

IMPLEMENTASI BOX TRANSLATOR BAGI TUNARUNGU MENGUNAKAN ESP32 DENGAN FITUR *SPEECH-TO-TEXT* DAN TAMPILAN SECARA *REAL-TIME*

Muhammad Wildan Mahfuzha¹, Martiano²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Email: 5wildanfuzha22@gmail.com

ABSTRAK

Penyandang tunarungu mengalami hambatan dalam menerima informasi lisan sehingga pada aktivitas sehari-hari menjadi kurang efektif. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya teknologi bantu yang mampu mengubah informasi suara menjadi bentuk visual. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan Box Translator berbasis ESP32 dengan fitur Speech-to-text dan tampilan secara real-time sebagai alat bantu komunikasi bagi penyandang tunarungu.

Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang meliputi tahap studi pendahuluan dan analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan *Prototipe*, serta pengujian dan evaluasi. Sistem dikembangkan dengan mengintegrasikan ESP32 sebagai pusat kendali dan penyedia jaringan lokal, dan web sebagai media pengenalan suara, serta layar LCD sebagai media untuk menampilkan hasil transkripsi.

Proses kerja sistem dimulai ketika suara diterima melalui mikrofon pada perangkat pengguna, kemudian dikonversi menjadi teks menggunakan fitur speech-to-text pada web. Hasil transkripsi selanjutnya dikirimkan menuju ESP32 dan ditampilkan pada layar LCD agar dapat dibaca oleh pengguna. Pengujian sistem mencakup akses halaman web, fungsi tombol Mulai, Stop, dan Bersihkan Teks, proses pengenalan suara, pengiriman teks menuju ESP32, tampilan LCD, serta penggunaan sistem secara berulang.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem dapat berjalan dengan baik. Sistem memperoleh tingkat akurasi pengenalan suara sebesar 91,13% dengan waktu respons sekitar 2-3 detik. Kinerja terbaik diperoleh ketika sumber suara berada pada jarak 15-30 cm dalam lingkungan relatif tenang. Berdasarkan hasil tersebut, *Prototipe* Box Translator dinyatakan dapat digunakan sebagai alat bantu visualisasi percakapan bagi penyandang tunarungu, terutama pada lingkungan dengan tingkat kebisingan rendah hingga rendah.

Kata Kunci: *Box Translator*, tunarungu, ESP32, *speech-to-text*, *real-time*

ABSTRACT

Deaf and hard-of-hearing individuals experience difficulties in receiving spoken information, which can reduce the effectiveness of communication in daily activities. This condition indicates the need for assistive technology capable of converting auditory information into a visual form. This study aims to design and implement an ESP32-based Box Translator equipped with speech-to-text and real-time display features as a communication aid for deaf and hard-of-hearing users.

The study employed the Research and Development (R&D) method, consisting of preliminary study and needs analysis, system design, prototype development, testing, and evaluation. The system was developed by integrating the ESP32 as the main controller and local network provider, a web interface as the speech-recognition medium, and an LCD screen as the output medium for displaying transcription result.

The system begins operatin when spoken input the captured through the microphone of the user's device and converted into text using the speech-to-text feature on the web interface. The transcription result is subsequently transmitted to the ESP32 and displayed on the LCD screen so that it can be read by user. System testing covered web-page access, the Start, Stop, and Clear Text buttons, speech recognition, text transmission to the ESP32, LCD output, and repeated system operation.

The test result demonstrate that all primary functions of the system operated successfully. The system achieved a speech-recognition accuracy of 91.13%, with a responses time of approximately 2-3 second. Its best performance was obtained when the sound source was positioned 15-30 cm from the microphone in a relatively quiet environment. Based on these result, the Box Translator prototype can be used as a conversation-visualization aid for deaf and hard-of-hearing individuals, particularly in environments with low to moderate noise levels.

Keywords: Box Translator, deaf and hard-of-hearing, ESP32, speech-to-text, real-time

PENDAHULUAN

Komunikasi menjadi salah satu kebutuhan fundamental manusia dalam menjalani kehidupan karena melalui komunikasi seseorang dapat berinteraksi dan menyampaikan maupun menerima informasi, termasuk bagi individu yang mengalami gangguan pendengaran (Simabur dkk., 2022). Pada penyandang tunarungu, keterbatasan fungsi pendengaran menyebabkan proses komunikasi verbal menjadi lebih kompleks, sehingga akses terhadap informasi yang disampaikan secara lisan di lingkungan sekitar serta kualitas interaksi sosial dengan masyarakat umum dapat mengalami hambatan. Permasalahan tersebut tidak hanya berkaitan dengan keterbatasan dalam mendengar, tetapi juga berpotensi memengaruhi perkembangan bahasa, kemampuan membangun hubungan sosial, dan pengelolaan emosi. Pada sebagian individu, kondisi tersebut dapat berkaitan dengan munculnya rasa rendah diri, kecemasan, dan kesulitan dalam melakukan penyesuaian diri (Nanda Puspita dkk., 2026). Oleh sebab itu, penyediaan akses komunikasi yang lebih setara menjadi kebutuhan penting, khususnya dalam berbagai aktivitas sosial sehari-hari yang masih banyak mengandalkan komunikasi secara verbal.

