



## Perancangan Alat Penerjemah Bahasa Isyarat Ke Suara Berbasis Sensor Flex, Sensor Mpu6050, dan Raspberry Pi

Zauqy Launu Hayya<sup>1\*</sup>, Farady Alif Fiolana<sup>2</sup>, Diah Arie Widhining<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Teknik Elektro, Universitas Islam Kadiri, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [aqyahayya27@gmail.com](mailto:aqyahayya27@gmail.com)

**Abstract.** Communication is a fundamental human need for conveying information and ideas. However, individuals who are deaf and mute face difficulties in communicating with the broader community that does not understand sign language. This study aims to design and implement a real-time static sign language translator into speech using five flex sensors, an MPU6050 sensor, a Raspberry Pi Pico, an ADS1115 ADC module, and a DFPlayer Mini module as the audio output medium. Testing results show that the device successfully recognizes finger movements and hand orientation. The system is capable of playing audio output corresponding to recognized gestures, with the shortest latency recorded at 1.1 seconds and the longest at 2.8 seconds, achieving a detection accuracy rate of 75% based on 60 tests across 12 sign words. This device supports the translation of 12 simple sign words. The implementation demonstrates potential as an assistive communication tool, although further development is needed to improve accuracy, expand vocabulary, and conduct trials directly with deaf or mute users.

**Keywords:** DFPlayer Mini; Flex Sensor; MPU6050; Raspberry Pi Pico; Sign Language.

**Abstrak.** Komunikasi merupakan kebutuhan mendasar manusia untuk menyampaikan informasi dan gagasan. Namun, penyandang tunarungu dan tunawicara menghadapi kesulitan dalam berkomunikasi dengan masyarakat luas yang tidak memahami bahasa isyarat. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan alat penerjemah bahasa isyarat statis menjadi suara secara real-time menggunakan lima sensor flex, sensor MPU6050, Raspberry Pi Pico, modul ADC ADS1115, serta modul DFPlayer Mini sebagai media keluaran audio. Hasil pengujian menunjukkan alat berhasil mengenali gerakan jari dan orientasi tangan. Sistem mampu memutar keluaran suara sesuai gerakan yang dikenali dengan latensi terkecil 1,1 detik dan latensi terbesar 2,8 detik serta tingkat akurasi deteksi sebesar 75% berdasarkan total 60 kali pengujian terhadap 12 kata isyarat. Alat ini mendukung penerjemahan 12 kata isyarat sederhana. Implementasi alat menunjukkan potensi sebagai sarana bantu komunikasi yang inklusif, meskipun diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi, memperluas kosakata, serta melakukan uji coba langsung bersama pengguna tunarungu atau tunawicara.

**Kata kunci:** Bahasa Isyarat; DFPlayer Mini; MPU6050; Raspberry Pi Pico; Sensor Flex.

### 1. LATAR BELAKANG

Komunikasi adalah kebutuhan dasar manusia untuk menyampaikan maksud, informasi dan gagasan. Untuk kaum difabel dengan gangguan pendengaran (tuna rungu) atau gangguan bicara (tuna wicara), bahasa isyarat menjadi sarana komunikasi utama. Namun, tidak semua orang mampu memahami bahasa isyarat tersebut, hal inilah yang sering menjadi hambatan dalam berkomunikasi antara pengguna bahasa isyarat dengan manusia normal. Hambatan ini menciptakan kesenjangan komunikasi yang berdampak pada berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan, pekerjaan, dan pelayanan publik (Nugraheni, Husain, & Unayah, 2023). Oleh karena itu, kemajuan teknologi saat ini membuka peluang untuk menciptakan solusi inovatif yang dapat mengatasi kesenjangan dalam berkomunikasi tersebut.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan (Prabowo, Y. , & Zakaria) adalah dengan mengembangkan alat penerjemah dari bahasa isyarat menjadi suara. Dengan alat ini, nantinya gerakan tangan dari pengguna bahasa isyarat dapat diterjemahkan menjadi output suara, sehingga mempermudah komunikasi dua arah tanpa memerlukan penerjemah manusia. Alat tersebut nantinya akan menggunakan sensor flex sebagai pendeteksi gerakan jari tangan dan akan diproses dengan mikrokontroler Raspberry Pi Pico sebagai pusat pengolahan data. Sensor flex dapat mendeteksi perubahan sudut atau lentur pada jari, kemudian menggunakan Raspberry Pi Pico dengan komputasinya, akan memproses data dari sensor tersebut dan menghasilkan output berupa suara (Widarto, Samosir, & Assariy, 2020).

Bahasa isyarat yang digunakan dalam alat ini mengacu pada Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), yaitu suatu sistem yang mengadaptasi struktur Bahasa Indonesia ke dalam bentuk isyarat (Khamdi & M, 2022). SIBI menggunakan isyarat tangan yang sistematis dan sudah dibakukan, sehingga berbeda dari Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) yang bersifat lebih alami dan regional. Pemilihan SIBI didasarkan pada keteraturan strukturnya yang memudahkan proses pengenalan pola isyarat oleh sistem. Selain itu, jenis isyarat yang digunakan dalam proyek ini adalah isyarat statis, yaitu isyarat yang tidak memerlukan pergerakan berkelanjutan atau transisi kompleks antar posisi tangan (Rahagiyanto, 2019). Isyarat statis cenderung lebih mudah dideteksi oleh sensor karena hanya melibatkan bentuk tangan yang tetap pada satu waktu tertentu, sehingga sesuai dengan kemampuan sistem untuk mengenali pola dari data sensor secara lebih stabil dan akurat.

