

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI APLIKASI SELULER UNTUK
MONITORING KONDISI INTERNAL BATANG POHON
MENGUNAKAN *ACOUSTIC TOMOGRAPHY* DENGAN FLUTTER**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Institut Teknologi Bandung**

**Oleh
TIFANY SAULINA NABABAN
NIM: 13218070
(Program Studi Sarjana Teknik Elektro)**



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Februari 2025**

ABSTRAK

DESAIN DAN IMPLEMENTASI APLIKASI SELULER UNTUK MONITORING KONDISI INTERNAL BATANG POHON MENGUNAKAN *ACOUSTIC TOMOGRAPHY* DENGAN FLUTTER

Oleh
Tifany Saulina Nababan
NIM: 13218070
(Program Studi Sarjana Teknik Elektro)

Karya tulis ini membahas desain dan implementasi aplikasi seluler untuk monitoring kondisi internal batang pohon dengan metode *Acoustic Tomography*. Sistem ini dikembangkan untuk memungkinkan pemantauan kondisi struktur dan kesehatan pohon secara nondestruktif melalui evaluasi variasi kepadatan batang pohon, dengan adanya perbedaan kecepatan mengindikasikan kerusakan struktural, seperti keropos maupun pembusukan. Perancangan awal aplikasi dilakukan dengan menggunakan Figma sebagai alat bantu untuk merancang antarmuka pengguna agar memiliki tampilan yang ramah pengguna dan mudah digunakan. Desain ini mencakup tata letak layar, alur navigasi, serta komponen interaktif yang mendukung pengalaman pengguna dalam melakukan pengukuran. Setelah tahap desain selesai, pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Flutter sebagai *framework* utama. Aplikasi ini dikembangkan khusus untuk sistem operasi Android dengan mempertimbangkan kompatibilitas pada berbagai tipe perangkat. Sistem yang dikembangkan dalam aplikasi terdiri dari beberapa bagian utama, termasuk pengumpulan data, pemrosesan data, dan hingga tampilan data hasil pengukuran. Data yang dikumpulkan berasal dari sensor transduser pendeteksi gelombang akustik, kemudian diproses oleh mikrokontroler menjadi data *Time of Flight* lalu dikirimkan melalui Bluetooth dari *mainboard* alat monitoring ke aplikasi seluler. Data yang diterima selanjutnya diproses menjadi informasi kecepatan gelombang akustik yang nantinya akan digunakan untuk membuat visualisasi kondisi internal batang pohon oleh subsistem visualisasi. Aplikasi ini juga memastikan komunikasi *real-time* antara sensor dan perangkat seluler sehingga pengguna dapat memperoleh hasil pengukuran secara langsung.

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan membagi aplikasi ke dalam beberapa *class* yang berfungsi untuk menangani berbagai layar sesuai kebutuhan pengguna dalam memasukkan dan melihat data. Aplikasi ini dilengkapi dengan fitur untuk mencatat informasi pohon, seperti spesies, lokasi, serta foto pohon, guna memastikan setiap pengukuran terdokumentasi dengan baik. Selain itu, pengguna diberikan pilihan untuk menyesuaikan ukuran font pada teks aplikasi agar keterbacaan dapat ditingkatkan sesuai preferensi. Proses pengujian dilakukan secara bertahap, dimulai dengan uji coba pada emulator untuk memastikan

stabilitas dan validitas fungsionalitas dasar aplikasi. Setelah pengujian awal berhasil, pengujian dilanjutkan dengan pengujian langsung pada berbagai perangkat Android untuk memastikan berbagai spesifikasi aplikasi dapat bekerja dengan baik pada berbagai perangkat. Komunikasi data antara *mainboard* dan aplikasi diuji menggunakan koneksi Bluetooth klasik melalui modul HC-05 yang terhubung ke Arduino Uno sebagai pengganti *mainboard* perangkat monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi mampu menerima, memproses, dan menampilkan data dengan akurat serta responsif dalam memberikan *feedback* kepada pengguna. Dengan adanya sistem ini, pemantauan kondisi internal batang pohon dengan metode *Acoustic Tomography* dapat dilakukan secara lebih efisien tanpa perlu melakukan pengukuran dengan waktu yang lama.

Kata kunci: aplikasi seluler, *Acoustic Tomography*, Flutter, *Time of Flight*, kecepatan.

ABSTRACT

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MOBILE APPLICATION FOR MONITORING THE INTERNAL CONDITION OF TREE TRUNKS USING ACOUSTIC TOMOGRAPHY WITH FLUTTER

By

Tifany Saulina Nababan

NIM: 13218070

(Bachelor Program in Electrical Engineering)

This paper discusses the design and implementation of a mobile application for monitoring the internal condition of tree trunks using the Acoustic Tomography method. This system was developed to enable nondestructive monitoring of tree structure and health conditions through evaluation of tree trunk density variations, with differences in speed can indicate structural damage, such as decay or hollowing. The initial application design was carried out using Figma as a tool to create a user-friendly and easy-to-use appearance. This design includes screen layout, navigation flow, and interactive components that support the user experience in taking measurements. After the design stage was completed, software development was carried out using Flutter as the main framework. This application was developed specifically for the Android operating system by considering compatibility on various types of devices. The system consists of several core components, including data collection, data processing, and display of measurement results. Data is collected from acoustic wave transducer sensors, processed by a microcontroller into Time of Flight data, and transmitted via Bluetooth from the monitoring device's mainboard to the mobile application. The received data is then processed into acoustic wave velocity information which will later be used to generate a visual representation of the internal condition of the tree trunk by the visualization subsystem. This application also ensures real-time communication between the mainboard and the mobile device, allowing users to obtain measurement results directly.

The software implementation is carried out by dividing the application into several classes and sub-classes that handle various screens according to user needs for data input and display. The application is equipped with features for recording tree information, such as species, location, and photos, ensuring that every measurement is well-documented. Additionally, users are provided with options to adjust text font sizes to improve readability based on user's preferences. The testing process was carried out in stages, starting with an emulator test to validate the application's stability and core functionalities. Once the initial testing was successful, further testing was performed on different Android devices to ensure the application operates effectively across various devices. Data communication between the mainboard and the application was tested using a classic Bluetooth

connection via the HC-05 module connected to an Arduino Uno as the replacement for the monitoring device mainboard. The test results show that the application successfully receives, processes, and displays data accurately while providing responsive feedback to users. With this system, monitoring the internal condition of tree trunks with Acoustic Tomography method can be done more efficiently without requiring prolonged measurement times.

Keywords: mobile application, Acoustic Tomography, Flutter, Time of Flight, speed.

HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN DAN IMPLEMENTASI APLIKASI SELULER UNTUK MONITORING KONDISI INTERNAL BATANG POHON MENGUNAKAN *ACOUSTIC TOMOGRAPHY* DENGAN FLUTTER

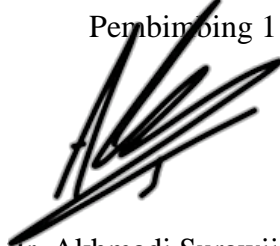
Oleh
Tifany Saulina Nababan
NIM: 13218070
(Program Studi Sarjana Teknik Elektro)

Institut Teknologi Bandung

Menyetujui
Dosen Pembimbing

Tanggal 3 Februari 2025

Pembimbing 1



Dr. Ir. Akhmadi Surawijaya, S.T.,
M.Eng.

Pembimbing 2



Indra Sihar, S.T., M.Sc., Ph.D.

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Sarjana, yang tidak dipublikasikan, terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Institut Teknologi Bandung, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Institut Teknologi Bandung. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil pekerjaan Tugas Akhir ini dapat di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Nababan, T. S. (2025): *Desain dan Implementasi Aplikasi Seluler untuk Monitoring Kondisi Internal Batang Pohon Menggunakan Acoustic Tomography dengan Flutter*, Tugas Akhir Program Sarjana, Institut Teknologi Bandung.

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Nababan, T. S. (2025): *Design and Implementation of Mobile Application for Monitoring The Internal Condition of Tree Trunks Using Acoustic Tomography with Flutter*, Bachelor's Final Project, Institut Teknologi Bandung.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan proses pembuatan buku tugas akhir dengan judul “Desain dan Implementasi Aplikasi Seluler untuk Monitoring Kondisi Internal Batang Pohon Menggunakan *Acoustic Tomography* dengan Flutter”. Selama proses pengerjaan hingga penulisan buku tugas akhir ini, penulis tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Rumata Rosininta Sianya, S.H., M.H., (ibu) dan Derman P. Nababan, S.H., M.H. (ayah) yang telah banyak memberikan doa dan dukungan dalam menyelesaikan masa studi di ITB.
2. Bapak Dr. Ir. Akhmadi Surawijaya, S.T., M.Eng., selaku dosen wali dan dosen pembimbing tugas akhir, yang telah banyak memberikan masukan, dukungan dan bantuan selama masa pendidikan di ITB.
3. Bapak Indra Sihar, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang telah memberikan masukan dan arahan selama proses pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Rahadian Yusuf, S.T., M.T., selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir I dan Tugas Akhir II, beserta tim dosen tugas akhir lainnya yang telah memberikan waktu, masukan, kritik dan evaluasi dalam membantu proses pengerjaan tugas akhir.
5. Dr. Yayat Hidayat, S.Hut., M.Si., selaku dosen kehutanan ITB yang telah menjadi narasumber penting dalam pengerjaan tugas akhir.
6. Bayu Aji Nugroho, Rani Isramiharti, dan Faris Jabar sebagai rekan tim tugas akhir yang selama masa pengerjaan tugas akhir telah bekerja sama dan berdedikasi dalam menyelesaikan pembuatan alat monitoring kondisi internal batang pohon.
7. Keluarga penulis yang telah banyak memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menempuh pendidikan di ITB.

8. Semua pihak lainnya yang tidak dapat dituliskan satu per satu yang telah membantu serta memberikan doa dan dukungan untuk penulis dalam menempuh studi dan mengerjakan tugas akhir.

Melalui penulisan buku tugas akhir ini, penulis berharap bahwa pembaca dapat memperoleh informasi yang bermanfaat mengenai pengembangan alat monitoring kondisi internal batang pohon dengan *Acoustic Tomography* serta terinspirasi untuk melakukan pengembangan lebih lanjut terhadap solusi yang telah disusun.