Dalam situasi tersebut, penyandang tunarungu, yaitu individu yang mengalami gangguan pendengaran mulai dari tingkat ringan hingga sangat berat, termasuk kondisi ketulian berat sampai total, perlu mengembangkan berbagai strategi komunikasi visual dan nonverbal. Pada kondisi tertentu, kemampuan membaca gerak bibir juga diperlukan untuk membantu memahami tutur kata yang disampaikan oleh lawan bicara (Meysa Malika & Berlianti Berlianti, 2025). Data Dinas Sosial Provinsi Sumatera Utara tahun 2023 mencatat terdapat 46.033 penyandang disabilitas, dengan 1.482 jiwa di antaranya berada di Kota Medan. Selain itu, hasil pra-penelitian di SLB Negeri Pembina Medan menunjukkan terdapat 460 siswa penyandang disabilitas, termasuk 102 siswa pada jenjang SMA-LB. Data tersebut menunjukkan adanya kebutuhan nyata terhadap dukungan komunikasi yang lebih adaptif di wilayah tersebut (Meysa Malika & Berlianti Berlianti, 2025). Dalam praktiknya, penyandang tunarungu memanfaatkan bahasa isyarat, gerak bibir, mimik, dan gesture, serta menggunakan sisa kemampuan pendengaran

dengan bantuan alat dengar. Namun, efektivitas berbagai strategi tersebut dapat berkurang ketika komunikasi dilakukan dengan masyarakat luas karena tidak semua lawan bicara memiliki pemahaman yang memadai terhadap komunikasi nonverbal maupun bahasa isyarat (Simabur dkk., 2022).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk menghadirkan solusi inovatif dalam mengatasi hambatan komunikasi tersebut, salah satunya melalui teknologi visualisasi suara. Salah satu konsep yang dapat dikembangkan adalah alat penerjemah portabel (*Box Translator*) yang berfungsi mengonversi ucapan (*speech*) menjadi teks (*text*) dan menampilkannya secara langsung melalui layar perangkat. Penelitian Jacob dkk. (2023a) melalui pengembangan *SpecAssist*, misalnya, menghasilkan sistem yang menangkap audio kemudian menyajikan hasilnya dalam bentuk visual melalui *Heads Up Display* (HUD), sehingga pengguna dapat memahami percakapan secara *real-time*. Pengembangan teknologi tersebut memberikan peluang bagi penyandang tunarungu untuk memahami konteks pembicaraan secara mandiri tanpa harus selalu bergantung pada bantuan penerjemah dari orang lain (Amshumanth dkk., 2024a).

Meskipun teknologi visualisasi suara telah dikembangkan dalam berbagai bentuk, sejumlah implementasi sebelumnya masih menghadapi persoalan berupa penggunaan perangkat pemrosesan yang relatif besar atau memiliki biaya yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem yang lebih efisien dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32. Penggunaan perangkat keras berbasis IoT yang efektif dan relatif rendah biaya tersebut sejalan dengan metode pengembangan sistem yang diterapkan oleh Syahri dan Basri (2025). ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang memadai untuk kebutuhan aplikasi IoT, konsumsi daya yang relatif rendah, serta mendukung konektivitas nirkabel yang dibutuhkan dalam proses konversi suara menjadi teks. Sistem yang dirancang akan mengintegrasikan mikrofon sebagai komponen input untuk menangkap suara dan IPS LCD sebagai media untuk menampilkan hasil konversi teks, kemudian seluruh komponen tersebut dikemas dalam bentuk *Box Translator*.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengangkat topik implementasi *Box Translator* berbasis IoT sebagai media visualisasi suara bagi penyandang tunarungu. Penelitian difokuskan pada kemampuan kerja perangkat, keterbacaan hasil tampilan, serta kecepatan respons transkripsi sebagaimana karakteristik yang diperlukan dalam perangkat penerjemah *real-time* (Tamilselvan dkk., 2024a). Rancangan *Prototipe* diarahkan untuk mengatasi sejumlah tantangan utama yang telah ditemukan dalam literatur, terutama berkaitan dengan akurasi, *delay*, konsumsi daya, dan kenyamanan penggunaan. Dengan demikian, *Prototipe* yang dihasilkan diharapkan tidak hanya mampu menjalankan fungsi teknisnya, tetapi juga memiliki karakteristik yang realistis untuk digunakan dalam aktivitas komunikasi sehari-hari dalam jangka waktu yang relatif panjang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berorientasi pada pengembangan produk sekaligus pengujian validitas, kelayakan, dan efektivitas produk melalui tahapan yang sistematis dan dapat direvisi secara bertahap. Metode ini dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada kajian teoritis, tetapi menghasilkan *Prototype* fisik berupa *Box Translator* berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP32, mikrofon INMP441 sebagai input suara, dan IPS LCD sebagai media visualisasi informasi suara bagi penyandang tunarungu. Tahapan pengembangan meliputi studi pendahuluan dan analisis kebutuhan melalui studi literatur mengenai teknologi IoT, pemrosesan input suara, dan media visualisasi berbasis layar; perancangan arsitektur sistem, rangkaian perangkat keras, alur kerja, serta logika program; pengembangan *Prototype* melalui perakitan komponen, integrasi program, dan konfigurasi konektivitas IoT; serta uji coba dan evaluasi untuk mengetahui kemampuan perangkat dalam menangkap suara, melakukan konversi suara menjadi teks, menampilkan hasil pada IPS LCD, dan memberikan respons sistem.

