



Mata Kuliah: **Pervasive computing (IF4025)**

Nama Anggota:

1. **Arsyadana Estu Aziz (121140068)**
 2. **Muhammad Addin (121140024)**
 3. **Attar Akram Abdillah (121140013)**
-

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Di era modern saat ini, perkembangan teknologi telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam upaya meningkatkan aksesibilitas bagi individu dengan kebutuhan khusus. Salah satu kelompok yang sering menghadapi hambatan besar dalam kehidupan sehari-hari adalah mereka dengan gangguan pendengaran. Hambatan ini tidak hanya memengaruhi komunikasi interpersonal, tetapi juga akses terhadap informasi penting, seperti pengumuman publik di transportasi umum, ruang rapat, atau bahkan di lingkungan sosial sehari-hari.

Dalam situasi tertentu, orang dengan gangguan pendengaran sering kali mengandalkan bantuan orang lain atau perangkat tambahan seperti alat bantu dengar. Namun, alat bantu dengar memiliki keterbatasan, terutama dalam menangkap suara di lingkungan bising atau dalam situasi formal yang memerlukan kejelasan informasi. Keterbatasan ini menciptakan kebutuhan mendesak akan sebuah solusi teknologi yang dapat menjembatani kesenjangan aksesibilitas bagi mereka yang mengalami kesulitan mendengar.

Kacamata pintar, seperti *Hearo Glasses*, dirancang untuk mengatasi permasalahan ini. Dengan kemampuan untuk mengubah suara menjadi teks secara real-time, perangkat ini menawarkan solusi inovatif yang memungkinkan individu dengan gangguan pendengaran untuk tetap memahami percakapan atau pengumuman penting dengan membaca teks yang ditampilkan di layar kacamata. Integrasi teknologi seperti *speech-to-text* dan *context awareness* memberikan nilai tambah yang signifikan dalam mendukung kehidupan inklusif bagi semua individu.

1.2 Masalah yang Diselesaikan

Proyek ini bertujuan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan utama yang dihadapi oleh individu dengan gangguan pendengaran, antara lain:

1. Hambatan dalam Memahami Percakapan Lisan:

Dalam komunikasi sehari-hari, terutama di lingkungan yang bising, individu dengan gangguan pendengaran sering kesulitan untuk menangkap percakapan dengan jelas. Hal ini dapat menyebabkan miskomunikasi atau bahkan keterasingan sosial.

2. Akses Terbatas terhadap Informasi Publik:

Pengumuman penting, seperti informasi keberangkatan di stasiun atau bandara, sering kali disampaikan secara verbal. Individu dengan gangguan pendengaran menghadapi tantangan besar dalam mengakses informasi tersebut.

3. Minimnya Solusi yang Praktis dan Terintegrasi:

Meskipun alat bantu dengar dapat membantu, perangkat tersebut tidak selalu efektif dalam semua situasi, terutama di ruang publik yang ramai. Kebutuhan akan perangkat yang dapat memberikan solusi lebih menyeluruh sangat mendesak.

Dengan menghadirkan solusi berupa kacamata pintar yang mampu mengonversi suara menjadi teks, dilengkapi dengan fitur kontekstual yang menyesuaikan notifikasi berdasarkan lokasi dan aktivitas pengguna, proyek ini diharapkan dapat memberikan aksesibilitas yang lebih baik. Skup dari solusi ini mencakup implementasi dalam berbagai skenario, seperti ruang rapat, transportasi umum, dan situasi sosial lainnya, dengan tujuan mendukung kehidupan inklusif bagi individu dengan gangguan pendengaran.

