

PENGEMBANGAN FRONT END APLIKASI TRACKER ITB ULTRA-MARATHON

Proposal Tugas Akhir

Oleh

Dinda Thalia Fahira
18222055



**PROGRAM STUDI SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Desember 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN FRONT END APLIKASI TRACKER ITB ULTRA-MARATHON

Proposal Tugas Akhir

Oleh

Dinda Thalia Fahira
18222055

Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung

Proposal Tugas Akhir ini telah disetujui dan disahkan
di Bandung, pada tanggal 5 Desember 2025

Pembimbing

Riza Satria Perdana, S.T, M.T.
NIP. 197006091995121002

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR KODE	vi
I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Batasan Masalah	3
I.5 Metodologi	3
II STUDI LITERATUR	5
II.1 Ultra-Marathon	5
II.1.1 ITB Ultra-Marathon	5
II.2 <i>Tracker</i>	7
II.3 Konsep Dasar <i>Front End Development</i>	8
II.4 Pendekatan <i>User centered design</i>	9
III ANALISIS MASALAH	10
III.1 Analisis Kondisi Saat Ini	10
III.2 Analisis Kebutuhan	12
III.2.1 Identifikasi Masalah Pengguna	12
III.2.2 Kebutuhan Fungsional	13
III.2.3 Kebutuhan Nonfungsional	14
III.3 Analisis Pemilihan Solusi	15
III.3.1 Alternatif Solusi	15
III.3.2 Analisis Penentuan Solusi	17
IV DESAIN KONSEP SOLUSI	19
IV.1 Rancangan Umum Sistem	19
IV.2 Pemodelan Fungsional Sistem	20
V RENCANA SELANJUTNYA	21
V.1 Rencana Implementasi	21
V.1.1 Persiapan Lingkungan Pengembangan	21

V.1.1.1	Alat dan Bahan yang Diperlukan	21
V.1.1.2	Konfigurasi Lingkungan	22
V.2	Desain Pengujian dan Evaluasi	22
V.2.1	Metode Pengujian	22
V.2.2	Kriteria Evaluasi	22
V.3	Analisis Risiko dan Mitigasi	23

DAFTAR GAMBAR

II.1	Rute ITB Ultra-Marathon 2025	6
------	--	---

DAFTAR TABEL

II.1	Kategori Lomba ITB Ultra-Marathon	7
III.1	Analisis Kondisi Saat Ini	10
III.2	Kebutuhan Fungsional <i>Front End</i>	13
III.3	Kebutuhan Non-Fungsional <i>Front End</i>	15
III.4	<i>Feasibility Study</i>	17

DAFTAR KODE

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ultra-Marathon merupakan salah satu cabang olahraga lari jarak jauh yang semakin populer dalam beberapa tahun terakhir (Ronto 2024). Tren ini terlihat pada peningkatan jumlah peserta ITB Ultra-Marathon yang terus bertambah sejak pertama kali diselenggarakan pada tahun 2017 (Hafizh 2025). Seiring dengan meningkatnya partisipasi, kebutuhan akan sistem pelacakan pelari menjadi semakin penting. Sistem pelacakan berperan dalam menjaga keselamatan peserta, memonitor performa, serta meningkatkan pengalaman pengguna melalui penyajian informasi yang interaktif (Hochreiter 2024).

Dalam konteks ITB Ultra-Marathon, sistem pelacakan dibutuhkan untuk memantau posisi pelari secara individu maupun kelompok. Melalui sistem ini, panitia dan tim support dapat mengetahui lokasi pelari secara *real-time*, termasuk informasi seperti jarak tempuh, waktu, serta elevasi lintasan. Data tersebut sangat penting untuk mendukung proses penjemputan dan pengantaran peserta di titik-titik tertentu sepanjang rute marathon. Selain meningkatkan koordinasi, keberadaan sistem pelacakan juga berkontribusi pada keamanan dan kenyamanan peserta selama perlombaan berlangsung.

Sebagai solusi dari kebutuhan tersebut, diusulkan pengembangan aplikasi pelacak khusus untuk kegiatan ITB Ultra-Marathon. Aplikasi ini difokuskan pada penyajian visualisasi data posisi pelari yang informatif, intuitif, dan mudah diakses oleh panitia, tim support, maupun peserta. Bagian *front end* memiliki peran penting sebagai antarmuka utama pengguna, sehingga rancangan antarmuka harus mampu menyampaikan informasi secara jelas dan efektif (Caselli dan Ferreira 2018).

Pengembangan antarmuka pada tugas akhir ini menggunakan pendekatan *user cen-*

tered design (UCD), yaitu metode perancangan yang menempatkan kebutuhan dan karakteristik pengguna sebagai dasar dari seluruh proses desain (Abrams, Maloney-Krichmar, Preece, dkk. 2004). Dengan menerapkan pendekatan ini, aplikasi yang dikembangkan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan panitia, tim support, dan peserta ITB Ultra-Marathon.

I.2 Rumusan Masalah

Saat ini belum tersedia aplikasi yang secara khusus digunakan untuk melakukan pelacakan peserta pada kegiatan ITB Ultra-Marathon. Ketiadaan sistem pelacakan ini menyebabkan pengalaman peserta dan tim support menjadi kurang optimal, karena posisi pelari tidak dapat dipantau secara *real-time* sehingga menghambat proses koordinasi selama marathon. Dari sisi pengembangan sistem, dibutuhkan perancangan antarmuka yang sesuai dengan kebutuhan pengguna agar aplikasi dapat berfungsi secara efektif serta memberikan pengalaman penggunaan yang baik.