Penelitian dilaksanakan di SLB-B Karya Murni Medan, Jalan HM. Joni No. 66 A, Teladan Timur, Kecamatan Medan Kota, Kota Medan. Pemilihan lokasi didasarkan pada ketersediaan fasilitas yang mendukung pengembangan alat bantu komunikasi bagi pengguna tunarungu serta kebutuhan untuk menguji perangkat *Box Translator* dalam menerjemahkan suara menjadi teks. Perangkat utama yang digunakan terdiri atas ESP32 sebagai mikrokontroler pengendali sistem IoT, mikrofon INMP441 sebagai sensor input suara, IPS LCD sebagai media keluaran visual, koneksi Wi-Fi dan web server lokal sebagai penghubung dengan perangkat pengguna, serta baterai LiPo dan modul charger TP4056 sebagai sumber daya. Sistem bekerja dengan menangkap suara melalui mikrofon, mengubah sinyal suara menjadi data digital, mengirimkan data melalui koneksi IoT untuk diproses menjadi teks, kemudian menampilkan hasil transkripsi pada IPS LCD. Apabila suara tidak dikenali, sistem menampilkan informasi bahwa suara tidak dikenali dan selanjutnya kembali ke kondisi siap menerima input berikutnya.

Evaluasi dilakukan untuk memastikan *Prototype* dan aplikasi *Box Translator Monitor* berfungsi sesuai rancangan, mudah digunakan, serta mampu memberikan informasi yang jelas dalam kondisi normal maupun gangguan. Evaluasi menggunakan pendekatan kuantitatif melalui kuesioner kepada lima responden penyandang tunarungu. Aspek yang diuji meliputi uji fungsional antarmuka untuk mengetahui keberfungsian dashboard, transkripsi, status koneksi, dan indikator mikrofon; uji keterbacaan dan tampilan untuk menilai ukuran teks, kejelasan informasi, serta pembeda kondisi normal dan gangguan; uji respons aplikasi melalui pengukuran waktu pembaruan data dan persepsi kelancaran; uji penanganan kesalahan untuk menilai kejelasan pesan gangguan dan langkah perbaikan; serta uji kemudahan penggunaan yang mencakup navigasi, pemahaman ikon, dan keterbacaan hasil transkripsi. Hasil penilaian dianalisis berdasarkan skor yang

diperoleh untuk menentukan aspek yang masih lemah, kemudian digunakan sebagai dasar revisi dan uji ulang sehingga *Prototipe* dapat disempurnakan sesuai kebutuhan pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pembuatan perangkat keras merupakan tahap realisasi rancangan sistem menjadi bentuk fisik berupa box translator yang dapat digunakan untuk menerima suara, mengolah data, dan menampilkan hasil perubahan suara menjadi teks. Perangkat keras yang dikembangkan terdiri atas mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, modul mikrofon, sebagai perangkat masukan suara, layer sebagai media keluaran teks, sumber daya, tombol kendali, tombol kendali, dan box pelindung sebagai tempat seluruh komponen. Setiap komponen dihubungkan sesuai dengan rancangan perangkat keras yang telah dijelaskan.

ESP32 digunakan sebagai pengendali utama karena memiliki kemampuan pemrosesan data serta konektivitas Wi-Fi yang dapat mendukung komunikasi antara perangkat dan layanan Speech-to-Text. Mikrofon bertugas menangkap suara dari lawan bicara, sedangkan layar menampilkan teks hasil pengenalan suara, ESP32 juga berfungsi menghubungkan perangkat dengan server atau layanan berbasis web melalui jaringan internet.

Hasil akhir dari tahap pembuatan perangkat keras adalah sebuah *Prototipe* box translator yang dapat dioperasikan sebagai alat bantu komunikasi. Perangkat dirancang agar memiliki bentuk yang ringkas, mudah dipindahkan, dan dapat ditempatkan di hadapan pengguna tunarungu. Posisi mikrofon dan layar disesuaikan agar proses penerimaan suara serta pembacaan teks dapat dilakukan dengan lebih mudah.