Dengan dibuatnya alat ini, diharapkan kedepan mampu memberikan solusi yang dapat digunakan di berbagai situasi sehari-hari . Alat ini juga dapat mendukung inklusivitas dan memberdayakan individu dengan kebutuhan khusus, sehingga mereka dapat berkomunikasi dengan lebih mudah dan setara di tengah masyarakat, khususnya juga dapat mendukung program inklusi atau perkuliahan untuk kaum difabel yang saat ini sudah berjalan di beberapa perguruan tinggi (F, Kasoni, Ningsih, & Pardi, 2023). Proyek ini tidak hanya memberikan manfaat bagi penggunaannya, tetapi juga ikut serta dalam pengembangan teknologi yang memadukan bidang elektronika, pemrosesan sinyal, dan kecerdasan buatan. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi relevan untuk mengatasi salah satu masalah sosial sekaligus mendorong kemajuan teknologi dalam bidang komunikasi.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wildana Ahmad Priadiyatna, Hudiono, Abdul Rasyid, (2020) “Rancang Bangun Sarung Tangan Pintar Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Berbasis Iot” bertujuan untuk memudahkan penyandang tunarungu dalam

berkomunikasi sehari – hari dengan masyarakat umum. Dengan menggunakan mikrokontroler Esp-32 yang mengolah data masukan dari sensor flex dan sensor gyroscope, kedua sensor tersebut dapat mendeteksi gerakan tangan yang membentuk simbol bahasa isyarat.

Penelitian yang dilakukan Anas Rasyid, Tan Suryani Sollu, Muh Aristo Indrajaya, Alamsyah (2024) “Implementasi Sensor Flex Pada Penyandang Difabel Menggunakan Dfplayer Sebagai Informasi Audio” bertujuan merancang suatu sistem perangkat keras yang dapat menerjemahkan bahasa isyarat dan output berupa audio dan tampilan di LCD. Tahapan penelitian meliputi perancangan bentuk fisik alat, pengujian sensor flex, pengujian MPU6050, pengujian Nrf24l01, pengujian Dfplayer, pengujian Liquid Crystal Display (LCD), dan pengujian alat keseluruhan pada abjad A-Z.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Bahasa Isyarat**

Bahasa isyarat adalah cara berkomunikasi tanpa menggunakan suara. Bahasa isyarat umumnya digunakan oleh penyandang disabilitas, seperti tunarungu dan tunawicara. Bahasa ini mengombinasikan bentuk dan gerakan tangan, orientasi lengan, gerakan tubuh, serta ekspresi wajah untuk menyampaikan pikiran atau perasaan (Prabowo, Y. , & Zakaria). Dalam konteks alat ini, gerakan statis mengacu pada posisi tangan atau jari yang diam setelah gesture isyarat dilakukan, yang dibaca sebagai satu makna atau kata.

### **Mikrokontroler Raspberry Pi Pico**

Raspberry Pi Pico adalah papan pengembangan mikrokontroler yang dirancang oleh Raspberry Pi Foundation, menggunakan chip RP2040 sebagai inti pemrosesannya. Chip ini memiliki dua inti ARM Cortex-M0+ yang dapat beroperasi hingga 133 MHz, didukung oleh 264 KB SRAM dan 2 MB memori flash, memungkinkan Pico untuk menjalankan berbagai aplikasi komputasi fisik dan proyek Internet of Things (IoT) (Sungkar, Niam, & Bahri, 2023). Spesifikasi tersebut memberikan kinerja pemrosesan yang cukup tinggi untuk menangani pembacaan sensor, termasuk pengolahan data dari lima sensor flex dan sensor gerak seperti MPU6050 (Priadiyatna, W., & Rasyid, 2020). Selain itu, Raspberry Pi Pico memiliki dukungan komunikasi I2C, sehingga juga cocok untuk diintegrasikan dengan modul ADC eksternal seperti ADS1115 yang digunakan untuk memperbanyak jumlah input analog.

### **Sensor Flex**

Sensor Flex adalah sebuah sensor yang memiliki output berupa resistansi yang nilainya tergantung dari perubahan lekukan pada bagian sensor. Tegangan kerja yang diperlukan oleh sensor Flex adalah sebesar +5V DC. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi pergerakan jari

tangan pada manusia / bagian lekukan lainnya (Rasyid, Sollu , Indrajaya, & Alamsyah, 2024). Alasan mengapa mengambil sensor flex adalah, sensor flex mampu mendeteksi gerakan jari secara akurat, Sensor flex dirancang khusus untuk mendeteksi lekukan kecil yang dihasilkan oleh gerakan jari manusia (Prabowo, Y. , & Zakaria). Sensor ini memiliki desain sederhana, sehingga mudah dipasang pada sarung tangan atau perangkat lainnya. Sensor flex juga dapat digunakan pada berbagai ukuran dan konfigurasi, sehingga cocok untuk mendeteksi gerakan berbagai bentuk jari, termasuk salah satunya variasi posisi dalam bahasa isyarat (Komara, Rafi, & Tahtawi, 2022). Sensor ini juga kompatibel dengan Raspberry Pi melalui penggunaan modul ADC seperti ADS1115, yang memungkinkan konversi sinyal analog menjadi sinyal digital untuk diproses lebih lanjut.

