kinerja sensor.

Secara keseluruhan, sistem komunikasi menggunakan perangkat asistif ini cukup efektif dalam membantu penyandang tunarungu-wicara untuk kegiatan pembelajaran yang berkaitan dengan bahasa isyarat. Akan tetapi jika digunakan sebagai alat bantu komunikasi utama masih kurang efektif karena untuk hasil terjemahan yang masih perhuruf. Perangkat ini diharapkan dapat mengatasi hambatan komunikasi antara penyandang tunarungu-wicara dengan individu lain tanpa keterbatasan.

6.2. Rencana Pengembangan

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa perbaikan dan rencana pengembangan untuk melanjutkan penelitian ini. Penggunaan sensor yang original tentunya sangat disarankan agar memberikan hasil yang maksimal dan untuk mengurangi penurunan kinerja sensor. Kemudian untuk rencana pengembangan yaitu bisa mencoba menginterpretasikan SIBI yang memanfaatkan dua tangan. Bisa juga ditambahkan pengembangan selanjutnya dengan menginterpretasikan menjadi beberapa kata hingga membentuk kalimat. Dan juga bisa mengembangkan keluaran teks yang menerjemahkan gabungan huruf dan angka.

Untuk sistem *speech-to-text* sebagai sistem umpan balik pada penelitian ini masih memanfaatkan *Google Speech Recognition*, sehingga memerlukan jaringan internet. Untuk mengakomodasi kondisi jaringan internet di berbagai daerah yang tidak merata, algoritma *speech-to-text* juga dapat dikembangkan dengan memanfaatkan pemasangan ekstensi pihak ketiga untuk dipasangkan di *MIT App Inventor* yang memiliki fungsi mengenali suara tanpa harus terhubung dengan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization, “Deafness and hearing loss”[Online]. Link: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> [Diakses pada 16 Mei 2023].
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, “Banyaknya Desa/Kelurahan Menurut Keberadaan Penyandang Cacat”[Online]. Link: <https://jatim.bps.go.id/statictable/2019/10/04/1557/baanyaknya-desa-kelurahan-menurut-keberadaan-penyandang-cacat-.html> [Diakses pada 16 Mei 2023].
- [3] J. Wu, L. Sun, dan R. Jafari, “A Wearable System for Recognizing American Sign Language in Real-Time Using IMU and Surface EMG Sensors,” *IEEE J Biomed Health Inform*, Vol. 20, No. 5, pp. 1281–1290, September 2016.
- [4] Kamus SIBI, “Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (Profil)” [Online]. Link: <https://pmpk.kemdikbud.go.id/sibi/profil> [Diakses pada 16 Mei 2023].
- [5] Dias, Thiago Simões, José Jair Alves Mendes Júnior, dan Sérgio Francisco Pichorim. "An instrumented glove for recognition of Brazilian sign language alphabet." *IEEE sensors journal*, Vol. 22, No. 3, pp. 2518-2529, 1 Februari 2022.
- [6] Lee, Boon Giin, dan Su Min Lee. "Smart wearable hand device for sign language interpretation system with sensors fusion." *IEEE Sensors Journal*, Vol. 18. No. 3, pp. 1224-1232, 1 Februari 2018.
- [7] A. Retnoningsih, A. Arifin, dan F. Arrofiqi, “Desain Komunikasi Dua Arah Sistem Isyarat Bahasa Indonesia untuk Penyandang Disabilitas Tunarungu-wicara Berbasis Smart Glove.” *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 1, No. 1. pp 1-7. Surabaya, Indonesia, 2023.
- [8] E. S. Haq, D. Suwardiyanto dan M. Huda, "Indonesian Sign Language Recognition Application For Two-Way Communication Deaf-Mute People," 2018 3rd International Conference on Information Technology, Information System and Electrical Engineering (ICITISEE), pp. 313-318. Yogyakarta, Indonesia, 2018.
- [9] Klobility, “BISINDO dan SIBI: Apa Bedanya?” [Online]. Link: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.klobility.id%2Fpost%2Fperbedaan-bisindo-dan-sibi&psig=AOvVaw2_TgksKreIp7wtKrdBAajH&ust=1687462060463000&source=images&cd=vfe&ved=0CBMQjhxqFwoTCLj2jJiM1f8CFQAAAAdAAAAABAE [Diakses pada 15 Juni 2023].
- [10] Kamus SIBI, “Kosakata SIBI” [Online]. Link: <https://pmpk.kemdikbud.go.id/sibi/kosakata> [Diakses pada 16 Oktober 2023].