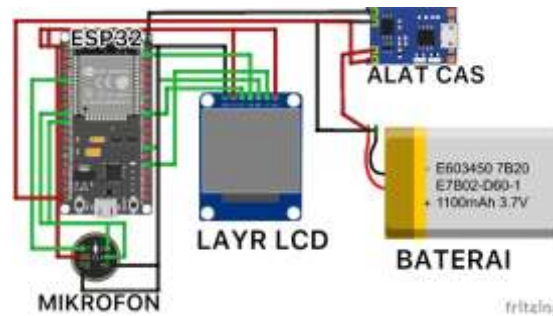
a. Pembuatan Desain *Prototipe*

Desain *Prototipe* dibuat berdasarkan kebutuhan fungsional sistem dan kenyamanan pengguna. Box Translator dirancang dengan ukuran panjang 11.5 x lebar 10 dan tinggi 6 cm, menggunakan bahan hasil cetak 3D printing. Pemilihan bahan tersebut mempertimbangkan kekuatan, kemudahan pembentukan, berat perangkat, dan perlindungan terhadap rangkaian elektronik di dalamnya.

Bagian depan box dilengkapi layer yang digunakan untuk menampilkan hasil speech-to-text. Mikrofon ditempatkan pada bagian depan agar dapat menangkap suara secara jelas. Tombol daya ditempatkan pada bagian yang mudah dijangkau, sedangkan port pengisian daya ditempatkan di bagian samping. Susunan komponen tersebut dibuat agar perangkat tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga mudah digunakan oleh pengguna.

Desain bagian dalam box menyediakan ruang untuk ESP32, modul mikrofon, modul layar, sumber daya, serta kabel penghubung. Penempatan komponen diatur agar tidak saling berhimpitan dan tidak menyebabkan kabel mudah terlepas. Selain

itu, lubang sirkulasi dapat di tambahkan untuk mengurangi panas selama perangkat digunakan dalam waktu relative lama.



Gambar 1 Desain *Prototipe*

Pada desain *Prototipe*, ESP32 ditempatkan pada bagian dalam kotak sebagai pusat pemrosesan dan komunikasi. Modul mikrofon ditempatkan pada bagian depan atau bagian atas kotak agar dapat menangkap suara pengguna dengan lebih jelas. Penempatan mikrofon mempertimbangkan kemudahan penerimaan suara serta mengurangi kemungkinan suara terhalang oleh bagian penutup kotak.

Layar ditempatkan pada bagian depan perangkat agar teks hasil konversi suara dapat dibaca secara langsung oleh penyandang tunarungu. Posisi layar dirancang menghadap pengguna dengan sudut pandang yang jelas. Ukuran teks pada layar juga disesuaikan agar informasi dapat dibaca dengan mudah.

Selain mikrofon dan layar, perangkat dapat dilengkapi tombol untuk mengaktifkan proses perekaman suara. Ketika tombol ditekan, sistem memasuki mode mendengarkan dan mulai menerima suara melalui mikrofon. Penggunaa tombol bertujuan agar proses perekaman hanya dilakukan ketika diperlukan sehingga sistem tidak terus menerus menangkap suara dari lingkungan sekitar.

Desain *Prototipe* juga memperhatikan agar mempermudah di gunakan dan di bawa, sehingga kotak perangkat dibuat dengan ukurang yang tidak terlalu besar sehingga dapat di pindahkan atau dibawa ke berbagai lokasi.

Jalur koneksi daya dan data disusun agar tidak saling bertumpuk. Pengaturan kabel yang tersusun dapat mengurangi Risiko sambungan terlepas, hubungan pendek, atau gangguan komunikasi antarperangkat. Desain ini selanjutnya digunakan sebagai pedoman dalam proses perakitan komponen secara fisik.

b. Perakitan Perangkat keras (*Hardware*)

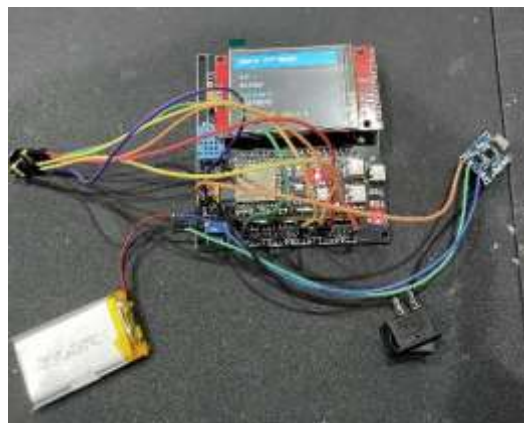
Perakitan perangkat keras dilakukan setelah desain *Prototipe* selesai dibuat. Tahap ini bertujuan untuk mengintegrasikan seluruh komponen elektronik agar dapat bekerja sebagai satu kesatuan sistem box translator. Proses perakitan dimulai dengan menghubungkan mikrokontroler ESP32 dengan modul mikrofon, layar, dan sumber daya sesuai dengan skema rangkaian yang dirancang sebelumnya.