### ***DFPlayer Mini***

DFPlayer Mini adalah modul pemutar audio yang mendukung berbagai format file, salah satunya MP3, yang merupakan format audio paling umum digunakan. Modul ini memungkinkan pemutaran file audio secara langsung dari media penyimpanan seperti kartu microSD. DFPlayer Mini sangat mudah dioperasikan karena kompatibel dengan mikrokontroler, seperti Arduino, maupun seperti Raspberry Pi. Dibandingkan dengan modul audio lainnya, seperti VS1053, DFPlayer Mini lebih sederhana dan murah, menjadikannya pilihan ideal untuk proyek kecil yang membutuhkan pemutaran audio. Namun, untuk aplikasi yang membutuhkan kualitas audio lebih tinggi atau pemrosesan sinyal tambahan, modul seperti VS1053 mungkin lebih cocok (Tharam, Arifa, & Suharto, 2020).

### **Sensor MPU6050**

Sensor MPU6050 adalah perangkat yang menggabungkan beberapa sensor dalam satu modul, yaitu akselerometer 3 sumbu yang digunakan untuk mengukur percepatan dan gyroscope 3 sumbu yang digunakan untuk mendeteksi keseimbangan . Sensor ini dikenal sebagai Inertial Measurement Unit (IMU), yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi berdasarkan gerakan pada tiga sumbu utama: x, y, dan z (Yudhana, Rahmawan, & Negara, 2018).

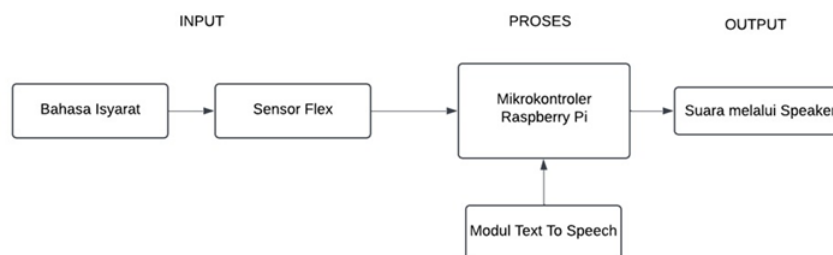
## **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian pengembangan (Research and Development), yang bertujuan untuk menciptakan, mengembangkan, dan menguji sebuah alat yang inovatif. Produk yang dikembangkan adalah alat penerjemah bahasa isyarat menjadi suara menggunakan sensor flex dan Raspberry Pi. Proses dimulai dengan tahap observasi untuk

mengidentifikasi masalah serta mempelajari kebutuhan komunikasi bagi penyandang tunarungu. Selanjutnya dilakukan perancangan alat, yang meliputi penyusunan skema rangkaian, pemilihan komponen, dan perencanaan logika kerja sistem secara menyeluruh menggunakan Raspberry Pi Pico sebagai pengendali utama (Sungkar, Niam, & Bahri, 2023).

Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan pembuatan dan perakitan alat berdasarkan rancangan sistem yang telah disusun. Alat kemudian diprogram menggunakan Thonny IDE dengan bahasa MicroPython agar dapat membaca data sensor, melakukan klasifikasi gerakan berdasarkan nilai ambang tertentu, dan mengirimkan perintah pemutaran audio ke DFPlayer Mini. Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan semua fungsi berjalan sesuai tujuan. Jika hasil pengujian menunjukkan alat belum valid, maka proses kembali ke tahap perancangan untuk dilakukan perbaikan dan pengujian ulang. Apabila alat sudah valid, dilanjutkan pada tahap pengumpulan data, termasuk pengamatan akurasi pengenalan gerakan, latensi sistem, dan keandalan pemutaran suara. Data hasil pengujian dianalisis untuk menarik kesimpulan dan saran pengembangan.

### Diagram Blok Sistem



**Gambar 1.** Diagram Blok Sistem

### Alat dan Bahan

Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

**Tabel 1.** Alat

No.	Nama Alat	Keterangan
1.	Multimeter	Digunakan untuk mengukur resistansi
2.	Solder	Digunakan untuk menyambungkan komponen
3.	Laptop	Digunakan untuk koding program

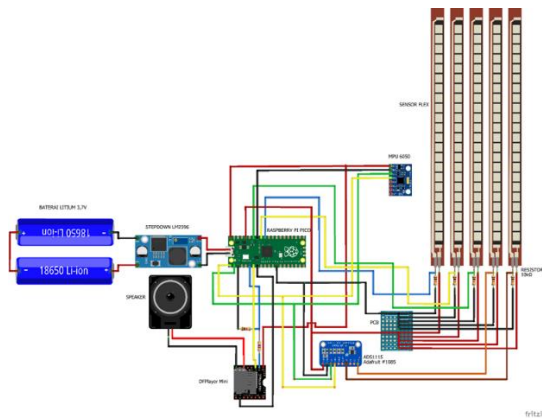
**Tabel 1.** Bahan

No.	Nama Alat	Keterangan
1.	Sensor Flex	Sebagai pendeteksi gerakan jari
2.	Raspberry Pi Pico	Digunakan untuk pemrosesan data
3.	Sensor MPU6050	Digunakan untuk mengukur gerakan dan orientasi
4.	Speaker 2 inch	Digunakan untuk menghasilkan output suara
5.	Modul DFplayer mini	Digunakan untuk mentransfer suara dari Sdcard