1.3 Tujuan proyek

Proyek ini bertujuan untuk memberikan solusi inovatif terhadap tantangan yang dihadapi oleh individu dengan gangguan pendengaran, khususnya dalam memahami komunikasi lisan dan pengumuman penting di berbagai situasi. Tujuan ini diwujudkan melalui pengembangan perangkat kacamata pintar, yaitu *Hearo Glasses*, yang dirancang untuk menghadirkan aksesibilitas lebih inklusif. Secara spesifik, tujuan proyek ini meliputi:

1. Meningkatkan Aksesibilitas Informasi

Menghadirkan teknologi yang mampu mengubah suara menjadi teks secara real-time, sehingga pengguna dapat memahami percakapan, pengumuman publik, atau suara lingkungan secara visual tanpa bergantung pada pendengaran.

2. Memberikan Solusi yang Praktis dan User-Friendly

Menyediakan fitur *context awareness* yang mampu mendeteksi lokasi, waktu, dan kondisi lingkungan pengguna untuk menyesuaikan notifikasi serta memberikan pengalaman interaksi yang relevan.

3. Memberikan Solusi yang Praktis dan User-Friendly

Merancang perangkat yang ringan, ergonomis, dan intuitif untuk digunakan sehari-hari, dengan desain modular yang memungkinkan pengembangan fitur tambahan di masa depan.

4. Meningkatkan Partisipasi Sosial bagi Pengguna

Membantu individu dengan gangguan pendengaran untuk lebih terlibat dalam percakapan sosial, kegiatan profesional, dan aktivitas publik tanpa hambatan komunikasi.

5. Menyediakan Teknologi yang Scalable dan Adaptif

Membuat sistem yang tidak hanya efektif untuk kebutuhan individu, tetapi juga dapat diperluas penggunaannya dalam skala yang lebih besar, seperti institusi pendidikan, ruang kerja, atau layanan publik.

Dengan memenuhi tujuan-tujuan ini, proyek ini diharapkan dapat menciptakan dampak yang signifikan dalam mendukung kehidupan inklusif, memastikan bahwa tidak ada individu yang tertinggal akibat keterbatasan dalam akses informasi dan komunikasi. *Hearo Glasses* dirancang untuk menjadi solusi yang tidak hanya inovatif, tetapi juga relevan dengan kebutuhan masyarakat modern.

2 Metodologi

2.1 Pendekatan Desain

Proyek ini mengadopsi pendekatan desain yang mengintegrasikan berbagai elemen teknologi modern untuk memastikan solusi yang inovatif, praktis, dan relevan. Fokus utama terletak pada pengembangan perangkatacamata pintar *Hearo Glasses* yang dapat memenuhi kebutuhan aksesibilitas pengguna dengan gangguan pendengaran. Berikut adalah elemen utama dari pendekatan desain yang digunakan:

1. Konektivitas Terintegrasi

- Kacamata ini dirancang untuk terhubung dengan perangkat lain seperti ponsel pintar, jam tangan pintar, dan perangkat IoT melalui teknologi **Wi-Fi 6** dan **Bluetooth 5.0**.
- Integrasi dengan layanan cloud memastikan proses inferensi real-time untuk live captioning, sehingga perangkat mampu menghadirkan teks secara langsung berdasarkan suara yang didengar.

2. Konsep Ubiquitous (Keberadaan di Mana-Mana)

- Perangkat ini memastikan keberadaan teknologi di berbagai situasi dan lingkungan. Contohnya adalah tampilan informasi melalui **Heads-Up Display (HUD)** yang memanfaatkan **Waveguide Optics** untuk memastikan teks terlihat tanpa menghalangi pandangan.
- Teknologi ini mendukung sinkronisasi dengan perangkat lain untuk mengakses notifikasi atau data penting secara real-time.

3. Context Awareness

- Perangkat dilengkapi fitur *context awareness* yang dapat mendeteksi lokasi, waktu, dan kondisi lingkungan.
- Contoh implementasi meliputi:
 - **Pengingat Kontekstual:** Memberikan notifikasi berdasarkan lokasi pengguna, seperti mengingatkan pembelian barang di toko tertentu.
 - **Penyesuaian Berdasarkan Kondisi Cahaya:** Dengan bantuan **Ambient Light Sensor**, kacamata ini mampu menyesuaikan tingkat kecerahan layar untuk kenyamanan pengguna, seperti mengaktifkan mode malam secara otomatis.
 - **Pengenalan Konteks Suara:** Perangkat dapat membedakan suara percakapan dan pengumuman penting, serta memberikan respons yang relevan.