ESP32 digunakan sebagai pusat kendali utama yang mengatur proses penerimaan suara, komunikasi data, dan penampilan teks. Modul mikrofon INMP441 dihubungkan dengan ESP32 melalui jalur komunikasi I2S. Mikrofon berfungsi

menangkap suara pengguna dan mengubahnya menjadi data digital yang dapat diproses oleh sistem. Penempatan mikrofon dilakukan pada bagian depan perangkat agar suara pengguna dapat diterima dengan lebih jelas dan tidak terhalang oleh bagian kotak.

Layar LCD Ili9341 dihubungkan dengan ESP32 menggunakan protokol komunikasi SPI. Layar tersebut berfungsi sebagai media utama untuk menampilkan berbagai informasi, mulai dari proses inisialisasi perangkat, status koneksi Wi-Fi, status perekaman suara, proses konversi Speech-to-Text, hingga teks hasil pengenalan suara. Penempatan layar pada bagian depan perangkat bertujuan agar hasil pengenalan suara. Penempatan layar pada bagian depan perangkat bertujuan agar hasil konversi suara dapat dibaca secara langsung oleh pengguna tunarungu

Sumber daya perangkat menggunakan baterai dengan tegangan sebesar 5 volt. Sumber daya tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan daya ESP32, modul mikrofon, layar, dan komponen, digunakan modul penurun tegangan agar daya yang diterima tetap stabil.



Gambar 2 Komponen Box Translator



Gambar 3 Tampak dalam Box Translator



Gambar 4 Tampak depan alat



Gambar 5 Tampak samping alat



Gambar 6 Tampak atas alat



Gambar 7 Tampilan hidup alat

2. Pembuatan Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat lunak dilakukan untuk mengembangkan sistem yang mampu mengatur proses pengenalan suara, menghubungkan perangkat pengguna dengan ESP32, serta menampilkan hasil konversi suara menjadi teks secara real-time melalui halaman web dan layar LCD. Perangkat lunak dalam penelitian ini terdiri atas program utama pada mikrokontroler ESP32 dan antarmuka web yang digunakan sebagai media pengoperasian fitur Speech-to-Text.

Program pada ESP32 dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Program tersebut berfungsi untuk mengatur jaringan lokal, menjalankan web server, menerima data teks dari halaman web, dan menampilkan teks pada layar LCD. ESP32 dikonfigurasi sebagai akses point sehingga perangkat pengguna dapat terhubung langsung dengan jaringan yang dihasilkan oleh Box Translator.

Pada sisi pengguna, perangkat lunak dikembangkan dalam bentuk web menggunakan HTML sebagai struktur halaman, CSS sebagai pengatur desain antarmuka. Teknologi Web Speech API digunakan untuk menerima suara melalui mikrofon perangkat pengguna dan mengubahnya menjadi teks.

Halaman web dapat diakses menggunakan alamat internet lokal 192.168.4.1 setelah perangkat pengguna terhubung dengan jaringan ESP32. Antarmuka menyediakan tombol Mulai, Stop, dan Bersihkan Teks. Tombol mulai digunakan untuk mengaktifkan pengenalan suara, tombol Stop digunakan untuk menghentikan proses pengenalan suara, sedangkan tombol Bersihkan Teks digunakan untuk menghapus hasil transkripsi yang telah ditampilkan.

Hasil pembuatan perangkat lunak menunjukkan bahwa antarmuka web dapat digunakan untuk menjalankan proses Speech-to-Text, menampilkan status sistem dan menyajikan hasil pengenalan suara dalam bentuk teks. Teks yang dihasilkan pada halaman web kemudian diteruskan menuju ESP32 untuk ditampilkan pada LCD Box Translator.

a. Tampilan Web

Tampilan web pada sistem Box Translator dirancang sebagai antarmuka utama yang digunakan untuk menjalankan proses konversi suara menjadi teks. Pengembangan antarmuka dilakukan dengan memperhatikan kemudahan pengguna, keterbacaan informasi, dan kesederhanaan navigasi agar dapat digunakan dalam aktivitas komunikasi sehari-hari.

Antarmuka menggunakan latar belakang berwarna gelap dengan area hasil transkripsi berwarna terang. Perbedaan warna tersebut bertujuan memberikan kontras sehingga teks dapat dibaca dengan lebih jelas. Pada bagian utama terdapat indikator status sistem, area hasil transkripsi, serta tiga tombol kendali.



Gambar 8 Tampilan awal web *Speech-to-Text*

Menunjukkan tampilan awal halaman web ketika sistem telah diaktifkan dan siap menerima suara. Status “Mendengarkan..” ditampilkan dengan indikator berwarna hijau sebagai tanda bahwa fitur pengenalan suara sedang aktif. Pada area transkripsi terdapat tulisan “Silakan Bicara...” yang memberikan petunjuk kepada pengguna untuk mulai memberikan masukan suara.