- 
- |                      |  |
|----------------------|--|
| 6. Modul ADC ADS1115 | Sebagai tambahan pin ADC karena raspberry pi pico hanya memiliki 3 pin ADC |
|----------------------|--|
- 

### Perancangan Wiring dan Diagram

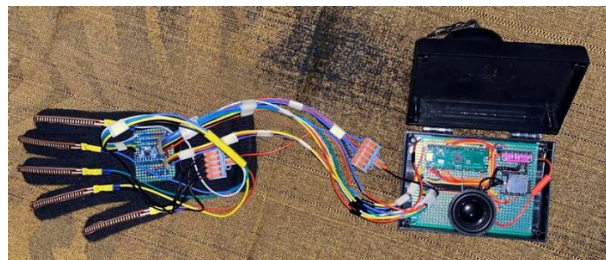
Wiring diagram merupakan gambaran visual dari koneksi antar komponen elektronik dalam sistem alat penerjemah bahasa isyarat menjadi suara. Diagram ini bertujuan untuk memastikan semua komponen, seperti sensor flex, Raspberry Pi, modul ADC ADS1115, speaker, dan sumber daya, terhubung dengan benar sesuai dengan fungsinya (Wahyudi, Karyanto, & Antosia, 2016).



Gambar 2. Wiring Diagram

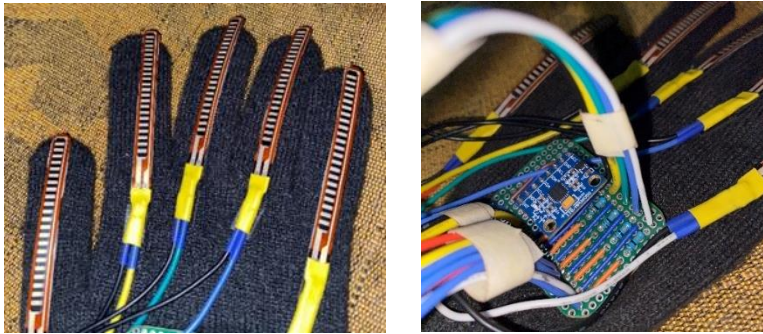
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Rancangan Alat



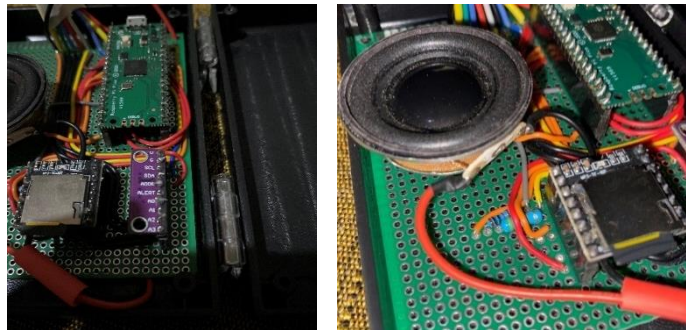
Gambar 3. Hasil Rancangan Alat

Perangkat keras sistem ini dibangun di atas lima sensor flex, sensor MPU6050, Modul ADC ADS1115, mikrokontroler Raspberry Pi Pico, serta modul audio DFPlayer Mini yang dipadukan dengan speaker 4  $\Omega$  3 W. Kelima sensor flex dipasang rapi pada sarung tangan uji, masing-masing menempel di sisi atas jari jempol, telunjuk, tengah, manis, dan kelingking, seperti pada gambar 3 sehingga perubahan resistansi akibat tekukan jari dapat terbaca.



**Gambar 4.** Flex Sensor Jari dan Sensor MPU6050 Punggung Tangan

Selanjutnya, Sensor MPU6050 ditempatkan di punggung tangan seperti pada gambar 4, tepat di atas tulang metakarpal, agar mampu menangkap akselerasi dan kecepatan sudut tiga sumbu tanpa terhalang struktur tangan. Kemudian, dua sensor flex masuk terlebih dahulu ke ADS1115, dan tiga lainnya langsung ke pin bawaan ADC Raspberry Pico, modul ADS1115 digunakan sebagai tambahan pin ADC, mengingat Raspberry Pi Pico hanya memiliki tiga pin ADC bawaan.



**Gambar 5.** Modul ADS1115, Pengkabelan, Speaker dan DFPlayer Mini

Seluruh data kemudian diolah di Raspberry Pi Pico melalui antarmuka I<sup>2</sup>C mikrokontroler, menjalankan algoritma klasifikasi gerakan, sekaligus mengirim perintah serial ke DFPlayer Mini. Ketika pola gerakan dikenali, Pico segera mengeksekusi perintah ke DFPlayer Mini kemudian meneruskan sinyal audio ke speaker sehingga pengguna mendengar terjemahan suara.