Bandung, 3 Februari 2025



Tifany Saulina Nababan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Masalah dan Tujuan	1
I.2. Batasan dan Konstrain	2
I.3. Bagian yang Dikerjakan	3
BAB II PENGETAHUAN DAN INFORMASI PENDUKUNG	2
II.1. Keilmuan.....	2
II.2. Flutter Framework.....	2
II.3. Acoustic Tomography	2
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI.....	4
III.1. Spesifikasi Teknis	5
III.2. Proses Perancangan	5
III.3. Proses Implementasi	9
III.4. Hasil Implementasi.....	19
BAB IV ANALISIS HASIL TUGAS AKHIR.....	25
IV.1. Hasil Tugas Akhir	25
IV.2. Pengetahuan yang Diperoleh.....	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	27
V.1. Kesimpulan	27
V.2. Saran	27
REFERENSI.....	28
DAFTAR LAMPIRAN	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Arsitektur subsistem aplikasi	4
Gambar 2 Arsitektur keseluruhan dari solusi dan bagian yang dikerjakan	1
Gambar 3 Ilustrasi metode acoustic tomography pada batang pohon	3
Gambar 4 State diagram navigasi desain UI	6
Gambar 5 DFD level 0	6
Gambar 6 DFD level 1	6
Gambar 7 DFD level 2 untuk subproses 0 pengaturan font	7
Gambar 8 DFD level 2 untuk subproses 1 input data proyek	7
Gambar 9 DFD level 2 untuk subproses 2 input data layer	7
Gambar 10 DFD level 2 untuk subproses 4 pengukuran	7
Gambar 11 Desain UI di Figma	8
Gambar 12 Tampilan HomeScreen	10
Gambar 13 Tampilan ProjectScreen (a) sebelum ada data dan (b) sesudah ada data	10
Gambar 14 Tampilan LayerHomeScreen (a) sebelum mengisi data geometri, (b) sesudah mengisi data geometri, dan (c) tampilan jarak sensor	11
Gambar 15 Tampilan GeometryScreen (a) sebelum mengisi data dan (b) sesudah mengisi data	12
Gambar 16 Tampilan MeasurementScreen	12
Gambar 17 Tampilan TomogramScreen	13
Gambar 18 Tampilan SettingsScreen	14
Gambar 19 Tampilan CameraScreen	14
Gambar 20 Tampilan PairedDeviceScreen	15
Gambar 21 Tampilan input dialog (a) di atas HomeScreen dan (b) di atas ProjectScreen	15
Gambar 22 Perhitungan tali busur lingkaran sebagai jarak antar sensor	16
Gambar 23 Flowchart pengolahan data ToF	17
Gambar 24 Tampilan saat toggle button (a) mati dan (b) menyala	18
Gambar 25 Diagram alir pengiriman data antara aplikasi dan mainboard	18
Gambar 26 Pengujian dengan menggunakan HC-05 yang tersambung dengan Arduino Uno	21
Gambar 27 File APK Terawang	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik produk	4
Tabel 2 Spesifikasi teknis	5
Tabel 3 Pengujian pengaturan font	19
Tabel 4 Pengujian lokasi	19
Tabel 5 Pengujian kamera	20
Tabel 6 Pengujian koneksi Bluetooth	21
Tabel 7 Pengujian perhitungan jarak dengan keliling lingkaran batang 120 cm	22
Tabel 8 Pengujian perhitungan kecepatan dengan keliling lingkaran batang 120 cm	22
Tabel 9 Pengujian instalasi APK	24

Bab I PENDAHULUAN

I.1. Masalah dan Tujuan

Kesehatan pohon memiliki peran penting dalam keberlanjutan lingkungan, perencanaan tata kota, dan pengelolaan kehutanan. Pohon berkontribusi terhadap peningkatan kualitas udara, penyerapan karbon, serta pelestarian lingkungan, sekaligus menjadi komponen vital dalam ruang hijau perkotaan [1][2]. Namun, pemantauan kondisi internal batang pohon sering kali sulit dilakukan karena kerusakan seperti pembusukan atau masalah struktural lainnya yang tidak terdeteksi secara visual. Metode *acoustic tomography* memberikan pendekatan nondestruktif dengan memanfaatkan propagasi gelombang suara untuk mendeteksi anomali struktur di dalam batang pohon[3]. Penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi seluler berbasis Flutter yang memanfaatkan *acoustic tomography* untuk memantau kesehatan internal pohon secara akurat. Aplikasi dirancang untuk mendukung pengumpulan data pohon dan analisis data akustik dari sensor yang terhubung ke *mainboard* melalui koneksi Bluetooth. Fungsi utama aplikasi mencakup perhitungan kecepatan gelombang akustik berdasarkan data Time of Flight (ToF), pengambilan data pohon, serta tampilan hasil pengukuran.

Aplikasi yang dibuat dirancang untuk mendukung berbagai fitur utama pengukuran yang dilakukan pengguna, seperti memasukkan data pohon (spesies, lokasi, dan foto), mencatat informasi geometri (jumlah sensor, keliling batang, dan tinggi pengukuran), serta menampilkan jarak penempatan sensor di sekitar batang pohon. Selain itu, aplikasi memproses data ToF yang diterima dari *mainboard* untuk menghitung sebaran kecepatan gelombang akustik di batang pohon. Data hasil pengukuran dapat disimpan secara lokal pada perangkat pengguna. Adapun pengembangan fungsi visualisasi dan penyimpanan data dilakukan oleh anggota tim lainnya. Tujuan utama proyek ini adalah menyediakan alat bantu yang dapat diakses oleh arboris, dokter pohon, dan peneliti untuk memantau kondisi internal batang pohon secara nondestruktif. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan pemantauan kondisi internal batang pohon sekaligus mendukung implementasi praktik perencanaan dan pengelolaan hutan berbasis teknologi.

I.2. Batasan dan Konstrain

Batasan dari permasalahan proyek tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tugas akhir berfokus pada pengembangan alat monitoring kondisi internal batang pohon dengan menggunakan metode *acoustic tomography* yang memanfaatkan propagasi gelombang akustik untuk mengetahui distribusi densitas batang pohon dalam menentukan kepadatan, kelapukan, atau adanya lubang di batang pohon.
2. Kriteria jenis pohon yang diukur memiliki batasan sebagai berikut:
 - Pohon *overmature* yang telah melampaui usia atau kedewasaan sehingga produktivitasnya menurun.
 - Pohon berkayu dengan bentuk batang bulat dan memiliki diameter batang pohon 30 cm sampai 120 cm
 - Pohon yang menunjukkan gejala kerusakan fisik berdasarkan pengamatan secara visual.

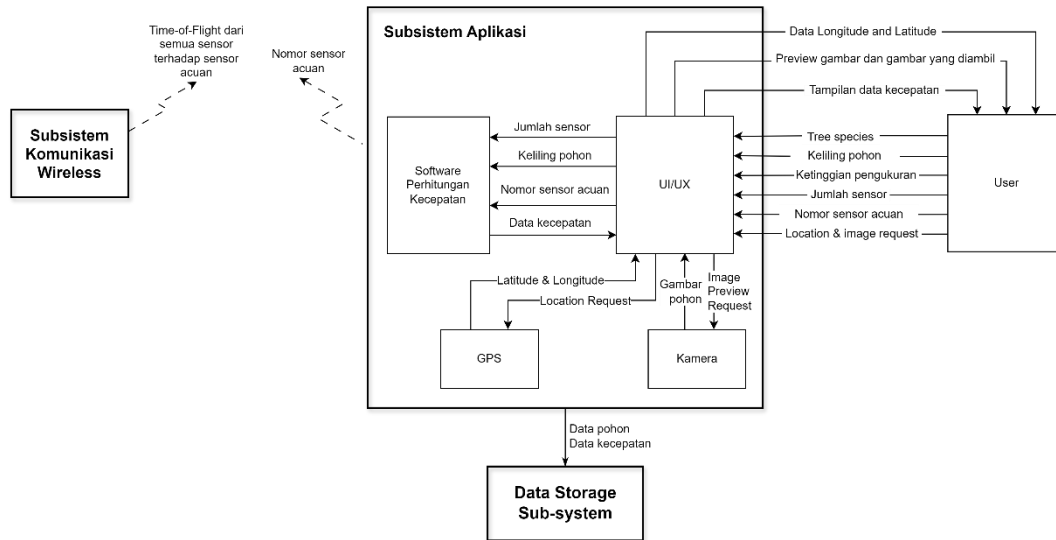
Selain batasan, terdapat beberapa konstrain yang memengaruhi desain dan implementasi dari solusi tugas akhir ini. Beberapa konstrain tersebut antara lain:

1. Konstrain Ekonomi dan Manufakturabilitas (*Economy and Manufacturability*)
 - Biaya produksi dari produk perlu dipertimbangkan terlebih lagi agar harga tetap terjangkau bagi pihak yang berkepentingan, seperti pihak pengelola area hijau perkotaan maupun para peneliti pohon yang memiliki anggaran terbatas.
 - Komponen yang digunakan sebisa mungkin tersedia di dalam negeri agar mudah diperoleh dengan jumlah dan harga yang dibutuhkan.
2. Konstrain Kesehatan, Keselamatan, dan Lingkungan (*Health, Safety, and Environment*)
 - Produk yang dibuat tidak membahayakan kesehatan pengguna, orang di sekitar, dan pohon yang dievaluasi, baik dalam waktu yang pendek maupun jangka panjang.
 - Rangkaian dan komponen elektronika dari produk dirancang agar tidak terekspos untuk mencegah pengguna dari risiko tersengat arus listrik.

- Produk difabrikasi menggunakan bahan-bahan yang tidak berbahaya bagi kesehatan pohon dan manusia.
3. *Konstrain Lingkungan dan Keberlanjutan (Environment and Sustainability)*
- Karena produk digunakan di luar ruangan, produk harus mampu beroperasi di bawah paparan cahaya matahari dan memiliki komponen yang tahan atau terlindung dari cipratan air.
 - Alat menggunakan baterai yang mampu menyala setidaknya selama waktu pengukuran dalam satu hari.
 - Pengukuran yang dilakukan dengan produk harus tetap presisi dan alat harus tahan digunakan dalam jangka panjang.
4. *Legal, Code, and Standards*
- Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M/2012 tentang Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan, titik penanaman antar pohon berjarak sekitar 4 meter sehingga area pengukuran terbatas.
5. *Ethics, Social, and Culture*
- Pengembangan produk ditujukan kepada pengguna yang memiliki latar belakang minimal S1 dan memiliki pengetahuan mengenai spesies pohon di Indonesia untuk memastikan pengukuran yang lebih efektif.