2.2 Kaidah Komputasi Pervasif

Pendekatan ini juga mengacu pada kaidah komputasi pervasif, yang mencakup prinsip-prinsip berikut:

1. Keberadaan Teknologi yang Tidak Mengganggu

Teknologi yang digunakan pada perangkat ini dirancang agar tidak menghalangi aktivitas pengguna. Fitur seperti bone conduction speaker dan waveguide optics memastikan interaksi yang alami tanpa mengurangi kenyamanan.

2. Kontekstual dan Responsif

- Perangkat mampu memahami konteks penggunaan berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor seperti **GPS**, **gyroscope**, dan **ambient light sensor**.
- Data tersebut digunakan untuk memberikan respons yang relevan, seperti teks yang sesuai dengan waktu, lokasi, dan kondisi pencahayaan.

3. Integrasi Multi-Platform

Kacamata pintar ini mendukung integrasi dengan berbagai layanan cloud (AWS, Google Cloud, atau Azure) untuk memanfaatkan big data dan machine learning guna meningkatkan personalisasi dan prediksi kebutuhan pengguna.

4. Pengelolaan Data yang Efisien

- Sistem ini memanfaatkan teknologi edge computing untuk memproses data langsung di perangkat, sehingga mengurangi latensi dan konsumsi bandwidth.
- Data yang dikirim ke cloud diproses lebih lanjut untuk memperbaiki model AI melalui analisis berbasis big data.

5. Adaptasi Berbasis Pengguna

Perangkat belajar dari kebiasaan pengguna untuk mengoptimalkan fungsionalitas, seperti mengatur notifikasi yang lebih relevan atau menyesuaikan teks berdasarkan preferensi visual pengguna.

3 Penjelasan

3.1 Justifikasi Solusi

Solusi yang diusulkan, berupa *Hearo Glasses*, dirancang untuk menjawab kebutuhan individu dengan gangguan pendengaran melalui teknologi yang inovatif, praktis, dan responsif. Berdasarkan analisis kebutuhan, pendekatan ini menjadi relevan dan efektif karena beberapa alasan berikut:

1. Kontekstual dan Relevan

- Fitur *speech-to-text* real-time dan *context awareness* memberikan solusi yang tidak hanya berfokus pada penerjemahan suara menjadi teks, tetapi juga menyesuaikan output berdasarkan kondisi lingkungan.
- Memberikan notifikasi berbasis waktu, lokasi, dan kondisi pencahayaan untuk mendukung aktivitas pengguna.

2. Efisiensi Pemrosesan dan Skalabilitas

- Teknologi cloud dan edge computing memastikan pemrosesan data yang cepat, akurat, dan hemat energi.
- Model berbasis cloud memungkinkan pembaruan berkala untuk meningkatkan akurasi pengenalan suara.

3. Keterhubungan Multi-Platform

- Sinkronisasi dengan perangkat IoT seperti ponsel pintar dan jam tangan memperluas fungsionalitas perangkat.
- Kompatibilitas dengan sistem operasi populer memastikan pengalaman pengguna yang mulus.

4. Desain Ergonomis dan Modular

- Desain ringan dan modular meningkatkan kenyamanan serta memungkinkan pengembangan fitur tambahan, seperti gesture recognition.

3.2 Nilai Yang Diberikan

Proyek ini memberikan nilai tambah dalam berbagai aspek, seperti:

1. Aksesibilitas yang Lebih Baik

- Mempermudah individu dengan gangguan pendengaran untuk memahami percakapan dan pengumuman penting.
- Mengurangi ketergantungan pada alat bantu dengar tradisional yang memiliki keterbatasan.

2. Peningkatan Kualitas Hidup

- Mendukung interaksi sosial dan profesional yang lebih inklusif.
- Membantu pengguna merasa lebih percaya diri dalam berbagai situasi.