Tampilan tersebut juga menyediakan tombol Mulai, Stop, dan Bersihkan Teks. Tombol-tombol dibuat dengan ukuran yang cukup besar dan warna yang berbeda agar fungsi setiap tombol mudah dikenali oleh pengguna.



Gambar 9 Tampilan web ketika mendengarkan suara

Menunjukkan kondisi antarmuka ketika sistem sedang mendengarkan suara pengguna. Kondisi tersebut ditandai dengan indikator berwarna hijau dan keterangan "Mendengarkan...". Mikrofon pada perangkat pengguna aktif dan menerima percakapan yang diucapkan.

Pada pengujian tersebut, ucapan "Halo Selamat pagi" berhasil dikenali ditampilkan pada area transkripsi. Kemunculan teks tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan proses pengenalan suara dan menyajikan hasil pada halaman web tanpa pengguna memasukkan teks secara manual.



Gambar 10 Tampilan Web setelah pengenalan suara dihentikan

Memperlihatkan kondisi setelah pengguna menekan tombol Stop, Indikator status berubah menjadi “Berhenti” dengan tanda berwarna kuning. Perubahan status tersebut memberikan informasi bahwa sistem tidak lagi menerima masukan suara dari mikrofon.

Meskipun proses pengenalan suara telah di hentikan, teks “Halo selamat pagi” tetap ditampilkan pada area transkripsi. Penyimpanan hasil akhir tersebut memungkinkan pengguna tunarungu tetap membaca hasil percakapan sebelum sistem digunakan kembali.



Gambar 11 Tampilan Web setelah teks dibersihkan

Menunjukkan kondisi halaman web setelah pengguna menekan tombol Bersihkan Teks. Hasil transkripsi sebelumnya dihapus dan area tampilan kembali memperlihatkan pesan “Silahkan bicara...”.

Fungsi tersebut digunakan untuk membersihkan hasil percakapan sebelumnya tanpa perlu memuat ulang halaman web. Setelah teks dibersihkan, pengguna dapat menekan tombol Mulai untuk melakukan proses pengenalan suara berikutnya.

Secara keseluruhan, antarmuka web telah menyediakan fungsi utama yang diperlukan untuk mengoperasikan Box Translator. Pengguna dapat memulai pengenalan suara, menghentikan proses, membaca hasil transkripsi, serta menghapus teks melalui tombol yang tersedia. Tampilan dibuat sederhana dan lebih tanggap sehingga dapat diakses melalui perangkat telepon yang terhubung dengan jaringan ESP32

3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dan keandalan Box Translator yang telah dikembangkan. Pengujian bertujuan bahwa seluruh bagian perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Pengujian dilaksanakan secara menyeluruh, meliputi kemampuan halaman web untuk menerima suara, menjalankan proses Speech-to-text, menampilkan hasil transkripsi, menghentikan proses pengenalan suara, membersihkan teks, serta mengirimkan teks menuju ESP32 dan layar LCD.

Tabel 1 Tabel Pengujian

No	Komponen Atau Fungsi	Prosedur Pengujian	Hasil Yang Diterapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Akses halaman web	Membuka 192.168.4.1 melalui browser	Halaman web tampil pada perangkat pengguna	Halaman web berhasil ditampilkan dalam waktu sekitar 2 detik	Berhasil
2	Tombol mulai	Menekan tombol Mulai	Mikrofon aktif dan status berubah menjadi "Mendengarkan..."	Mikrofon aktif dan indikator berubah menjadi hijau	Berhasil
3	Proses Speech-to-Text	Mengucapkan kalimat "Halo selamat pagi"	Ucapan diubah menjadi teks	Teks "Halo selamat pagi" tampil pada halaman web	Berhasil
4	Tombol Stop	Menekan tombol Stop	Proses pengenalan suara berhenti	Status berubah menjadi "Berhenti" dan mikrofon tidak lagi aktif	Berhasil
5	Tombol Bersihkan Teks	Menekan tombol Bersihkan Teks	Hasil transkripsi terhapus	Teks sebelumnya terhapus dan tampilan kembali menjadi "Silahkan bicara..."	Berhasil
6	Pengiriman teks ke ESP32	Mengucapkan kalimat melalui antarmuka web	Hasil transkripsi diterima oleh ESP32	Data teks berhasil diterima oleh ESP32	Berhasil
7	Tampilan LCD	Mengirim hasil transkripsi dari halaman web	Teks tampil pada layar LCD	Teks berhasil ditampilkan sesuai hasil pada halaman web	Berhasil

8	Penggunaan berulang	Menjalankan sistem sebanyak 7 kali	Sistem tetap bekerja secara stabil	Sistem berhasil bekerja 7 kali, sedangkan 1 pengujian mengalami keterlambatan	Berhasil dengan catatan
---	---------------------	------------------------------------	------------------------------------	---	-------------------------

Berdasarkan hasil pengujian pada table di atas, sistem Box Translator mampu menjalankan seluruh fungsi utama dengan baik, mulai dari mengakses antarmuka web, mengaktifkan dan menghentikan proses Speech-to-Text, membersihkan teks, hingga menampilkan hasil transkripsi pada halaman web dan layar LCD. Suara yang diterima melalui mikrofon perangkat pengguna dapat diubah menjadi teks dengan tingkat akurasi sebesar 91,13%, sehingga sebagian besar kata yang diucapkan dapat dikenali dengan benar.