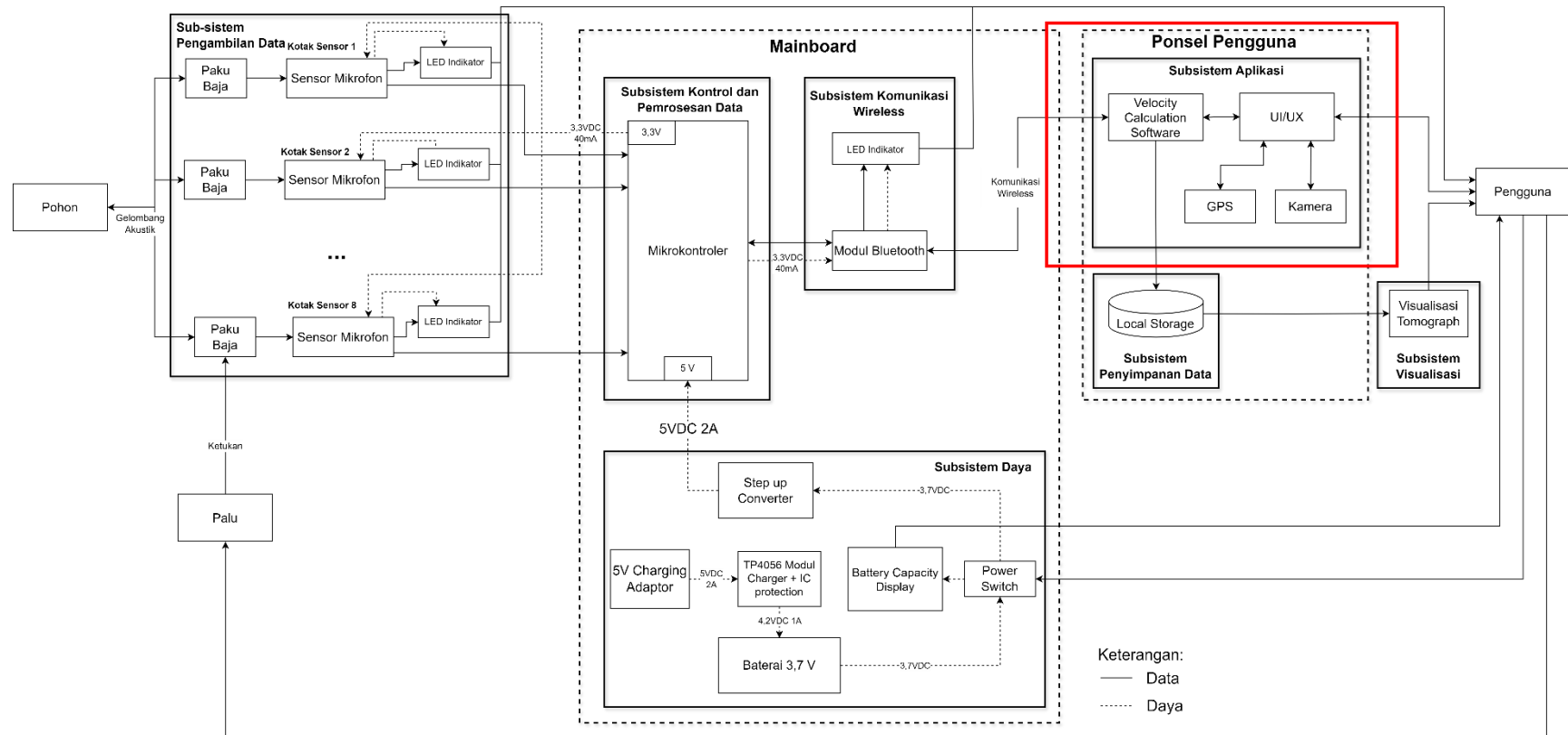
I.3. Bagian yang Dikerjakan

Secara keseluruhan, sistem alat monitoring kondisi internal batang pohon terbagi menjadi 7 subsistem. Arsitektur dari proyek tugas akhir yang dibuat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2 dengan bagian yang dikerjakan oleh penulisan tugas akhir ini ditandai dengan kotak merah, yaitu subsistem aplikasi. Arsitektur dari subsistem aplikasi dapat dilihat dengan lebih mendetail pada Gambar 1.



Gambar 1 *Arsitektur subsistem aplikasi*

Desain dan implementasi dilakukan terhadap subsistem aplikasi yang akan menerima masukan data dari pengguna, melakukan komunikasi nirkabel dengan *mainboard* alat monitoring, dan memproses informasi yang diterima menjadi data kecepatan yang nantinya akan diolah kembali menjadi gambar visualisasi kondisi internal batang pohon.



Gambar 2 Arsitektur keseluruhan dari solusi dan bagian yang dikerjakan

BAB II PENGETAHUAN DAN INFORMASI PENDUKUNG

II.1. Keilmuan

Keilmuan yang berhubungan dengan pengembangan sistem ini mencakup mata kuliah EL2008 - Pemecahan Masalah dengan C dan EL3011 - Arsitektur Sistem Komputer. Kedua mata kuliah ini memberikan dasar dalam memahami *computational thinking*, perancangan algoritma, serta implementasi program. Pemahaman dari mata kuliah ini mendukung pengembangan aplikasi monitoring dengan memastikan sistem dapat mengolah data ToF secara efisien dan berkomunikasi dengan perangkat monitoring melalui Bluetooth.

II.2. Flutter Framework

Flutter adalah Software Development Kit (SDK) yang dikembangkan oleh Google untuk membangun aplikasi *cross platform* untuk Android dan iOS, serta sistem operasi Google Fuchsia. Dirilis pada tahun 2017, Flutter menggunakan bahasa pemrograman Dart dan Skia sebagai *graphics engine*. Dengan menggunakan widget sebagai komponen utama, Flutter memungkinkan pengembangan aplikasi dengan Material Design untuk Android dan Cupertino untuk iOS, yang dapat dikompilasi untuk kedua platform tanpa perubahan pada emulator [4].

Salah satu keunggulan utama dari Flutter adalah kemampuannya untuk menghasilkan aplikasi dengan ukuran file yang lebih kecil, waktu buka aplikasi yang lebih cepat, serta penggunaannya yang terus meningkat di kalangan *developer*. Bahasa pemrograman Flutter, yaitu Dart, mudah dipelajari bagi pengembang yang sudah familiar dengan bahasa pemrograman berorientasi objek seperti C#, C++, atau Java, menjadikan Flutter lebih mudah digunakan dibandingkan dengan React Native yang lebih bergantung pada bahasa JavaScript yang sudah lebih umum, namun memerlukan pengembang untuk menguasai lebih banyak *library* pihak ketiga untuk mengakses fitur-fitur perangkat seperti Bluetooth atau Wi-Fi [4 dan 5].

II.3. Acoustic Tomography

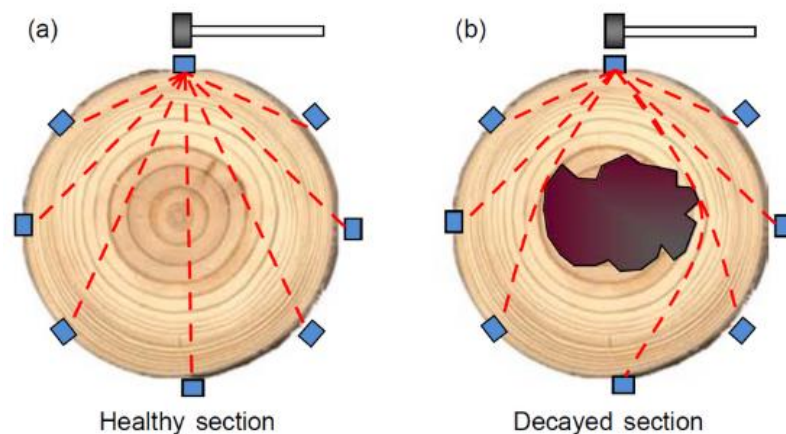
Acoustic tomography merupakan teknik nondestruktif yang digunakan untuk memetakan dan memonitor kondisi internal benda padat dengan menggunakan gelombang akustik. Prinsip dasar dari *acoustic tomography* adalah dengan

mengirimkan gelombang suara melalui material, mengukur waktu perjalanan gelombang, kemudian membandingkan hasilnya dengan referensi untuk mendapatkan gambaran tentang keadaan internal material. Kecepatan gelombang akustik dapat dihitung menggunakan jarak antara dua transduser (L) sebagai:

$$V = \frac{L}{t}$$

Metode ini mengandalkan perbedaan kecepatan gelombang suara yang merambat melalui material yang memiliki kepadatan atau sifat elastisitas yang berbeda.

Dalam konteks pemantauan kondisi internal batang pohon, teknik ini digunakan untuk mendeteksi perubahan atau kerusakan pada bagian internal pohon yang kemungkinan tidak terlihat dari luar, digunakan untuk investigasi batang dan akar pohon, mulai dari deteksi pelapukan, retakan, rongga ataupun lubang [6], hingga karakterisasi untuk mengevaluasi kualitas kayu [7]. Pengukuran dilakukan seperti pada Gambar 3, di mana 8 buah transduser diletakkan di batang pohon dengan selisih jarak yang sama.



Gambar 3 Ilustrasi metode acoustic tomography pada batang pohon[7]

Ketukan yang diberikan pengguna akan menghasilkan gelombang akustik yang merambat melalui batang pohon, dengan jalur lintas menyesuaikan kepadatan kayu batang.

BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Berikut merupakan fitur produk yang digunakan sebagai dasar perancangan dan implementasi produk monitoring kondisi internal batang pohon.

- Fitur Utama:
 - Perangkat dapat melakukan pengukuran untuk mengetahui kondisi internal batang pohon berdasarkan distribusi densitas batang pohon sebagai parameter kesehatan pohon.
- Fitur Dasar:
 - Mengukur distribusi densitas batang pohon untuk mendeteksi adanya pelapukan pada titik yang diukur
 - Memberikan visualisasi pelapukan batang pohon kepada pengguna
 - Portabel dan *splash resistant*
- Fitur Tambahan:
 - Menyediakan penyimpanan data pohon dan hasil pengukuran pada *memory/database* produk
- Sifat solusi yang diharapkan
 - Perangkat yang dibuat memiliki harga yang relatif lebih murah dibanding produk lain yang sudah ada (estimasi < 50 juta)
 - Dapat dioperasikan dalam durasi waktu yang panjang dalam sehari dan tidak membutuhkan perawatan yang terlalu intensif
 - Pengukuran tidak akan menyebabkan adanya potensi kerusakan tambahan pada pohon [8]
 - Waktu pengukuran per pohon tidak memakan waktu yang lama

Fitur dan sifat tersebut kemudian diturunkan menjadi karakteristik produk pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik produk

No	Karakteristik Produk
1	Dapat mengukur distribusi densitas batang pohon untuk mendeteksi adanya pelapukan pada titik yang diukur
2	Dapat memberikan visualisasi pelapukan batang pohon kepada pengguna

3	Produk <i>portable</i> dan <i>splash resistant</i>
4	Menyediakan penyimpanan data hasil pengukuran pada <i>memory/database</i> produk
5	Waktu pengukuran per pohon tidak memakan waktu yang lama

III.1. Spesifikasi Teknis

Untuk memenuhi karakteristik produk yang sebelumnya telah dipaparkan, implementasi dan pengujian akan dilakukan terhadap produk agar sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Dari seluruh karakteristik produk, spesifikasi yang harus dicapai oleh subsistem aplikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi teknis

Spesifikasi	Uraian
Tampilan Hasil Pengukuran	Teks dan gambar dalam aplikasi HP dapat terbaca dengan baik pada jarak ideal yaitu 41-46 cm.

Spesifikasi tersebut dibuat sebagai landasan dalam proses perancangan dan implementasi. Untuk spesifikasi lainnya, proses perancangan dan implementasinya dilakukan pada sistem lainnya pada pembagian kerja yang berbeda.