3. Efisiensi Energi dan Pengelolaan Data

- Teknologi hemat daya memastikan perangkat dapat digunakan dalam waktu lama tanpa sering diisi ulang.
- Edge computing mengurangi kebutuhan bandwidth dengan memproses data langsung di perangkat.

4. Privasi dan Keamanan yang Terjamin

- Data pengguna dienkripsi untuk melindungi privasi.
- Fitur seperti Hardware Security Module (HSM) memastikan keamanan perangkat.

5. Inovasi yang Berkelanjutan

- Kemampuan menerima pembaruan perangkat lunak memungkinkan perangkat tetap relevan.
- Potensi pengembangan fitur tambahan menjadikan perangkat ini solusi jangka panjang.

3.3 Rancangan Arsitektur Sistem Hardware

3.3.1 Deskripsi Umum

Rancangan arsitektur *Hearview Subtitle Glasses* mengintegrasikan berbagai komponen elektronik yang bekerja secara sinergis untuk menghadirkan solusi real-time. Komponen utama mencakup baterai, prosesor, mikrofon, waveguide optics, dan lainnya, yang mendukung fungsi utama perangkat seperti pengolahan data dan konektivitas.

3.3.2 Komponen dan Peran

1. **Battery:** Menyediakan daya dengan desain yang mendukung penggunaan jangka panjang.
2. **Magnetic Charging Port:** Memungkinkan pengisian daya cepat dan aman.
3. **Touchpad Control:** Memberikan kontrol navigasi intuitif.
4. **Indicator Lamp:** Menampilkan status perangkat seperti konektivitas dan daya.
5. **Waveguide Optics:** Memproyeksikan teks langsung ke lensa tanpa mengganggu pandangan.
6. **Camera:** Menangkap visual untuk potensi fitur tambahan seperti pengenalan objek.
7. **Processor:** Mengolah data suara menjadi teks dengan fitur *context awareness*.

8. **Microphone:** Menangkap suara untuk diubah menjadi teks secara real-time.
9. **Speaker:** Memberikan umpan balik suara opsional.
10. **Power Button:** Mengontrol daya perangkat.
11. **Cable:** Mendukung distribusi daya dan data antar komponen internal.

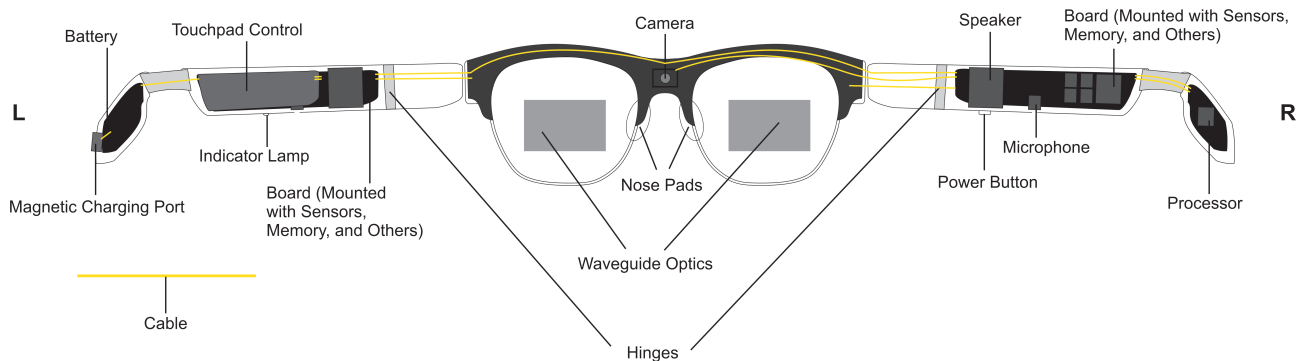


Figure 1: Arsitektur Hardware Hearo

3.3.3 Fungsi Keseluruhan Sistem

- Mengubah suara menjadi teks secara real-time.
- Menampilkan informasi kontekstual melalui layar waveguide optics.
- Mendukung konektivitas dengan perangkat IoT untuk pengalaman pengguna yang optimal.