## Hasil Pengujian Alat

```

30 self.i2c = i2c
31 self.i2c.writeto_mem(self.addr, 0x68, b'\x00') # Wak
32
33 def read_accel_gyro(self):
34     data = self.i2c.readfrom_mem(self.addr, 0x3B, 14)
35     vals = struct.unpack('shhhhhh', data)
36     accel = {'x': vals[0], 'y': vals[1], 'z': vals[2]}
37     gyro = {'x': vals[4], 'y': vals[5], 'z': vals[6]}
38     return accel, gyro
39
Shell -
Flex 1 (Jempol) : 1148
Flex 2 (Telunjuk) : 4078
Flex 3 (Tengah) : 2728
Flex 4 (Manis) : 2968
Flex 5 (Kelingking) : 2726
Accel : {'z': 16364, 'y': -4900, 'x': -6916}
Gyro : {'z': 11, 'y': -6, 'x': -610}
Flex 1 (Jempol) : 1148
Flex 2 (Telunjuk) : 4059
Flex 3 (Tengah) : 2731
Flex 4 (Manis) : 2968
Flex 5 (Kelingking) : 2731
Accel : {'z': 16352, 'y': -5068, 'x': -6956}
Gyro : {'z': 46, 'y': 217, 'x': -591}
Flex 1 (Jempol) : 1148
Flex 2 (Telunjuk) : 4078
Flex 3 (Tengah) : 2730
Flex 4 (Manis) : 2966
Flex 5 (Kelingking) : 2733
    
```

**Gambar 6.** Hasil Program Dalam Serial Monitor

Pengujian berfokus pada pembacaan sensor, kelima sensor flex ditempatkan pada jari-jari sarung tangan uji, sementara sensor MPU6050 dipasang di punggung tangan. Beberapa gerakan bahasa isyarat dijalankan, perubahan resistansi dari tiap sensor flex beserta data akselerasi dan kecepatan sudut dari MPU6050 berhasil diterima. Hasil pengujian menunjukkan sistem berfungsi serta gerakan tangan terdeteksi, Dengan demikian, alat penerjemah bahasa isyarat ini telah berhasil dalam menyampaikan informasi suara kepada pengguna.

## Hasil Kalibrasi Sensor Flex

**Tabel 3.** Hasil Uji Sensor Flex

Pengujian Sensor flex lurus							
No	Flex Sensor	Nilai ADC	R1(Flex sensor)	R2	Vin (terukur)	Vout (pengukuran)	Vout (perhitungan)
1	Jari Tengah	627	55,200 Ω	10,000 Ω	3.3 V	0.506 V	0.506 V
2	Jari Manis	445	81,900 Ω	10,000 Ω	3.3 V	0.359 V	0.359 V
3	Jari Kelingking	626	55,300 Ω	10,000 Ω	3.3 V	0.505 V	0.505 V

Pada pengujian ini, dilakukan dua kondisi uji, yaitu posisi jari lurus (tanpa lenturan) dan jari ditekek penuh, untuk mengetahui perbedaan nilai tegangan keluaran (Vout) dan perhitungan resistansi sensor (R1). Hasil pada tabel menunjukkan bahwa ketika jari dalam kondisi lurus, nilai tegangan keluaran berada pada rentang sekitar 0,35–0,50 V (Sofiyanto, Bakhtiar, Ramadhani, Eryanto, & Susanto, 2023). Perbedaan nilai resistansi antar jari disebabkan oleh variasi panjang sensor flex dan karakteristik lenturan setiap jari.

**Tabel 4.** Hasil Uji Lekukan Sensor Flex

Pengujian Lekukan Sensor Flex							
No.	Flex Sensor	Nilai ADC	R1(Flex sensor)	R2	Vin (terukur)	Vout (pengukuran)	Vout (perhitungan)
1	Jari Tengah	335	112,200 Ω	10,000 Ω	3.3 V	0.270 V	0.270 V
2	Jari Manis	229	168,400 Ω	10,000 Ω	3.3 V	0.185 V	0.185 V
3	Jari Kelingking	332	113,100 Ω	10,000 Ω	3.3 V	0.268 V	0.268 V

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika sensor flex ditebuk penuh, nilai tegangan keluaran mengalami penurunan signifikan dibanding kondisi lurus, yaitu berkisar antara 0,18–0,27 V.

**Tabel 5.** Hasil Uji Sensor Flex dengan ADS1115

Pengujian Sensor Flex dengan ADS1115							
No.	Flex Sensor	Nilai ADC	R1(Flex sensor)	R2	V <sub>in</sub> (terukur)	V <sub>out</sub> (pengukuran)	V <sub>out</sub> (perhitungan)
1	Jari Telunjuk	314	1,034,000 Ω	10.000Ω	3.3 V	0.0316 V	0.0316 V
2	Jari Jempol	265	1,470,000 Ω	10.000Ω	3.3 V	0.0267 V	0.0267 V

Hasil pada tabel menunjukkan bahwa saat jari dalam kondisi lurus, tegangan keluaran sangat kecil, hanya sekitar 0,02–0,03 V, dengan nilai resistansi sensor flex mencapai lebih dari 1 MΩ. Kondisi ini menunjukkan bahwa sensor flex dalam keadaan minimum lenturan, sehingga menghasilkan hambatan listrik yang paling tinggi.