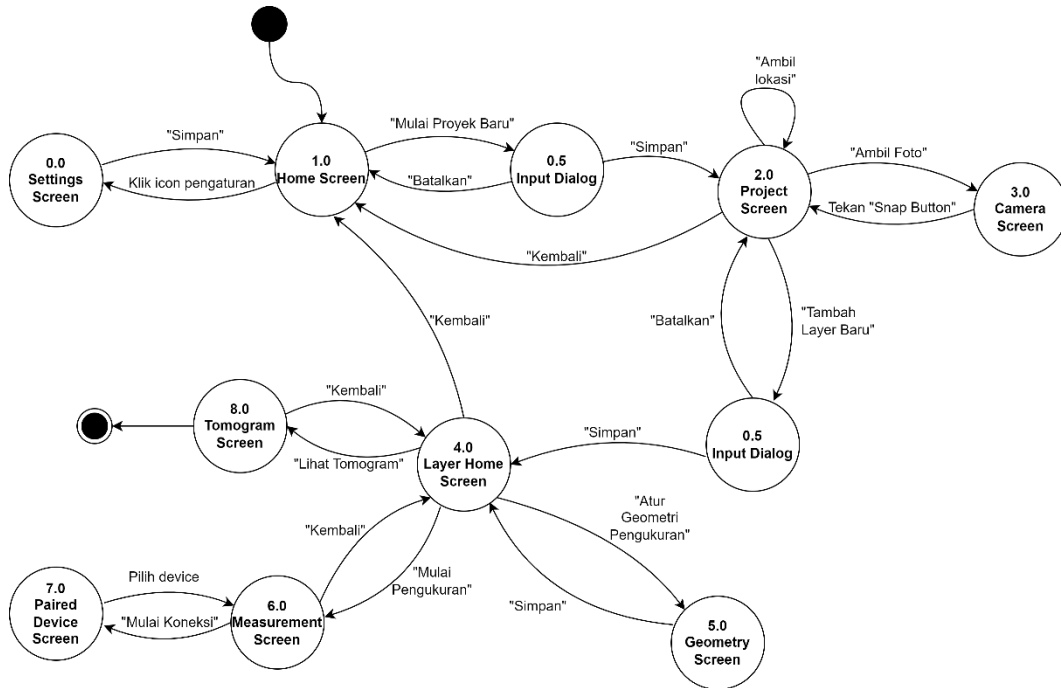
III.2. Proses Perancangan

III.2.A. Data dan Alur Navigasi Aplikasi

Untuk mendukung pengukuran alat *acoustic tomography* yang dibuat sebagai alat yang digunakan untuk monitoring kondisi batang pohon dan memastikan *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX) yang baik, aplikasi dirancang untuk menampung berbagai macam data seperti:

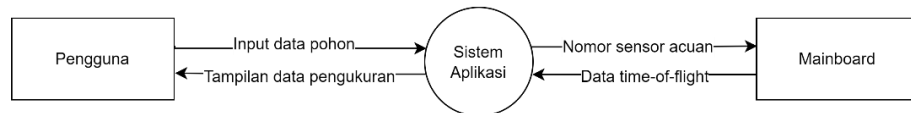
- Data proyek, seperti nama proyek dan nama layer dari pengukuran
- Data pohon, seperti spesies pohon, koordinat GPS, dan foto pohon
- Data geometri dari *layer* batang pohon yang diukur, seperti keliling lingkaran batang, jumlah sensor yang digunakan, dan ketinggian pengukuran
- Data ToF tiap sensor yang dikirimkan dari *mainboard*

Berdasarkan kebutuhan tersebut beberapa layar aplikasi dirancang dengan *state diagram* aplikasi yang terlihat seperti Gambar 4.

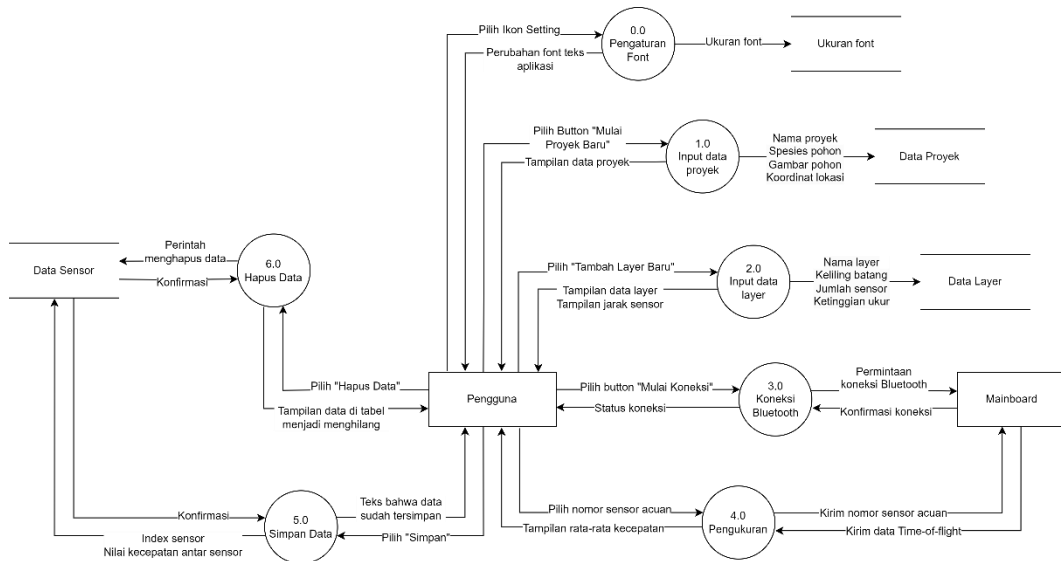


Gambar 4 State diagram navigasi desain UI

Gambar 5 dan 6 menunjukkan DFD level 0 dan DFD level 1 dari perancangan aplikasi.

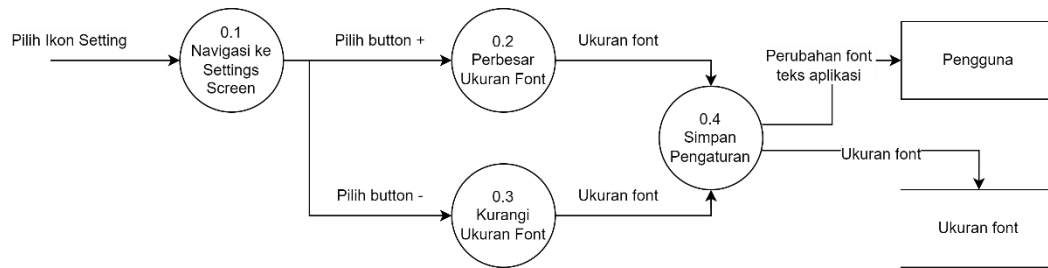


Gambar 5 DFD level 0

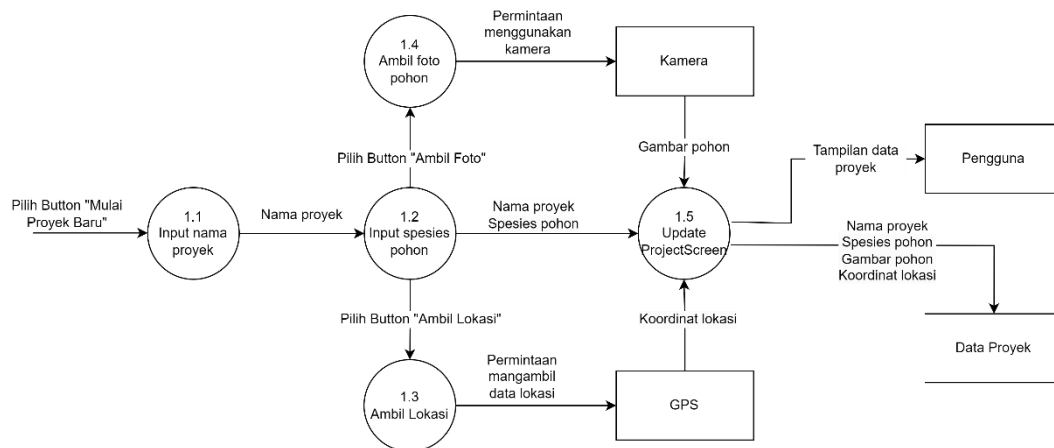


Gambar 6 DFD level 1

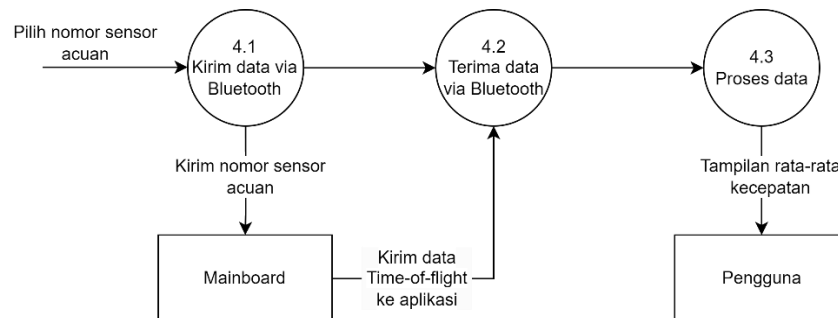
Beberapa proses dari DFD level 1 dipecah menjadi beberapa subproses, yang dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10.



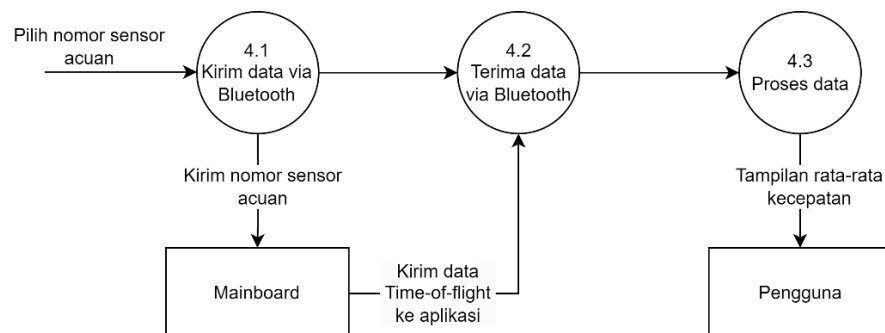
Gambar 7 DFD level 2 untuk subprocess 0 pengaturan font



Gambar 8 DFD level 2 untuk subprocess 1 input data proyek



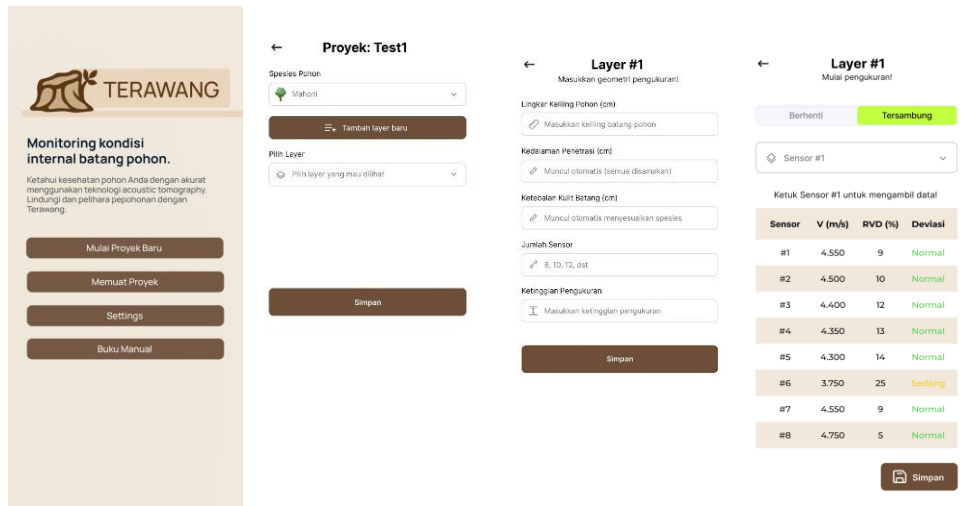
Gambar 9 DFD level 2 untuk subprocess 2 input data layer



Gambar 10 DFD level 2 untuk subprocess 4 pengukuran

III.2.B. Desain User Interface

Desain UI dikembangkan menggunakan Figma dengan pendekatan yang mempertimbangkan fungsionalitas aplikasi dalam menerima masukan data dari pengguna dan menampilkannya. Pemilihan warna didasarkan pada tema utama aplikasi, yaitu coklat yang merepresentasikan warna batang pohon. Gambar 11 menunjukkan tangkapan layar beberapa *screen* yang dirancang untuk aplikasi ini.