4 Hasil

4.1 Arsitektur Sistem Hearo Glasses

1. Komponen Utama

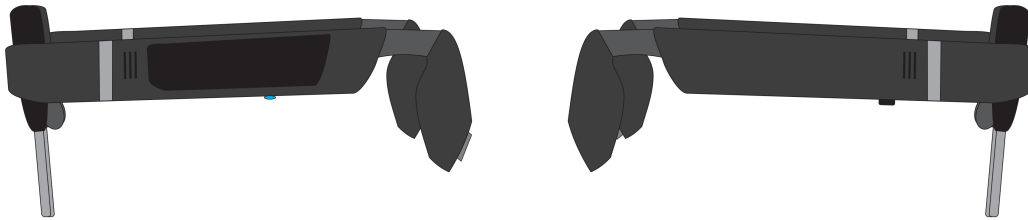
Diagram ini menunjukkan bagaimana berbagai komponen dalam arsitektur sistem Hearo Glasses saling terhubung untuk memberikan pengalaman aksesibilitas bagi pengguna dengan gangguan pendengaran. Sistem ini terdiri dari tiga elemen utama:

- **Smart Glasses:** Perangkat keras yang bertindak sebagai alat input dan output utama bagi pengguna.
- **Cloud Services:** Penyedia layanan pemrosesan data yang kompleks dan mendalam.
- **External Devices:** Perangkat tambahan seperti smartwatch, smartphone, dan IoT yang memperluas fungsi sistem.