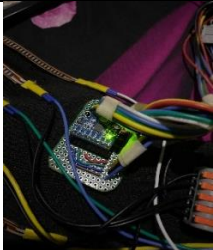
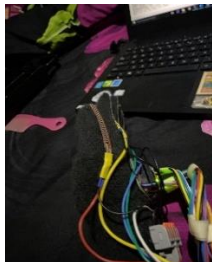
**Tabel 6.** Hasil Uji Lekukan Sensor Flex dengan ADS1115




Pengujian Lekukan Sensor Flex dengan ADS1115							
No.	Flex Sensor	Nilai ADC	R1(Flex sensor)	R2	V <sub>in</sub> (terukur)	V <sub>out</sub> (pengukuran)	V <sub>out</sub> (perhitungan)
1	Jari Telunjuk	226	1,450,000 Ω	10.000Ω	3.3 V	0.0228 V	0.0228 V
2	Jari Jempol	143	2,290,000 Ω	10.000Ω	3.3 V	0.0144 V	0.0144 V

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika sensor flex ditebuk penuh, tegangan keluaran semakin kecil dibanding kondisi lurus, yaitu berkisar antara 0,014–0,022 V. Penurunan tegangan ini menunjukkan bahwa resistansi sensor flex meningkat signifikan akibat sudut lenturan maksimum, bahkan pada sensor flex jari jempol resistansinya melebihi 2 MΩ.

### Hasil Kalibrasi Sensor MPU6050

**Tabel 7.** Hasil Uji Sensor MPU6050

No.	Posisi Tangan	Acc Z	Acc Y	Acc X	Gyro Z	Gyro Y	Gyro X	Dokumentasi
1.	Netral (lurus)	18836	-3004	-1012	53	198	-653	
2.	Miring (90°)	4096	992	-15300	139	173	-626	

No.	PosisiTangan	Acc Z	Acc Y	Acc X	Gyro Z	Gyro Y	Gyro X	Dokumentasi
3.	Lurus (terbalik)	-13352	4356	-1124	-34	248	-669	
4.	Vertikal(bawah)	4604	-15756	-3344	69	297	-671	
5.	Vertikal(atas)	4660	16012	-888	-11	128	-627	

Ketika tangan dimiringkan 90°, terjadi penurunan signifikan pada nilai Acc Z menjadi 4096, sedangkan Acc X turun drastis hingga -15300, menunjukkan sensitivitas sensor terhadap rotasi sumbu horizontal. Pada posisi tangan vertikal ke atas, nilai Acc Y meningkat positif hingga 16012, sedangkan Acc X tetap dalam rentang negatif. Selain itu, perubahan pada sumbu gyroscope menunjukkan variasi kecil di setiap orientasi, dengan nilai Gyro Z, Gyro Y, dan Gyro X berkisar antara -34 hingga 297. Data ini membuktikan bahwa sensor MPU6050 mampu mendeteksi perubahan posisi dan orientasi secara konsisten, yang menjadi dasar dalam logika pengambilan keputusan alat untuk menentukan perintah suara berdasarkan gerakan tangan pengguna.

### Hasil Uji Latensi Rata-Rata dengan Stopwatch

Dari 12 kata isyarat yang diuji dengan masing-masing 5 percobaan, tingkat keberhasilan deteksi bervariasi. Kata “Minum” dan “Dengar” memiliki deteksi sempurna (5 kali berhasil dari 5 percobaan), sedangkan kata “Tidak”, “Selamat”, dan “Sakit” hanya berhasil terdeteksi 2 kali. Secara umum, latensi rata-rata berkisar antara 1.100 ms hingga 2.800 ms, menunjukkan adanya variasi waktu respon yang cukup signifikan antar kata. Kata “Ambil” memiliki latensi rata-rata paling tinggi (2.800 ms), sedangkan kata “Tidak” menunjukkan latensi terendah (1.100 ms). Berikut tabel hasil uji latensi rata rata :




**Tabel 8.** Hasil Uji Latensi Rata-Rata







No.	Kata Isyarat	Jumlah Uji	Deteksi Berhasil	Latensi Rata-rata
1	Aneh	5	4	1,800 ms
2	Minum	5	5	1,200 ms
3	Makan	5	3	1,500 ms
4	Maaf	5	3	2,200 ms
5	Tidak	5	2	1,100 ms
6	Selamat	5	2	2,500 ms
7	Dengar	5	5	1,600 ms
8	Ambil	5	3	2,800 ms
9	Tangkap	5	3	1,300 ms
10	Jemput	5	4	2,000 ms
11	Sendiri	5	5	1,700 ms
12	Sakit	5	2	1,400 ms




Berdasarkan total percobaan yang dilakukan sebanyak 60 kali, dengan 5 kali pengujian untuk masing-masing dari 12 kata isyarat. Sistem berhasil mendeteksi 45 gerakan secara tepat, sehingga akurasi sistem dapat dihitung dengan membandingkan jumlah deteksi yang benar terhadap total percobaan, yaitu diangka 75%. Nilai ini menunjukkan bahwa secara umum sistem mampu mengenali sebagian besar gerakan isyarat yang telah ditentukan, meskipun tingkat keberhasilannya cukup rendah.