Gambar 11 Desain UI di Figma

Desain tersebut merupakan gambaran awal dari tampilan dan alur aplikasi yang menjadi panduan utama dalam proses implementasi menggunakan Flutter.

III.2.C. Software Development Kit dan Library

Dalam mengimplementasikan aplikasi seluler, diperlukan SDK yang dapat memenuhi kebutuhan pengembangan dengan fleksibilitas tinggi. Aplikasi ditargetkan untuk mendukung platform Android dan iOS, sehingga dipilih SDK *cross-platform*. SDK yang dipilih juga harus memiliki komunitas yang besar, dokumentasi yang lengkap, dan ekosistem *library* yang kaya untuk mempermudah pengembangan aplikasi. Flutter dipilih sebagai SDK utama karena menawarkan *base component* yang sudah siap digunakan, serta kemampuan untuk menghasilkan antarmuka yang konsisten di berbagai perangkat. Untuk memenuhi kebutuhan aplikasi, digunakan beberapa *package* tambahan berdasarkan kebutuhan teknis, stabilitas, dan tingkat dukungan komunitasnya:

- Camera: digunakan untuk fitur pengambilan gambar pohon.
- Geolocator: digunakan untuk memperoleh data koordinat GPS lokasi pohon dengan akurasi tinggi.

- `Url_launcher`: digunakan untuk mengarahkan pengguna ke Google Maps berdasarkan data koordinat yang didapatkan untuk melihat lokasi pohon dengan lebih spesifik.
- `Flutter_bluetooth_serial`: untuk melakukan komunikasi Bluetooth dengan Bluetooth Classic HC-05 sebagai modul Bluetooth alat *Acoustic Tomography* yang dibuat.
- `Permission_handler`: digunakan untuk mengelola izin menyalakan Bluetooth pada HP pengguna.
- `Provider`: digunakan untuk mempermudah pengelolaan *state* secara global dalam aplikasi, terutama dalam pengaturan ukuran font .

III.3. Proses Implementasi

Karena adanya keterbatasan pengembangan, yaitu pengembangan aplikasi seluler iOS harus dilakukan dengan menggunakan Macbook dan tim pengembang tidak ada yang memiliki laptop dan HP ber-*operating system* iOS, pengembangan aplikasi saat ini difokuskan untuk HP Android.

III.3.A. UI/UX

Untuk memudahkan pengelolaan dan pengembangan aplikasi, kode dibagi menjadi beberapa *class* yang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori berdasarkan fungsi dan tujuannya, yaitu *class* untuk layar utama (*screen*), *class* untuk layar sublayar (*subscreen*), dan *class* untuk *utility*.

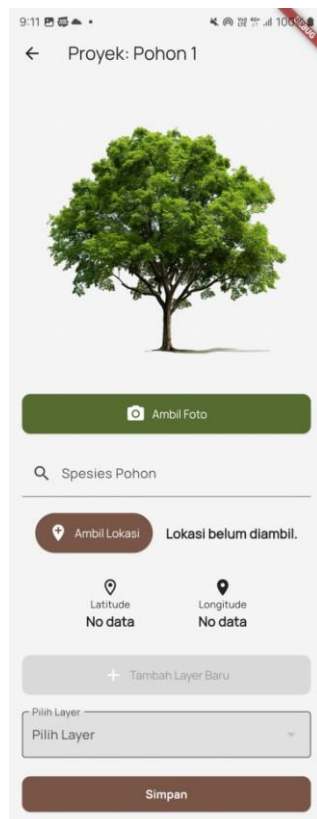
1. Class untuk Layar Utama (*Screen*)

a. *HomeScreen*: *home page* aplikasi yang berfungsi sebagai tampilan awal ketika pengguna meluncurkan aplikasi. Tampilan dari *HomeScreen* dapat dilihat pada Gambar 12.

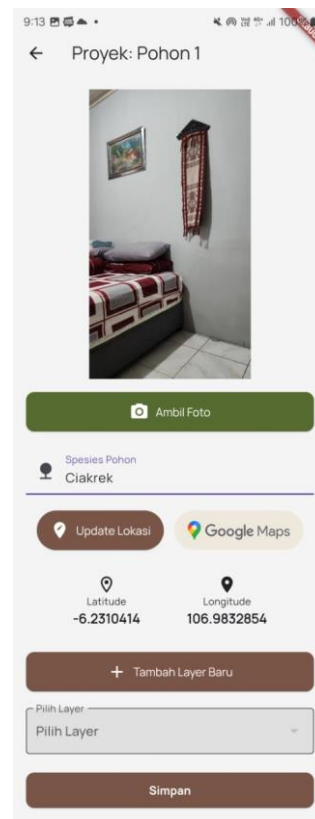


Gambar 12 Tampilan HomeScreen

b. ProjectScreen: digunakan untuk mengumpulkan data pohon, seperti spesies pohon, mengambil koordinat lokasi, dan mengambil foto pohon. Tampilan *ProjectScreen* dapat dilihat pada Gambar 13.



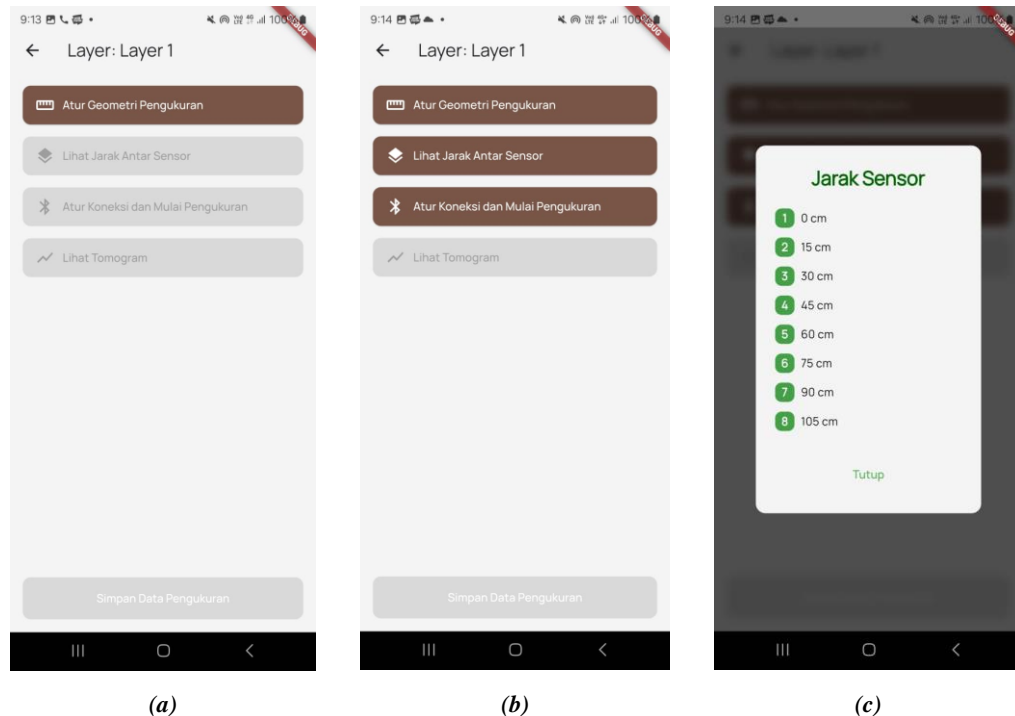
(a)



(b)

Gambar 13 Tampilan ProjectScreen (a) sebelum ada data dan (b) sesudah ada data

c. LayerHomeScreen: dirancang untuk memberikan navigasi pengelolaan data terkait *layer* dan pengukuran yang akan dilakukan, dengan tampilan seperti pada Gambar 14.



Gambar 14 Tampilan LayerHomeScreen (a) sebelum mengisi data geometri, (b) sesudah mengisi data geometri, dan (c) tampilan jarak sensor

Layar ini berperan sebagai pusat kendali bagi pengguna untuk melakukan berbagai tindakan seperti memasukkan data geometri *layer* pengukuran di batang pohon yang sedang diukur, melihat jarak pemasangan sensor di sekeliling batang pohon berdasarkan data geometri yang dimasukkan, navigasi ke layar pengukuran dan layar visualisasi, dan menyimpan data hasil pengukuran ke penyimpanan lokal HP pengguna.

d. GeometryScreen: merupakan layar dalam aplikasi yang dirancang untuk menerima masukan data geometri pengukuran *layer* batang pohon yang diukur. Data dari layar ini akan digunakan pada *LayerHomeScreen* dan *MeasurementScreen* untuk menampilkan jarak sensor dan melakukan perhitungan kecepatan. Tampilan *GeometryScreen* dapat dilihat pada Gambar 15.



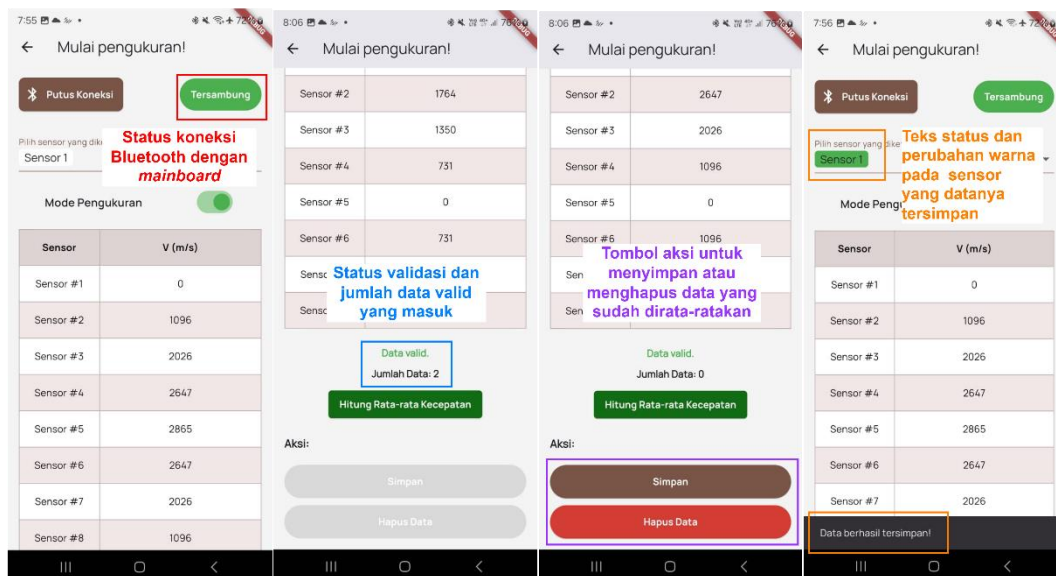
(a)



(b)

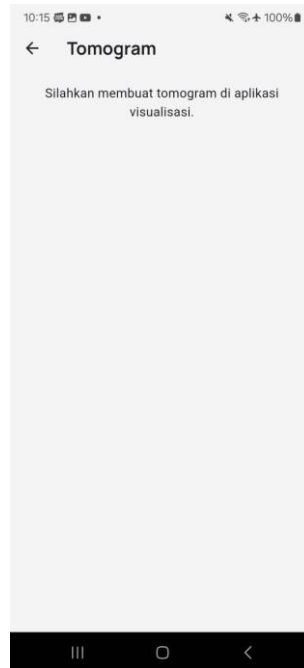
Gambar 15 Tampilan GeometryScreen (a) sebelum mengisi data dan (b) sesudah mengisi data

e. MeasurementScreen: merupakan layar aplikasi yang dirancang untuk menerima data ToF dan menampilkan hasil perhitungan kecepatan ke pengguna. Pengambilan data hanya dapat dilakukan setelah koneksi Bluetooth tersambung dengan *mainboard*. Untuk mempermudah pengambilan data, pengguna diberikan pilihan untuk menyimpan dan menghapus data yang sudah diterima. Penjelasan mengenai tampilan dan *feedback* pengukuran yang diberikan pada layar *MeasurementScreen* dapat dilihat pada Gambar 16.