Waktu respons sistem berada pada rentang 2-3 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan hasil transkripsi secara hampir real-time. Perbedaan waktu respons dipengaruhi oleh panjang kalimat. Kejelasan pengucapan, kestabilan tegangan dari daya, serta kemampuan browser dalam menjalankan fitur pengenalan suara.

Pengujian berdasarkan jarak dan kondisi lingkungan menunjukkan bahwa sistem bekerja paling optimal 15-30 cm dalam kondisi lingkungan yang relatif tenang dan senyap. Semakin jauh jarak sumber suara dan semakin tinggi tingkat kebisingan, semakin besar kemungkinan terjadi kesalahan pengenalan kata.

Secara keseluruhan, sistem dapat menjalankan seluruh proses sesuai dengan rancangan, mulai dari menerima suara, mengubah suara menjadi teks, mengirimkan hasil transkripsi menuju ESP32, hingga menampilkan pada layar LCD. Dengan demikian, *Prototipe* Box Translator yang dikembangkan dinyatakan berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagai alat bantu visualisasi percakapan bagi penyandang tunarungu.

KESIMPULAN

pelaksanaan penelitian dan hasil pengujian sistem Box Translator bagi penyandang tunarungu berbasis ESP32 dengan fitur Speech-to-Text dan tampilan secara real-time, dapat disimpulkan bahwa ESP32 mampu beroperasi dengan baik sebagai pusat kendali sistem. Mikrokontroler ini dapat membangun jaringan lokal, menjalankan web server, menerima data teks dari antarmuka web, serta mengatur penampilan hasil transkripsi pada layar LCD. Pengguna juga dapat menghubungkan perangkat secara langsung dengan sistem melalui alamat internet lokal 192.168.4.1. Fitur Speech-to-Text mampu mendukung proses komunikasi bagi penyandang tunarungu dengan menerima masukan suara melalui mikrofon, kemudian mengubah suara tersebut menjadi teks melalui web sebagai sistem pembantu. Hasil transkripsi selanjutnya diteruskan menuju ESP32 dan ditampilkan pada layar LCD sebagai

informasi visual yang dapat dibaca oleh pengguna, sehingga alur masukan suara, pengolahan teks, hingga keluaran visual dapat berjalan sesuai dengan rancangan penelitian. Antarmuka web juga mampu mengendalikan proses pengenalan suara dan menampilkan hasil transkripsi secara real-time melalui tombol Mulai, Stop, dan Bersihkan Teks. Tombol Mulai berfungsi mengaktifkan proses pengenalan suara, tombol Stop menghentikan proses tersebut, sedangkan tombol Bersihkan Teks digunakan untuk menghapus hasil transkripsi sebelumnya. Selain itu, indikator status pada halaman web mampu memberikan informasi mengenai kondisi sistem, seperti status “Mendengarkan...” dan “Berhenti”. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang cukup baik dalam mengenali dan menampilkan percakapan dengan tingkat akurasi pengenalan suara sebesar 91,13% dan waktu respons sekitar 2–3 detik. Kinerja terbaik diperoleh ketika sumber suara berada pada jarak 15–30 cm dan digunakan dalam lingkungan yang relatif tenang. Sistem juga dapat digunakan secara berulang, meskipun pada beberapa percobaan terdapat peningkatan waktu respons yang dipengaruhi oleh kondisi perangkat, browser, dan kualitas masukan suara. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian melalui keberhasilan menghasilkan *Prototipe Box Translator* berbasis ESP32 yang mampu mengubah suara menjadi teks dan menampilkan hasilnya secara visual. Sistem tersebut dapat digunakan sebagai alat bantu komunikasi bagi penyandang tunarungu dalam memahami percakapan lisan, khususnya pada lingkungan dengan tingkat kebisingan rendah hingga sedang, serta telah mencakup aspek keterbacaan tampilan, integrasi ESP32 dengan perangkat lain yang terhubung, respons transkripsi, dan evaluasi penggunaan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, L., Tinggi Ilmu Hukum Awang Long, S., & Tinggi Agama Islam Al-Muntahy, S. (2025a). *Understanding the Design of Research and Development Methods in the Field of Education*. <https://doi.org/10.56371/ijess.v6i1.333>
- Amshumanth, K. M., G, K. K., Narayan, K. V, Krishna, M. K., & Professor, S. B. (2024b). *SMART GLASS FOR INDIVIDUALS WITH HEARING IMPAIRMENT* (Vol. 11). www.jetir.org
- Ananda Bagus Sajiwo, & Martiano. (2025). *Rancang bangun sistem monitoring kualitas air pada tambak ikan nila berbasis iot menggunakan nodemcu v3 dengan sensor tds dan ds18b20* (Vol. 2, Nomor 2). <https://doi.org/10.56495/saintek.v2i2.1094>
- And, I., & Expert, D. (2023). *Pengembangan Real-Time Monitoring dan Data Logging Berbasis Web Pada Proses Robot Painting untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi INFORMASI ARTIKEL A B S T R A K* (Vol. 5, Nomor 2). <https://e-journal.unper.ac.id/index.php/informatics>
- Jacob, N., Sathwik Nair, K. P., Mathew, R., & Divya Sunny, K. (2023a). *SpecAssist: Smart Glasses with Real-time speech recognition and transcription for the hearing impaired*. www.ijert.org