### Hasil Output Suara

**Tabel 9.** Hasil Output Suara

No	Flex & Mpu	Nilai Awal	Nilai Akhir	Output
1.	F1	0	65535	
	F2	9000	65535	
	F3	480	520	
	F4	240	280	
	F5	470	520	
	Acc Z	8000	11000	
	Acc Y	15100	16000	
	Acc X	-1500	-20000	
2.	F1	0	65535	
	F2	14000	18000	
	F3	345	415	
	F4	240	290	
	F5	355	420	
	Acc Z	3000	5000	
	Acc Y	13500	14000	
	Acc X	-6000	-6500	
3.	F1	200	65535	
	F2	8000	65535	
	F3	590	620	
	F4	420	460	
	F5	600	620	
	Acc Z	-500	3000	
	Acc Y	11300	11600	
	Acc X	-10100	-10500	

No	Flex & Mpu	Nilai Awal	Nilai Akhir	Output
4.	F1	400	65535	 <p>Maaf</p>
	F2	7000	65535	
	F3	640	670	
	F4	450	480	
	F5	640	680	
	Acc Z	-200	3000	
	Acc Y	15000	17000	
	Acc X	-200	-1200	
5.	F1	300	65535	 <p>Tidak</p>
	F2	9000	65535	
	F3	630	680	
	F4	440	480	
	F5	620	650	
	Acc Z	4000	7000	
	Acc Y	12100	13000	
	Acc X	8500	9500	
6.	F1	0	65535	 <p>Selamat</p>
	F2	0	65535	
	F3	620	670	
	F4	420	480	
	F5	620	670	
	Acc Z	-7600	-8200	
	Acc Y	6500	7500	
	Acc X	-9000	-9900	
7.	F1	0	65535	 <p>Dengar</p>
	F2	8000	65535	
	F3	410	450	
	F4	250	290	
	F5	410	450	
	Acc Z	-2000	5000	
	Acc Y	14000	15000	
	Acc X	4200	5000	
8.	F1	400	65535	 <p>Ambil</p>
	F2	4000	18000	
	F3	330	370	
	F4	220	300	
	F5	340	440	
	Acc Z	9000	12000	
	Acc Y	10000	10700	
	Acc X	-2200	-3000	
9.	F1	0	65535	 <p>Tangkap</p>
	F2	8000	65535	
	F3	410	450	
	F4	250	290	
	F5	390	430	
	Acc Z	17000	20000	
	Acc Y	3300	3900	
	Acc X	1100	1700	
10.	F1	0	65535	
	F2	0	65535	
	F3	580	610	
	F4	400	440	
	F5	600	620	

No	Flex & Mpu	Nilai Awal	Nilai Akhir	Output
11.	Acc Z	18000	20000	
	Acc Y	-1000	-1700	
	Acc X	-2500	-3000	
	F1	300	65535	
	F2	8000	65535	
	F3	350	390	
	F4	230	280	
	F5	350	410	
	Acc Z	1000	4000	
	Acc Y	14000	15000	
12.	Acc X	4200	5000	
	F1	200	65535	
	F2	7000	65535	
	F3	370	450	
	F4	230	300	
	F5	380	420	
	Acc Z	-3000	1000	
	Acc Y	6500	7500	
Acc X	-9000	-9900	Sakit	

Berdasarkan tabel 9 diatas, diperoleh data pengujian dari 12 kata isyarat yang masing-masing dikaitkan dengan nilai awal dan akhir dari sensor flex (F1–F5) serta sensor akselerometer (Acc X, Y, Z). Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mencatat respons dari masing-masing sensor terhadap gerakan isyarat tangan yang berbeda (Putra, 2020). Perubahan yang terutama terjadi pada nilai sensor flex menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi tekukan jari yang cukup signifikan. Selain itu, data akselerometer digunakan untuk memastikan bahwa gerakan tangan berada dalam posisi atau orientasi tertentu. Data ini menjadi dasar penting dalam sistem lookup table agar alat mampu menerjemahkan gerakan menjadi output suara secara akurat.

### Kelebihan Alat

Alat ini mampu mengenali gerakan bahasa isyarat statis. Kombinasi lima sensor flex dan sensor MPU6050 memungkinkan sistem membedakan pola lenturan jari dan orientasi tangan secara presisi. Kemudahan Pemrograman yang memudahkan kalibrasi ulang atau pembaruan lookup table sesuai kebutuhan pengguna. Serta, output suara yang langsung keluar secara per-kata dari alat tanpa adanya perantara device, seperti pada penelitian sebelumnya

### Kekurangan Alat

Jumlah kata yang dikenali hanya 12 kata dan sistem juga belum mampu mengenali bahasa isyarat dinamis yang memerlukan gerakan tangan berpindah posisi secara continue. Ketergantungan pada Lookup Table, Algoritma yang digunakan bersifat rule-based lookup

table, sehingga sistem tidak dapat belajar secara otomatis dari pola baru. Sensitivitas sistem yang masih terbatas pada posisi tangan tertentu, serta kesulitan mendeteksi isyarat jika posisi tangan tidak benar-benar tepat berada di zona pembacaan sesuai ambang yang sudah ditetapkan. Variasi ukuran tangan pengguna yang terlalu kecil atau besar dapat memengaruhi akurasi pembacaan sensor flex. Serta, sistem hanya menghasilkan output suara, tanpa layar atau aplikasi pendukung yang menampilkan kata secara teks. Hal ini dapat menyulitkan komunikasi di lingkungan yang bising.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian alat penerjemah bahasa isyarat menjadi suara secara real-time menggunakan sensor flex, sensor MPU6050 dan Raspberry Pi, maka dapat disimpulkan bahwa alat penerjemah bahasa isyarat menjadi suara berhasil dirancang dan direalisasikan dengan memanfaatkan lima sensor flex, sensor MPU6050, modul ADC ADS1115, Raspberry Pi Pico, dan modul DFPlayer Mini. Tingkat akurasi pembacaan sensor flex menunjukkan konsistensi perubahan nilai resistansi pada posisi jari lurus maupun posisi jari ditekuk. Sensor MPU6050 juga mampu membedakan orientasi tangan dalam beberapa sudut kemiringan secara cukup stabil. Namun, variasi nilai antar sensor dan antar jari masih memerlukan proses kalibrasi tambahan untuk memastikan pengenalan pola lebih akurat saat digunakan dalam jangka waktu lebih lama. Sistem berhasil menerjemahkan 12 kata isyarat yang sering digunakan dalam percakapan sehari-hari, dengan keluaran suara yang dapat dipahami pengguna. Rata-rata latensi keseluruhan sistem sekitar 2,78 detik dari pembacaan sensor hingga audio terdengar di speaker, sehingga masih berada dalam rentang waktu yang dapat diterima untuk kebutuhan komunikasi dasar.