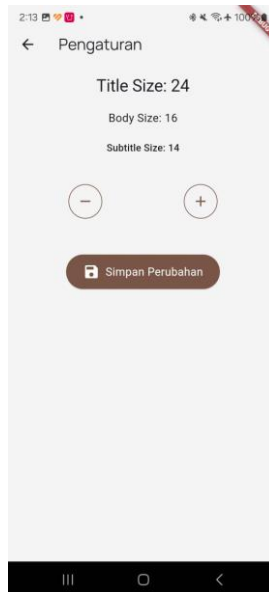
Gambar 16 Tampilan MeasurementScreen

f. TomogramScreen: *TomogramScreen* awalnya digunakan sebagai layar yang akan menampilkan gambar tomogram dari pengukuran yang dilakukan. Namun karena saat ini program visualisasi hanya dapat diimplementasikan di Laptop dan visualisasi dilakukan terpisah dari aplikasi, *TomogramScreen* untuk saat ini hanya menunjukkan teks bahwa pengguna sudah dapat melakukan visualisasi di program visualisasi, seperti yang terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Tampilan *TomogramScreen*

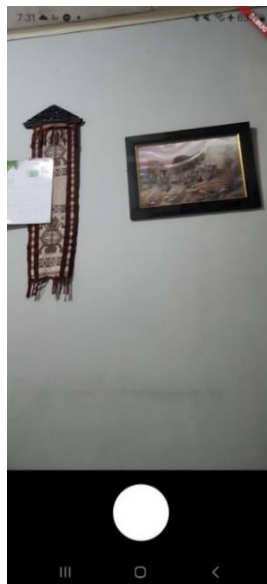
g. SettingsScreen: *SettingsScreen* adalah layar aplikasi yang berfungsi mengubah pengaturan ukuran font secara global. *Default* Font aplikasi ditentukan dengan mengikuti ukuran font normal pada mayoritas HP Android, yaitu 16. Pengaturan ini akan memengaruhi tiga ukuran font yang digunakan dalam teks pada aplikasi, yaitu *title size* dengan nilai *default* 24, *body size* dengan nilai *default* 16, dan *subtitle size* dengan nilai *default* 14. Pengaturan font juga dibatasi untuk memastikan tampilan komponen di aplikasi tidak berantakan. Batasan ukuran font adalah 10 (minimum) dan 36 (maksimum) untuk ukuran *body*. Tampilan *SettingsScreen* dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Tampilan SettingsScreen

2. Class untuk sublayar (Subscreen)

a. CameraScreen: *CameraScreen* adalah sublayar sementara yang digunakan untuk menampilkan *preview* kamera dan menangkap gambar sebagai bagian dari fitur *ProjectScreen*, dengan tampilan seperti pada Gambar 19. Layar ini muncul ketika pengguna menekan tombol “Ambil Gambar” di *ProjectScreen*. Setelah foto diambil, layar ini akan menutup dan kembali ke *ProjectScreen*.



Gambar 19 Tampilan CameraScreen

b. PairedDeviceScreen: sublayar yang menunjukkan perangkat yang sebelumnya sudah pernah *pairing* dengan HP, dengan tampilan seperti Gambar 20.

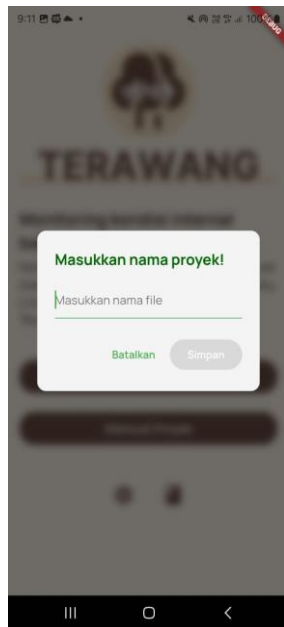


Gambar 20 Tampilan PairedDeviceScreen

Layar ini dipanggil dari *MeasurementScreen* dan akan langsung menutup ketika pengguna telah memilih perangkat yang ingin disambungkan.

3. Utility Class

a. InputDialog: merupakan *template* dialog untuk meminta masukan teks dari pengguna, dengan tampilan seperti pada Gambar 21.



(a)



(b)

Gambar 21 Tampilan input dialog (a) di atas HomeScreen dan (b) di atas ProjectScreen

b. FontSizeProvider: class penyedia data untuk pengaturan ukuran font di aplikasi, dengan pola desain Provider untuk memungkinkan perubahan ukuran font

diterapkan secara global tanpa harus mengubah langsung setiap widget yang menggunakan nilai tersebut.

c. Model dari Data Aplikasi

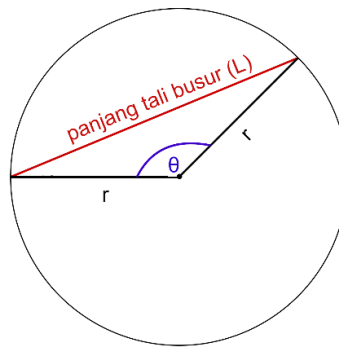
Pada aplikasi, terdapat sebuah file bernama `project_model.dart` yang isinya merupakan model data yang digunakan untuk merepresentasikan struktur data utama dalam aplikasi. File ini mendefinisikan tiga model kelas, yaitu *ProjectModel*, *LayerModel*, dan *SensorDataModel*, yang masing-masing digunakan agar data dapat dikelola secara modular.

III.3.B. Perhitungan Jarak Sensor

Jarak antara sensor dihitung berdasarkan konfigurasi geometris sensor yang dipasang pada batang pohon. Setiap sensor diposisikan secara melingkar dengan sudut antar sensor yang sama. Dengan asumsi bahwa lingkaran batang pohon yang diukur adalah lingkaran, jarak antar sensor adalah busur lingkaran yang dihitung dengan persamaan 2,

$$c = 2r \sin \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

dengan L merupakan jarak tali busur, r jari-jari lingkaran, dan θ sudut antara dua sensor seperti yang terlihat pada Gambar 22.



Gambar 22 Perhitungan tali busur lingkaran sebagai jarak antar sensor

Sudut antara sensor acuan dengan sensor lainnya dihitung dengan persamaan 3,

$$\theta = |i - \text{indeks sensor acuan}| \frac{2\pi}{\text{jumlah sensor}} \quad (3)$$

dengan i adalah indeks sensor yang nilainya akan dicari.

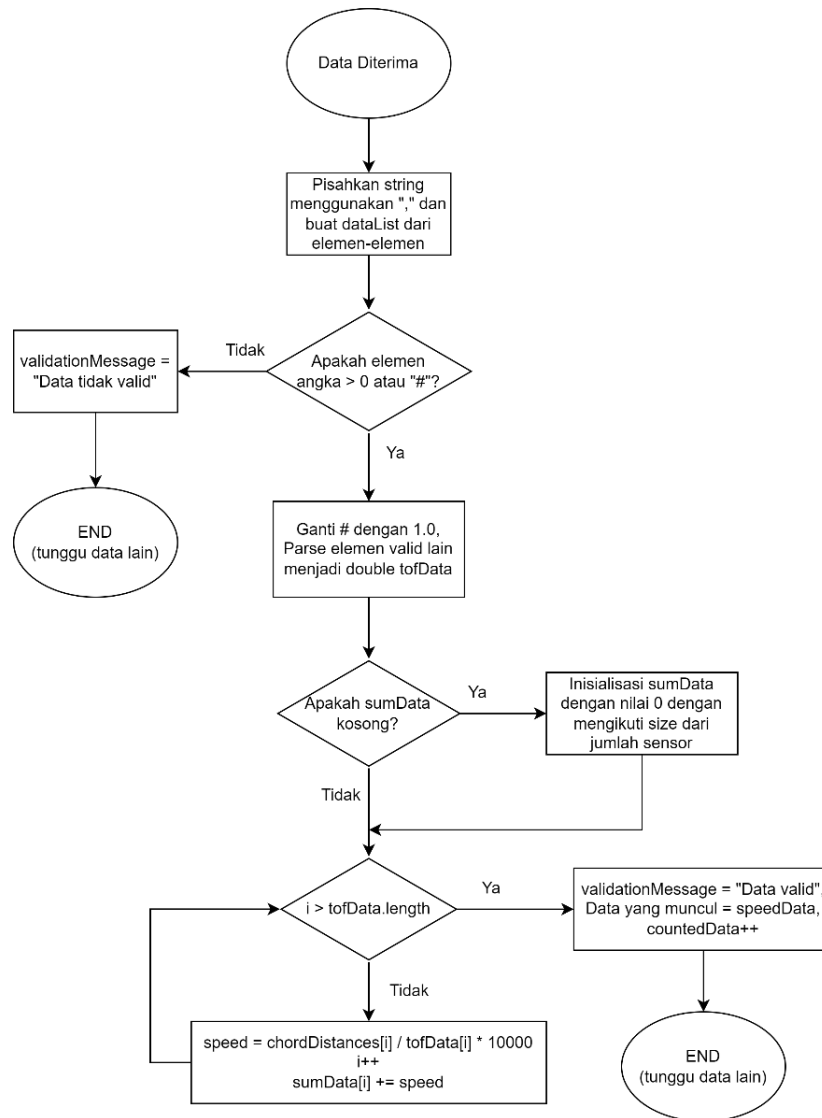
III.3.C. Pengolahan Data ToF

Pengiriman data dilakukan dengan menggabungkan nilai dari kedelapan sensor menjadi satu rangkaian kalimat, dengan menggunakan tanda koma (,) sebagai pemisah antar elemen dalam array, dan nilai ToF sensor acuan sebagai "#". Aplikasi

menerima data melalui koneksi Bluetooth, memisahkan setiap elemen, dan mengasosiasikan nilai ToF yang diterima dengan data sensor yang bersangkutan. Selanjutnya, kecepatan dihitung dengan membagi jarak tali busur antara pasangan sensor dengan nilai ToF yang terkait untuk masing-masing pasangan sensor tersebut. Karena data ToF yang dikirimkan dari *mainboard* memiliki satuan mikrosekond dan jarak yang dihitung memiliki satuan cm, perhitungan kecepatan dalam m/s lakukan dengan mengalikan hasil dengan 10000 seperti pers. (4).