- [11] Meenta, "Belajar Bahasa Isyarat Tingkat Dasar: Mengenal Huruf dan Angka" [Online]. Link: <https://meenta.net/belajar-bahasa-isyarat-dasar/> [Diakses pada 17 Oktober 2023].
- [12] Bakti, Mochamad Bagus Setiyo, dan Yuliana Melita Pranoto. "Pengenalan Angka Sistem Isyarat Bahasa Indonesia Dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network." Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi), Vol. 3. No. 1, pp. 11-16. Kediri, Indonesia, 2019.
- [13] Chakoma, Shingirirai, dan Philip Baron. "Converting South African sign language to verbal." SAIEE Africa Research Journal, Vol. 114, No. 2, pp. 49-57, Juni 2023.
- [14] Al Mamun A dan Fakir M. "Flex Sensor Based Hand Glove for Deaf and Mute People," International Journal Computer Networks and Communication Security, vol. 5, no. 2, pp. 38-48, Februari 2017.
- [15] Wungow, Kevin Christopher, Romy Budhi Widodo, dan Mochamad Subianto. "Studi Klasifikasi dengan KNN dan ANN pada Sarung Tangan Penerjemah Angka dan Alfabet Bahasa Isyarat SIBI." Prosiding Seminar Nasional Universitas Ma Chung. Vol. 2. Malang, Indonesia, 2022.
- [16] Y. A. Darmawan, A. Arifin, dan F. Arrofiqi, "Rancang Bangun Detachable Multi-Sensor Glove Penerjemah Sistem Isyarat Bahasa Indonesia Bagi Individu Tunarungu-Wicara." Jurnal Teknik POMITS, vol. 1, No. 1, pp. 1-6. Surabaya, Indonesia. 2023.
- [17] Saggio, Giovanni, dan Giancarlo Orengo. "Flex sensor characterization against shape and curvature changes." Sensors and Actuators A: Physical. Vol. 273, pp. 221-231. 15 April 2018.
- [18] Interlink Electronics, "Interlink Technologies. FSR 402 Data Sheet" [Online]. Link: <http://www.interlinkelectronics.com/FSR402short.php> [Diakses pada 12 Desember 2023].
- [19] Store Siqma, "GY-952 6-DOF IMU Sensor Module [3V-5V]" [Online]. Link: <https://store.siqma.com/gy-952-imu-module.html> [Diakses pada 12 Desember 2023].
- [20] Components101, "STM32F103C8T6 Blue Pill Arduino guide" [Online]. Link: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/STM32F103C8T6-Blue-Pill-Development-Board-Datasheet.pdf [Diakses pada 12 Desember 2023].
- [21] Electronica60Norte, "Datasheet Bluetooth to Serial Port Module HC05" [Online]. Link: <https://www.electronica60norte.com/mwfls/pdf/newBluetooth.pdf> [Diakses pada 12 Desember 2023].
- [22] H. -T. Chang dan J. -Y. Chang, "Sensor Glove Based on Novel Inertial Sensor Fusion Control Algorithm for 3-D Real-Time Hand Gestures Measurements,"

- IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 67, no. 1, pp. 658-666, Januari 2020.
- [23] K. Bhat dan C. L. Chayalakshmi, "Advanced Glove for Deaf and Dumb with Speech and Text Message on Android Cell Phone," 2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON), Bangluru, India, pp. 1-7, 2020.
- [24] H. Shaheen dan T. Mehmood, "Talking Gloves: Low-Cost Gesture Recognition System for Sign Language Translation," 2018 IEEE Region Ten Symposium (Tensymp), pp. 219-224. Sydney, NSW, Australia, 2018.
- [25] Alrubayi, A. H., Ahmed, M. A., Zaidan, A. A., Albahri, A. S., Zaidan, B. B., Albahri, O. S., dan Alazab, M. "A pattern recognition model for static gestures in malaysian sign language based on machine learning techniques." Computers and Electrical Engineering, Vol. 95, No. 107383. Oktober 2021.
- [26] Ahmed MA, Zaidan BB, Zaidan AA, Salih MM, dan Lakulu MM Bin. "A review on systems-based sensory gloves for sign language recognition state of the art between 2007 and 2017," Sensors (Switzerland), vol. 18, no. 7. 9 Juli 2018.
- [27] Suleman, Annisa Rahmawati, dan Irma Palupi. "Penerapan Artificial Neural Network (ANN) untuk Prediksi Prestasi Akhir Mahasiswa Melalui Nilai Mata Kuliah Dasar Tingkat 1." eProceedings of Engineering Vol. 10, No. 2. Bandung, Indonesia, April 2023.
- [28] Widodo, Romy Budhi, Windra Swastika, dan Agustinus Bohaswara Haryasena. "Studi Sensor dan Akuisisi Data Hand Gesture dengan Sarung Tangan." Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH), Vol. 18, No. 1, pp. 561-568. Malang, Indonesia, 2020.

BIODATA PENULIS



Veny Eka Nurfita Sari dilahirkan di Gresik, Jawa Timur pada 10 April 2002. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Sebelum menjadi mahasiswa, penulis menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 Sidayu. Kemudian penulis memulai studi jenjang sarjana di Departemen Teknik Biomedik, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Biomedik selama 2 tahun. Penulis juga pernah menjadi Asisten Laboratorium Instrumentasi dan

Pengolahan Sinyal Biomedika.