Agar pengembangan alat ini dapat lebih optimal dan siap digunakan dalam skala lebih luas, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya menambahkan deteksi isyarat gerak (dinamis), seperti menggeser tangan atau perubahan posisi antar waktu, Kemudian bisa juga menambahkan penerapan metode Machine Learning (ML) untuk meningkatkan kemampuan klasifikasi gerakan tangan. Dengan menerapkan algoritma supervised learning seperti K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM), atau Random Forest, sistem dapat dilatih menggunakan dataset gerakan isyarat dari (Sungkar, Niam, & Bahri, 2023) berbagai pengguna dengan ukuran tangan dan gaya isyarat yang berbeda.

**DAFTAR REFERENSI**

- F, D., Kasoni, D., Ningsih, L., & Pardi, M. (2023). Rancang Bangun Smart Gloves Untuk Penyandang Disabilitas Sensorik Rungu Wicara. *Multinetics. Jurnal Multinetics*, 9(1), 61-70. doi:10.32722/multinetics.v9i1.5779
- K. N., & M, R. (2022). Sarung Tangan Cerdas Sebagai Translator Bahasa Isyarat untuk Tuna Wicara. *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, 8(2), 113-122. doi:10.35143/elementer.v8i2.5485
- Komara, L., Rafi, A., & Tahtawi, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengenalan Huruf dan Angka dalam Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) menggunakan Hand Pose Gesture. *Prosiding Semnastera (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)*, 371-375.
- Nugraheni, A. S., Husain, A. P., & Unayah, H. (2023). Optimalisasi Penggunaan Bahasa Isyarat Dengan Sibi Dan Bisindo Pada Mahasiswa Difabel Tunarungu Di Prodi Pgmi Uin Sunan Kalijaga. *Jurnal Holistika*, 5(1). doi:10.24853/holistika.5.1.28-33
- Prabowo, A., Y. , A. P., & Zakaria. (n.d.). Rancang Bangun Flex Sensor Gloves untuk Penerjemah Bahasa Isyarat Menggunakan K-Nearest Neighbors. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* , 361.
- Priadiyatna, A., W., H., & Rasyid, A. (2020). Rancang Bangun Sarung Tangan Pintar Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Berbasis Iot. *Jurnal Jartel*, 10(4), 213-219. doi:10.33795/jartel.v10i4.21
- Putra, A. K. (2020). Rancang Bangun Tangan Prosthesis Menggunakan Flex Sensor dan Bluetooth Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*.
- Rahagiyanto, A. (2019). Identifikasi Ekstraksi Fitur untuk Gerakan Tangan dalam Bahasa Isyarat (SIBI) Menggunakan Sensor MYO Armband. *MATRIK . Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 19(1), 127-137. doi:10.30812/matrik.v19i1.510
- Rasyid, A., Sollu , T. S., Indrajaya, M. A., & Alamsyah, A. (2024). Implementasi Sensor Flex Pada Penyandang Difabel Menggunakan Dfplayer Sebagai Informasi Audio. *Jurnal Foristek*, 14(1). doi:10.54757/fs.v14i1.372
- Sofiyanto, I. N., Bakhtiar, A., Ramadhani, R., Eryanto, A. P., & Susanto, R. (2023). Sistem Tempat Sampah Pintar dengan Berbasis Arduino. 772-779.
- Sungkar, M. S., Niam, B., & Bahri, W. (2023). Pelatihan Penggunaan Raspberry Pi Pico Untuk Siswa Teknik Komputer dan Informatika SMK Dinamika Tegal. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif Humanis Brainstorming*, 6(2), 625-630. doi:10.30591/japhb.v6i2.4772
- Tharam, M. Y., Arifa, W., & Suharto, I. (2020). Penggunaan Xl4015 Pada Proses Pengecasan Baterai Kering Kapasitas Kecil. *Jurnal Elit*, 1(1), 10-21. doi:10.31573/elit.v1i1.57
- Wahyudi, W. T., Karyanto, S., & Antosia, M. (2016). Rancang Bangun Alat Resistivitas Berbasis Arduino Menggunakan Modul ACS712 dan ADS1115. *Jurnal Teknik*, 1-7.
- Widarto, Y. E., Samosir, B. M., & Assariy, M. R. (2020). Monitoring Ruang Berbasis Internet of Things Menggunakan Thingsboard dan Blynk. *Walisongo Journal of Information Technology*, 2(2). doi:10.21580/wjit.2020.2.2.5798
- Yudhana, A., Rahmawan, J., & Negara, C. U. (2018). Flex sensors and MPU6050 sensors responses on smart glove for sign language translation. *Conference Series, Materials Science and Engineering*, 403(1).