$$Kecepatan = \frac{chordDistances[i]}{tofData[i]} \times 10000 \quad (4)$$

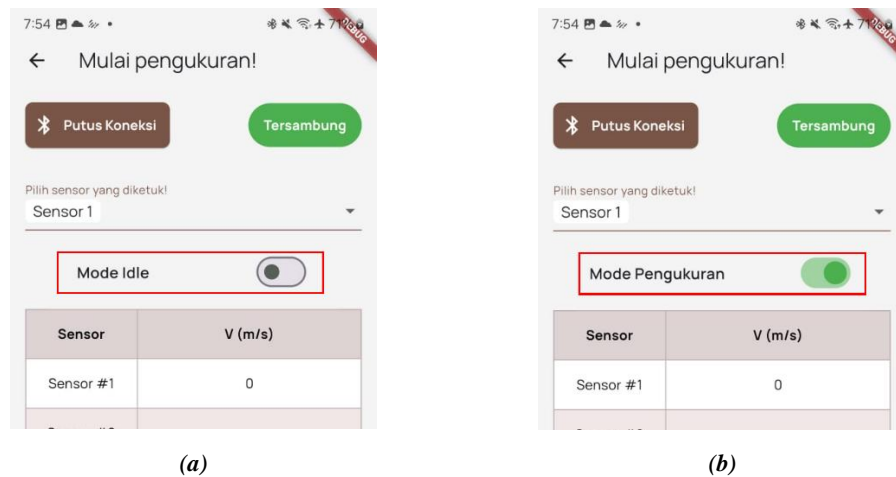
Data kecepatan yang diperoleh ditampilkan secara langsung di aplikasi dan akan dihitung rata-ratanya setelah pengukuran di sensor acuan selesai dilakukan. Gambar 23 menunjukkan diagram alir pengolahan data ToF ini.



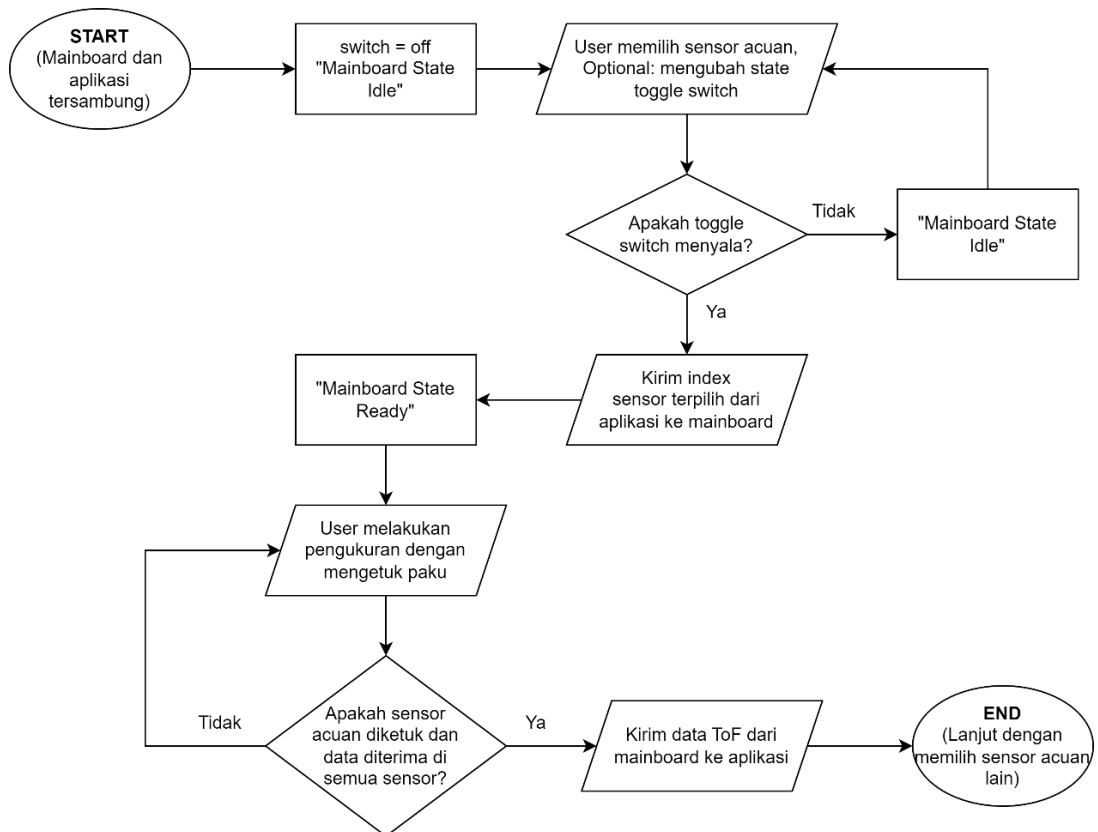
Gambar 23 Flowchart pengolahan data ToF

III.3.D. Pengiriman Data antara Aplikasi dan *Mainboard*

Agar data kecepatan dihitung dengan tepat, aplikasi dan *mainboard* melakukan komunikasi dua arah. Aplikasi mengirimkan nomor sensor yang akan diketuk ke *mainboard* dan *mainboard* mengirimkan data ToF hasil pengukuran ke aplikasi. Penyesuaian kondisi pengukuran pada *mainboard* dan aplikasi kemudian dilakukan dengan menggunakan *toggle button* yang terlihat pada Gambar 24 dengan diagram alir pengiriman data seperti Gambar 25.



Gambar 24 Tampilan saat toggle button (a) mati dan (b) menyala



Gambar 25 Diagram alir pengiriman data antara aplikasi dan mainboard

III.4. Hasil Implementasi

Pengujian dilakukan dengan mengunggah aplikasi ke beberapa tipe HP Android.

III.4.A. Pengaturan Font

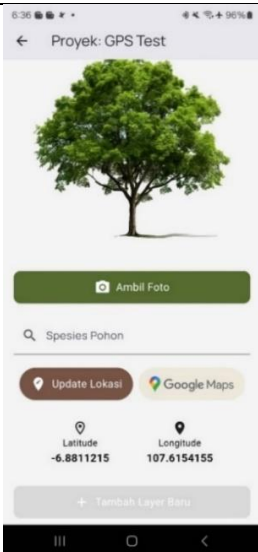

Pengujian pengaturan font dilakukan dengan mengubah font pada SettingScreen, seperti yang terlihat pada Tabel 3. Aplikasi mampu menetapkan perubahan font pada semua layar aplikasi sesuai masukan pengguna.

Tabel 3 Pengujian pengaturan font

Ukuran	Tampilan di Aplikasi	Ukuran	Tampilan di Aplikasi
Font Body: 12		Font Body: 20	

III.4.B. Lokasi dan Google Maps

Tabel 4 Pengujian lokasi

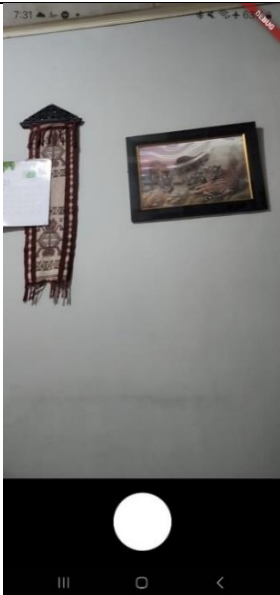
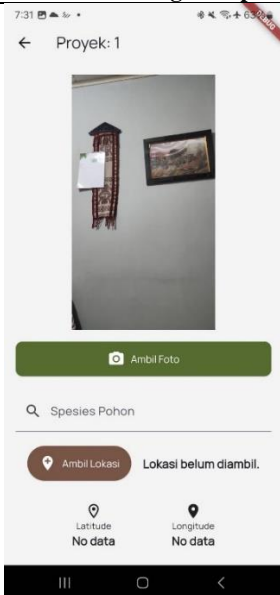
Tipe HP	Koordinat	Lokasi di Google Maps
Samsung S22 Ultra (Android 14)		

Untuk mendapatkan lokasi dengan akurasi yang tinggi, lokasi didapatkan dengan mengambil koordinat latitude dan longitude yang diperoleh secara langsung melalui GPS HP pengguna. Verifikasi lokasi dilakukan dengan memanfaatkan fitur *button* yang mengarahkan pengguna ke Google Maps berdasarkan koordinat yang didapatkan, dengan hasil seperti pada Tabel 4. Pengujian juga telah dilakukan pada HP Oppo A5 2020 (Android 11) dan HP Poco M4 Pro (Android 13). Ketiga pengujian menunjukkan bahwa kamera telah berfungsi dengan baik dan terverifikasi fungsinya.

III.4.C. Kamera

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian fungsi kamera.

Tabel 5 Pengujian kamera

Tipe HP	Koordinat	Lokasi di Google Maps
Samsung S22 Ultra (Android 14)		

Pengujian yang sama juga dilakukan di HP Oppo A5 2020 (Android 11) dan HP Samsung A25 (Android 14) dan kamera sudah berfungsi dengan baik untuk menunjukkan *preview* dan memunculkan hasil foto.

III.4.D. Koneksi Bluetooth

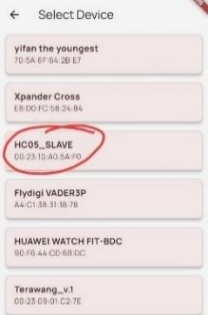
Pengujian koneksi Bluetooth dilakukan dengan melakukan koneksi dengan dua buah Bluetooth HC-05 yang terkoneksi dengan mikrokontroler, seperti pada Gambar 26.



Gambar 26 Pengujian dengan menggunakan HC-05 yang tersambung dengan Arduino Uno

Hasil pengujian dapat dilihat di Tabel 6.

Tabel 6 Pengujian koneksi Bluetooth

Device	Tampilan di Aplikasi	Keterangan	Device	Tampilan di Aplikasi	Keterangan
HC-05 1 (terkoneksi dengan Arduino Uno)			HC-05 2 (terkoneksi dengan Teensy 4.1)		

Pengujian yang dilakukan membuktikan bahwa aplikasi sudah dapat melakukan koneksi Bluetooth dengan HC-05.

III.4.E. Perhitungan Jarak

Pengujian perhitungan jarak dilakukan dengan melakukan koneksi Bluetooth dengan Arduino Uno yang tersambung dengan HC-05 dan mengirimkan data melalui serial monitor. Untuk memastikan bahwa perhitungan jarak sudah benar, data yang dikirimkan adalah satu untuk setiap sensor.