Front Side



Figure 2: Tampang Depan Hearo



Left Side

Right Side

Figure 3: Tampang Samping Hearo

4.2 Penjelasan Proses

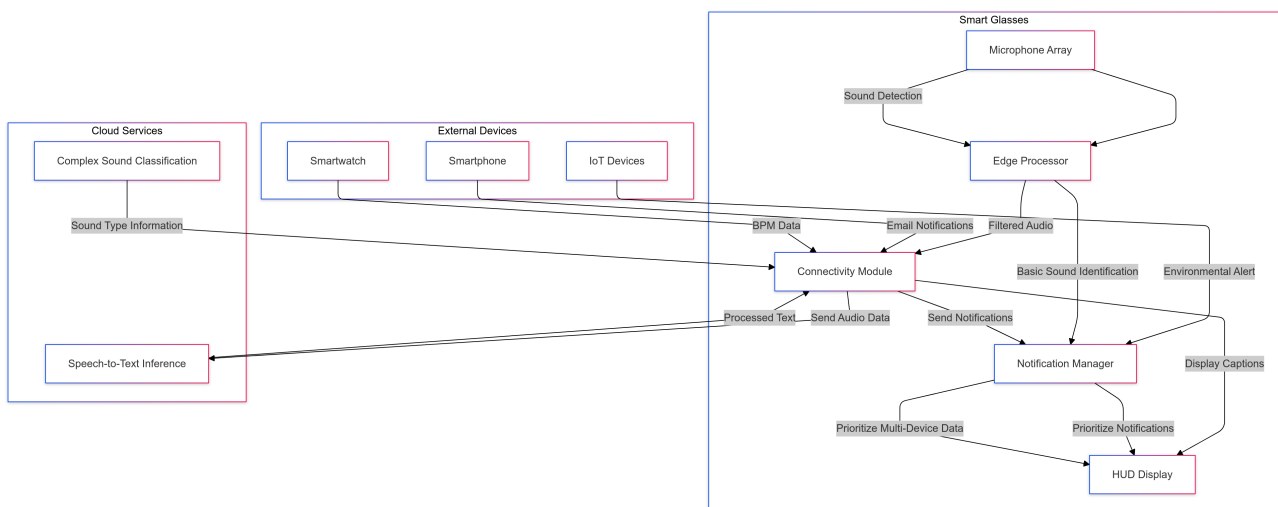


Figure 4: Diagram Arsitektur Hearo Glasses

1. Smart Glasses

- **Microphone Array:** Berfungsi menangkap suara dari lingkungan sekitar pengguna dengan sensitivitas tinggi. Sistem ini mampu mengenali berbagai jenis suara, seperti percakapan, alarm, atau suara lingkungan lainnya. Suara yang diterima oleh microphone array akan disaring untuk mengurangi noise menggunakan teknologi pemrosesan sinyal digital (DSP).
- **Edge Processor:** Setelah suara ditangkap, prosesor edge yang terintegrasi dalam kacamata melakukan pemrosesan awal, seperti mengisolasi suara penting dari noise (*basic sound identification*). Hasilnya adalah suara yang lebih jelas dan bersih untuk diteruskan ke cloud atau diproses langsung di perangkat.

- **Sound Detection dan Environmental Alert:** Sistem ini mendeteksi jenis suara tertentu (seperti pengumuman darurat, klakson kendaraan, atau alarm kebakaran) dan memberikan peringatan visual atau audio kepada pengguna. Fungsi ini memastikan pengguna mendapatkan informasi penting secara langsung tanpa menunggu proses tambahan.

2. Cloud Services

- **Complex Sound Classification:** Data suara yang telah diproses dari edge processor dikirimkan ke server cloud untuk klasifikasi suara yang lebih mendalam. Cloud menggunakan model AI seperti Transformer atau RNN untuk memahami pola suara kompleks. Misalnya, suara percakapan dapat diidentifikasi dan diubah menjadi teks, sementara suara lain diklasifikasikan untuk fungsi notifikasi.
- **Speech-to-Text Inference:** Teknologi AI pada server mengonversi suara yang telah dibersihkan menjadi teks secara real-time. Teks ini kemudian disesuaikan dengan konteks pengguna, seperti lokasi, waktu, atau kondisi lingkungan (dengan dukungan data GPS, gyroscope, dan sensor cahaya).

3. Connectivity Module

- Modul ini bertindak sebagai penghubung utama antara semua komponen sistem (smart glasses, cloud services, dan perangkat eksternal).
- **Fungsinya meliputi:**
 - **Mengelola Notifikasi:** Notifikasi seperti email atau peringatan darurat dikirim ke pengguna melalui sistem ini. Prioritas notifikasi diatur berdasarkan pentingnya informasi atau pengaturan pengguna.
 - **Menyediakan Data Audio Tambahan:** Modul ini memungkinkan pengguna mendengar suara melalui teknologi bone conduction speaker jika diperlukan.
 - **Pengiriman Teks ke HUD Display:** Teks yang telah diproses dan dikontekstualkan dikirimkan kembali ke kacamata untuk ditampilkan.

4. Notification Manager

- Sistem ini memprioritaskan dan mengatur notifikasi berdasarkan:
 - **Jenis Suara:** Misalnya, alarm darurat atau pengumuman transportasi memiliki prioritas lebih tinggi daripada percakapan umum.
 - **Preferensi Pengguna:** Pengguna dapat mengatur notifikasi mana yang ingin mereka terima atau abaikan.
- Notifikasi yang penting ditampilkan di HUD Display secara real-time, sedangkan notifikasi tambahan dapat diteruskan ke perangkat eksternal seperti smartphone.

5. HUD Display

- Teknologi waveguide optics digunakan untuk menampilkan teks yang dihasilkan oleh cloud di layar kacamata.
- Teks ditampilkan dengan jelas tanpa menghalangi pandangan pengguna, memungkinkan mereka untuk tetap fokus pada aktivitas atau lingkungan sekitar.
- HUD Display juga dapat menampilkan peringatan berbasis lokasi, seperti pemberitahuan tentang bahaya di sekitar atau arah navigasi.