- Meysa Malika, & Berlianti Berlianti. (2025). Penggunaan Bahasa Isyarat SIBI dan BISINDO untuk Siswa Tuli di Sekolah Luar Biasa Negeri Pembina Medan. *Concept: Journal of Social Humanities and Education*, 4(3), 78–87. <https://doi.org/10.55606/concept.v4i3.2178>
- Nanda Puspita, S., Islamarida, R., & Guna Bangsa Yogyakarta, S. (2026). GAMBARAN PERKEMBANGAN SOSIAL EMOSIONAL PADA ANAK TUNARUNGU DI PONDOK PESANTREN DARUL ASHOM SLEMAN YOGYAKARTA. <https://journal-mandiracendikia.com/jikmc>
- P J, D., Joshy, J., T O, U., Nandan S, Y., & Krishnaveni V, Prof. (2024). ECHOLENS: Smart Glasses for Real-time speech display for deaf individuals. *IJARCCCE*, 13(6). <https://doi.org/10.17148/ijarcce.2024.13669>
- Parulian Sinaga, G., & Abdi Prawira Tanjung, M. (2025). RANCANG BANGUN SMART DONATION BOX UNTUK OTOMATISASI PERHITUNGAN DANA DONASI BERBASIS IOT. Dalam *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 9, Nomor 5). <https://doi.org/10.36040/jati.v9i5.15168>
- Rahayu, P., & Sari, U. (2025). Perancangan Sistem Smart Home Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Aplikasi Blynk untuk Otomatisasi Perangkat Rumah Tangga. *JISKA: Jurnal Sistem Informasi Dan Informatika*, 3(2), 2025. <http://jurnal.unidha.ac.id/index.php/jiska>
- Raju, G. N., Sreedhar, M., Prasad, P., & Asst, S. (2025). SPEECH-TO-TEXT CONVERSION WEARABLE SMART GLASSES FOR THE HEARING-IMPAIRED USING ESP 32. <https://doi.org/10.46121/pspc.53.2.18>
- Rangkuti, T. H., & Martiano, M. (2025). Design of IoT Based Electrical Parameter Monitoring System using NodemCu V3 and PZEM-004T V3 Sensor. *Tsabit Journal of Computer Science*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.56211/tsabit42>
- Silalahi, A. (2026). PENGEMBANGAN SISTEM LOGGING JARINGAN BERBASIS WEB UNTUK MENCATAT SEMUA LOG AKTIVITAS DAN DETEKSI ANOMALI. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 14(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v14i1.8235>
- Simabur, L. A., M, E., Zainuddin, Z., & Ahmad, M. (2022). ‘Talk Me : Aplikasi Pendukung Media Komunikasi Nonverbal Penyandang Tunarungu Dalam Meningkatkan Kemampuan Berinteraksi Sosial Di Kota Ternate. *JURNAL LENSEA MUTIARA KOMUNIKASI*, 6(2), 260–269. <https://doi.org/10.51544/jlmk.v6i2.3511>
- Syahri, A., & Basri, Mhd. (2025). Perancangan Sistem Keamanan untuk Deteksi Pencurian Menggunakan Sensor Magnetic dan RFID Berbasis Internet of Things. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, 4(3), 163–170. <https://doi.org/10.56211/helloworld.v4i3.1166>
- Tamilselvan, K. S., Sachin, A. M., Ramakrishna Raja, C., Sowndhar, M., & Srinivas, V. (2024a). Assistive glass for hearing impairment using speech recognition. Dalam *Challenges in Information, Communication and Computing Technology* (hlm. 484–489). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003559092-83>
- Tarsini, I., & Anggraeni Riska. (2024). Explore flowchart and pseudocode concepts in algorithms and programming. <https://doi.org/10.55324/1joms.v315.807>