Input: 1,1,1,1,1,1,1 (nilai # untuk sensor acuan)

Output yang muncul dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Pengujian perhitungan jarak dengan keliling lingkaran batang 120 cm

Sensor Acuan	Sensor Tujuan				
	1	3	5	6	8
1	0	27.01	38.20	35.29	14.62
2	14.62	14.62	35.29	38.20	27.01
3	27.01	0	27.01	35.29	35.29
4	35.29	14.62	14.62	27.01	38.20
5	38.2	27.01	0	14.62	35.29
6	35.29	35.29	14.62	0	27.01
7	27.01	38.20	27.01	14.62	14.62
8	14.62	35.29	35.29	27.01	0

Hasil perhitungan jarak sudah berhasil terverifikasi dengan benar.

III.4.F. Pengolahan Data ToF Menjadi Kecepatan

Pengujian validasi dan perhitungan kecepatan dilakukan dengan mengirim data yang bervariasi untuk memproses validasi data. Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian perhitungan kecepatan.

Tabel 8 Pengujian perhitungan kecepatan dengan keliling lingkaran batang 120 cm

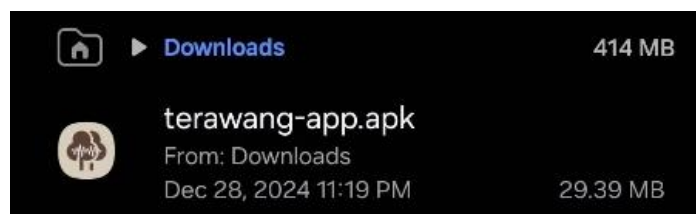
Input	Hasil Pengukuran		Input	Hasil Pengukuran 1	
	Sensor	Nilai		Sensor	Nilai
100,200,300,#,500,,700,800	1	Data tidak Valid.	100,200,300,#,500,600,700,800	1	3529
	2			2	1350
	3			3	487
	4			4	0
	5			5	292
	6			6	450
	7			7	504
	8			8	477
Input	Hasil Pengukuran		Input	Hasil Pengukuran 2	
	Sensor	Nilai		Sensor	Nilai
100,200,300,#,500,0,700,800	1	Data tidak Valid.	50,100,150,#,250,300,350,400	1	7058
	2			2	2701
	3			3	974

	4			4	0
	5			5	585
	6			6	900
	7			7	1008
	8			8	955
<i>Input</i>	Hasil Pengukuran 3		<i>Input</i>	Perhitungan Rata-rata	
	<i>Sensor</i>	<i>Nilai</i>		<i>Sensor</i>	<i>Nilai</i>
110,120,130,#,150,160,170,180	1	3208	“Hitung Rata-rata Kecepatan”	1	4598
	2	2251		2	2101
	3	1124		3	862
	4	0		4	0
	5	974		5	617
	6	1688		6	1013
	7	2076		7	1196
	8	2122		8	1185

Berdasarkan hasil pengujian, pemrosesan dan perhitungan kecepatan sudah terverifikasi dengan benar.

III.4.G. Instalasi Aplikasi Melalui APK


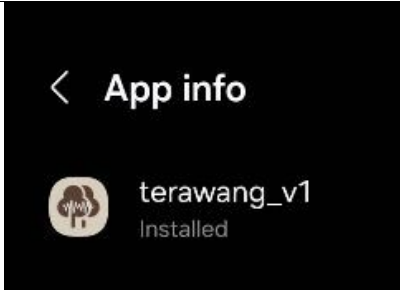
Pengujian aplikasi (versi *release*) dilakukan dengan mengunduh aplikasi secara manual dari file APK Terawang yang terlihat seperti Gambar 27,



Gambar 27 File APK Terawang

dengan hasil instalasi yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Pengujian instalasi APK

Device	Tampilan Icon	Keterangan
Samsung S22 Ultra (Android 14)		

Instalasi juga dilakukan pada HP Oppo A5 2020 (Android 11), HP Poco M4 Pro (Android 13), HP Samsung A25 (Android 14) dan aplikasi sudah berhasil diunduh.

BAB IV ANALISIS HASIL TUGAS AKHIR

IV.1. Hasil Tugas Akhir

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, subsistem aplikasi yang dibuat telah mampu memenuhi tujuan utama pelaksanaan tugas akhir, yaitu desain dan implementasi aplikasi seluler untuk alat monitoring kondisi internal batang pohon menggunakan Acoustic Tomography dengan Flutter. Subsistem ini berhasil memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan, yaitu Tampilan Hasil Pengukuran. Aplikasi yang dikembangkan memastikan teks hasil pengukuran dapat dibaca dengan jelas pada jarak 41–46 cm, karena adanya fitur pengaturan ukuran font yang memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam menyesuaikan tampilan teks sesuai dengan kebutuhan. Namun, karena implementasi proses visualisasi sampai saat ini masih terpisah dari aplikasi seluler, gambar hasil visualisasi tomogram tidak ditampilkan di aplikasi seluler sehingga fitur memperbesar (*zoom*) gambar tomogram di dalam aplikasi beserta fitur pengunduhan gambar tomogram belum diimplementasikan.

Selain itu, aplikasi yang dibuat mampu memfasilitasi proses pengukuran menggunakan alat *Acoustic Tomography* melalui koneksi Bluetooth dengan *mainboard*, memungkinkan komunikasi dua arah dengan mengirimkan nomor sensor yang dipilih pengguna dan menerima data ToF hasil ketukan yang dilakukan pengguna. Data ToF yang dikirimkan secara nirkabel juga berhasil diolah oleh aplikasi menjadi data sebaran kecepatan gelombang akustik di batang pohon bersamaan dengan informasi pohon yang dimasukkan pengguna. Data kecepatan tersebut selanjutnya digunakan oleh perangkat lunak visualisasi untuk menghasilkan tomogram yang merepresentasikan kondisi internal batang pohon, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi mengenai struktur internal batang pohon yang sedang dianalisis. Aplikasi juga berhasil melakukan berbagai fitur tambahan untuk mendukung kemudahan proses pengukuran, seperti fitur pencarian spesies pohon, fitur pengambilan koordinat GPS lokasi, fitur mengarahkan pengguna ke Google Maps berdasarkan data lokasi yang diambil, dan fitur pengambilan foto pohon menggunakan kamera.

IV.2. Pengetahuan yang Diperoleh

Dalam proses pelaksanaan tugas akhir ini, pengetahuan baru mengenai berbagai metode untuk melakukan monitoring kondisi kesehatan batang pohon telah diperoleh. Beberapa di antaranya adalah *Penetrating Radar*, *Acoustic Tomography*, *Electrical Resistivity Tomography*, *Infrared Tomography*, dan *Resistograph*, yang masing-masing memiliki prinsip kerja dan aplikasi berbeda dalam mendeteksi perubahan struktur internal pohon. Pemahaman ini memberikan pengetahuan mengenai pendekatan nondestruktif dalam analisis kondisi pohon. Selain itu, penulis juga memperoleh pemahaman mendalam telah didapatkan mengenai proses pengembangan aplikasi seluler, mulai dari tahap perancangan antarmuka menggunakan Figma, implementasi menggunakan Flutter, hingga pengujian langsung pada perangkat Android. Proses yang dilakukan mencakup pengujian fungsionalitas aplikasi, optimasi fitur pada berbagai perangkat Android, serta pembuatan file APK untuk distribusi lebih lanjut dan memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik di berbagai perangkat. Selama proses pembuatan aplikasi ini, penulis juga memperoleh pengetahuan baru terkait bahasa pemrograman Dart, seperti teknik pemrograman, pengembangan kode, serta peningkatan kemampuan berpikir komputasional melalui praktik langsung selama masa implementasi aplikasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Secara keseluruhan, hasil dari desain dan implementasi dari Aplikasi untuk alat *Acoustic Tomography* menggunakan Flutter menunjukkan bahwa aplikasi sudah berfungsi sesuai target perancangan, yang dapat menerima masukan yang diberikan oleh pengguna kemudian menampilkannya kembali di layar, melakukan fungsi utama aplikasi seperti pengaturan font sehingga memenuhi spesifikasi produk yaitu tampilan hasil pengukuran dapat dibaca pada jarak 41-46 cm, dapat mengambil foto pohon dengan kamera, mengambil koordinat lokasi dan membuka Google Maps, melakukan koneksi Bluetooth dengan *mainboard* alat tomografi, menghitung jarak dan kecepatan dengan benar, dan berhasil diunduh ke HP dari bentuk file APK.

V.2. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, integrasi antara aplikasi dengan subsistem visualisasi dapat menjadi fokus utama agar pengguna dapat memperoleh hasil monitoring kondisi internal batang pohon secara keseluruhan dalam satu platform. Jika aplikasi perhitungan kecepatan dan program visualisasi dapat diimplementasikan, perlu dipertimbangkan untuk menambahkan data densitas spesies pohon sebagai referensi kecepatan di pohon sehat untuk menaikkan akurasi visualisasi. Selain itu, pengembangan lebih lanjut disarankan untuk mencakup dukungan pada sistem operasi iOS agar aplikasi dapat digunakan oleh pengguna yang menggunakan perangkat iOS. Diperlukan optimasi dan pengujian tambahan untuk memastikan kompatibilitas dan kinerja aplikasi tetap stabil pada ekosistem iOS.

REFERENSI

- [1] D. J. Nowak, D. E. Crane, and J. C. Stevens, "Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 4, no. 3–4, pp. 115–123, Feb. 2006, doi: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.
- [2] L. Tyrväinen, S. Pauleit, K. Seeland, and S. De Vries, "Benefits and uses of urban forests and trees," in *Springer eBooks*, 2005, pp. 81–114. doi: 10.1007/3-540-27684-x_5.
- [3] A. K. Buza, B. Goncz, J. Bodig, and A. Act, "Comparison of Trees and NDT Methods," *Wood Research*, vol. 60, no. 1, pp. 45–58, Jan. 2015, [Online]. Available: <http://www.centrumdp.sk/wr/201501/05.pdf>
- [4] E. Gülcüoğlu, A. B. Ustun, and N. Seyhan, "Comparison of flutter and React native platforms," *Journal of Internet Applications and Management*, Dec. 2021, doi: 10.34231/iuyd.888243.
- [5] F. Cheng, *Flutter Recipes: mobile development solutions for iOS and Android*. 2019, doi: 10.1007/978-1-4842-4982-6
- [6] V. Bucur, *Urban Forest Acoustics*. 2006. doi: 10.1007/3-540-30789-3.
- [7] E.-C. Leong, D. C. Burcham, and Y.-K. Fong, "A purposeful classification of tree decay detection tools," *Arboricultural Journal*, vol. 34, no. 2, pp. 91–115, Jun. 2012, doi: 10.1080/03071375.2012.701430.
- [8] R. B. Allison, X. Wang, and C. A. Senalik, "Methods for nondestructive testing of urban trees," *Forests*, vol. 11, no. 12, p. 1341, Dec. 2020, doi: 10.3390/f11121341.

DAFTAR LAMPIRAN

- Video prototype awal UI di Figma:
<https://youtu.be/PE-C8-Ya1lM>
- Kode aplikasi mobile Terawang:
https://github.com/ciaohanmarker/terawang_v1
- File APK aplikasi mobile terawang:
bit.ly/DownloadTerawang