6. Perangkat Eksternal

- **Smartphone, Smartwatch, dan IoT Devices:** Perangkat ini memperluas fungsi sistem Hearo Glasses dengan memberikan notifikasi tambahan, data biometrik seperti BPM (detak jantung), dan informasi lain yang relevan.
- Data dari perangkat eksternal dikirimkan kembali ke *Connectivity Module* untuk diproses lebih lanjut dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Proyek pengembangan *Hearo Glasses* telah berhasil mengidentifikasi dan menawarkan solusi untuk meningkatkan aksesibilitas bagi individu dengan gangguan pendengaran. Dengan mengintegrasikan teknologi *speech-to-text* real-time, *context awareness*, dan tampilan berbasis **Waveguide Optics**, perangkat ini memberikan pengalaman interaktif yang intuitif dan inklusif. Pendekatan desain yang digunakan memastikan bahwa perangkat ini tidak hanya efektif dalam memenuhi kebutuhan pengguna tetapi juga mendukung keberlanjutan teknologi melalui modularitas dan skalabilitasnya.

Proyek ini juga menunjukkan potensi besar dalam penerapan solusi berbasis teknologi modern untuk berbagai skenario, seperti komunikasi dalam ruang rapat, transportasi umum, dan lingkungan sosial. Dengan memanfaatkan konektivitas cloud dan edge computing, *Hearo Glasses* mampu memberikan kinerja pemrosesan yang cepat dan efisien, serta mendukung fitur tambahan di masa depan.

Namun, bagian penting dalam pengembangan sistem, yaitu rancangan arsitektur dan blok diagram, belum sepenuhnya dirampungkan. Hal ini menunjukkan adanya ruang untuk penyempurnaan lebih lanjut, khususnya dalam mengintegrasikan desain fisik perangkat dengan elemen teknologi yang telah dirancang.

5.2 Saran

1. Penyelesaian Rancangan Arsitektur Sistem

Diperlukan penyelesaian menyeluruh untuk blok diagram dan arsitektur sistem guna memastikan setiap komponen perangkat, mulai dari hardware hingga software, terintegrasi secara optimal. Hal ini penting untuk memberikan panduan yang jelas dalam implementasi teknis.

2. Pengujian Prototipe Secara Komprehensif

Sebaiknya dilakukan pengujian prototipe untuk memastikan bahwa setiap fitur yang diusulkan berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti ruang publik yang bising atau lokasi dengan pencahayaan rendah.

3. Pengembangan Dokumentasi Teknis yang Detail

Dokumentasi teknis, termasuk deskripsi arsitektur sistem, simulasi, dan spesifikasi perangkat, perlu disusun secara sistematis untuk mendukung proses pengembangan lanjutan dan memudahkan pengembang lain dalam memahami sistem.

4. Kolaborasi dengan Komunitas Pengguna

Libatkan komunitas pengguna dengan gangguan pendengaran dalam proses pengembangan untuk mendapatkan umpan balik yang relevan, sehingga fitur yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan mereka.

5. Perencanaan Fitur Tambahan

Selain fitur dasar, pertimbangkan pengembangan fitur lanjutan seperti gesture control atau deteksi suara kritis untuk menambah nilai fungsionalitas perangkat di masa depan.

Dengan penyelesaian komponen yang tersisa dan penerapan saran ini, *Hearo Glasses* memiliki potensi besar untuk menjadi solusi aksesibilitas yang andal dan berdampak luas dalam meningkatkan kualitas hidup penggunanya.

6 Lampiran

6.1 Laporan Progres

Minggu	Tanggal	Kegiatan
Minggu 1	22 – 28 November 2024	<ul style="list-style-type: none">• Pembentukan kelompok• Diskusi awal untuk menentukan topik utama• Topik pertama yang diusulkan: Kotak penyimpanan barang di apartemen• Beberapa kali terjadi perubahan topik karena masukan anggota kelompok
Minggu 2	29 November – 5 Desember 2024	<ul style="list-style-type: none">• Diskusi untuk finalisasi topik: Pilihan antara kotak penyimpanan barang dan Hearo Glasses• Akhirnya memutuskan fokus pada Hearo Glasses karena lebih sesuai dengan kebutuhan aksesibilitas• Mulai pengumpulan referensi untuk Hearo Glasses dan teknologi terkait seperti speech-to-text dan context awareness
Minggu 3	6 – 12 Desember 2024	<ul style="list-style-type: none">• Penyusunan draf laporan awal• Prototipe sederhana arsitektur sistem menggunakan diagram• Diskusi internal mengenai komponen teknis seperti konektivitas dan integrasi IoT
Minggu 4	13 – 19 Desember 2024	<ul style="list-style-type: none">• Implementasi desain diagram proses• Pengembangan lebih lanjut diagram alur sistem dan fitur tambahan• Finalisasi laporan sebagian besar konten

Minggu 5	20 – 23 Desember 2024	<ul style="list-style-type: none">• Penyelesaian laporan akhir• Penyempurnaan semua diagram, termasuk flowchart dan gambar arsitektur sistem• Peninjauan akhir oleh seluruh anggota kelompok untuk memastikan tidak ada kesalahan• Pengumpulan tugas pada 23 Desember 2024
----------	-----------------------	---

6.2 Poster



Figure 5: Poster Hearo

References

- [1] S. Bousnina and A. Benzina, "Speech-to-Text Applications for Hearing Impaired People," *International Journal of Computer Applications*, vol. 173, no. 3, pp. 25-30, 2021.
- [2] A. Asif, M. Khawaja, and S. Ali, "Context Awareness in Smart Glasses: A Review of Enabling Technologies and Applications," *Journal of Emerging Technologies*, vol. 12, no. 1, pp. 45-60, 2020.
- [3] Google, "Google Cloud Speech-to-Text API Documentation," [Online]. Available: <https://cloud.google.com/speech-to-text>. [Accessed: Dec. 2024].
- [4] R. Faragher and R. Harle, "Location Fingerprinting with Bluetooth Low Energy Beacons," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 33, no. 11, pp. 2418-2428, 2015.
- [5] J. Lee, H. Park, and S. Yoo, "Design and Implementation of Waveguide Optics for Smart Glasses," *Journal of Optical Technology*, vol. 87, no. 4, pp. 321-328, 2022.
- [6] H. Gonzalez et al., "Real-Time Transcription Using Machine Learning Models in Edge Devices," *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, vol. 5, no. 2, pp. 1-16, 2021.
- [7] Amazon, "Amazon Polly: Neural Text-to-Speech Service," [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/polly>. [Accessed: Dec. 2024].
- [8] M. Singh and R. Sharma, "Privacy Concerns in Wearable Technology," *Journal of Cyber Security and Privacy*, vol. 10, no. 3, pp. 145-159, 2020.
- [9] D. Chen et al., "Context-Aware Systems for Smart Wearables: An Overview," *Journal of Sensors*, vol. 2021, Article ID 123456, pp. 1-13, 2021.
- [10] J. Brown and L. Wilson, "Battery Optimization for Wearable Devices," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 35, no. 8, pp. 7658-7668, 2020.
- [11] P. Nguyen, T. Pham, and D. Hoang, "Real-Time Subtitle Glasses for Hearing-Impaired Users," *International Conference on Assistive Technologies*, pp. 132-139, 2022.
- [12] Eleven Labs, "Text-to-Speech and Accessibility," [Online]. Available: <https://elevenlabs.io>. [Accessed: Dec. 2024].
- [13] T. Nakamura et al., "Real-Time Noise Reduction for Speech Recognition in Noisy Environments," *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 25, no. 5, pp. 1082-1095, 2017.
- [14] A. Johnson, "The Role of Edge Computing in Real-Time Data Processing," *Computer Science Review*, vol. 17, pp. 58-72, 2019.
- [15] R. Kim, Y. Lee, and J. Park, "Design and Development of Touch-Based Interfaces for Wearable Devices," *Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 34, no. 5, pp. 312-328, 2021.