Berdasarkan kondisi tersebut, rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengembangkan *front end* aplikasi *tracker* ITB Ultra-Marathon dengan menggunakan pendekatan *user centered design*?
2. Bagaimana *front end* aplikasi yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan fungsional dan teknis dari sisi *back end*?

Aplikasi yang dirancang diharapkan mampu menjadi solusi yang memfasilitasi proses pelacakan peserta secara efisien dan *real-time*, sehingga dapat membantu panitia dan tim support dalam memantau serta mengoordinasikan peserta selama penyelenggaraan ITB Ultra-Marathon.

I.3 Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengembangkan *front end* aplikasi *tracker* ITB Ultra-Marathon dengan menerapkan pendekatan *user-centered design*. Melalui pendekatan tersebut, pengembangan diarahkan untuk menghasilkan antarmuka yang intuitif, informatif, serta mampu memenuhi kebutuhan panitia, tim, dan peserta dalam proses pelacakan peserta secara *real-time* selama kegiatan berlangsung.

Untuk memastikan bahwa tujuan pengembangan *front end* aplikasi *tracker* ITB Ultra-Marathon dapat tercapai secara optimal, diperlukan sejumlah indikator yang dapat digunakan untuk menilai keberhasilan hasil pengembangan. Adapun kriteria keber-

hasilan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Kesesuaian dengan kebutuhan pengguna
Antarmuka yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan informasi dan alur penggunaan bagi panitia, tim *support*, dan peserta sesuai hasil analisis kebutuhan.
2. Kemudahan penggunaan (*usability*)
Pengguna dapat memahami alur navigasi dan membaca informasi pelacakan dengan mudah berdasarkan hasil pengujian *usability*.
3. Visualisasi data pelacakan yang jelas dan *real-time*
Informasi seperti posisi peserta, jarak tempuh, dan waktu dapat ditampilkan dengan akurat, mudah dipahami, dan responsif.
4. Responsivitas dan konsistensi tampilan
Tampilan antarmuka berfungsi dengan baik pada berbagai perangkat, terutama desktop dan mobile, serta menjaga konsistensi desain sesuai prinsip *UCD*.
5. Integrasi *front end* dan *back end* yang efektif
Front end mampu menampilkan data dari API tanpa gangguan signifikan, sehingga proses pelacakan dapat dilakukan secara lancar.

I.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah dan fokus, penelitian ini dibatasi oleh beberapa ruang lingkup sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini dikerjakan secara berkelompok yang terdiri dari 2 orang mahasiswa, yaitu Dinda Thalia Fahira (NIM 18222055) dan Justin Lawrance (NIM 18222006). Adapun pembagian fokus dari kedua mahasiswa tersebut adalah Thalia fokus pada bagian *front end* aplikasi dan Justin fokus pada bagian *back end* aplikasi.
2. Pengembangan aplikasi *tracker* ini dibatasi untuk kebutuhan kegiatan ITB Ultra-Marathon dan tidak mencakup implementasi di luar lingkungan ITB atau skala kegiatan ultra marathon lainnya.

Batasan masalah ini ditetapkan untuk memastikan bahwa proses penelitian dan pengembangan berjalan sesuai ruang lingkup yang ditentukan, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan dengan baik.

I.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan adalah *Software Development Life Cycle (SDLC)* model iteratif. *SDLC* merupakan serangkaian tahapan sistematis untuk merancang, mem-

bangun, menguji, dan memelihara perangkat lunak agar sesuai dengan kebutuhan pengguna (Pressman dan Maxim 2014). Model iteratif dipilih karena memungkinkan revisi berkelanjutan berdasarkan hasil evaluasi tiap siklus (Okesola dkk. 2020).

Tahapan model iteratif dalam pengembangan *front end* aplikasi *tracker* ITB Ultra-Marathon meliputi:

1. Perencanaan dan Analisis Kebutuhan

Tahap ini mencakup diskusi internal dan studi literatur mengenai sistem pelacakan, metode pengembangan perangkat lunak, serta prinsip desain antarmuka. Analisis kebutuhan dilakukan melalui identifikasi karakteristik pengguna, kebutuhan fungsional dan non-fungsional, serta ruang lingkup sistem.

2. Perancangan Desain Antarmuka

Pada tahap ini diterapkan pendekatan *user-centered design*. Proses perancangan mencakup penyusunan struktur halaman, pemilihan elemen visual, dan perancangan alur interaksi agar antarmuka mudah dipahami dan digunakan.

3. Implementasi

Desain antarmuka diimplementasikan menjadi komponen fungsional menggunakan teknologi *front end*. Antarmuka kemudian diintegrasikan dengan *back end* melalui API agar data dapat ditampilkan secara *real-time*.

4. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan antarmuka berjalan dengan baik. Aspek yang diuji meliputi fungsionalitas, konsistensi tampilan, responsivitas, dan kemudahan penggunaan.

5. Evaluasi

Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil pengujian dan umpan balik pengguna. Temuan pada tahap ini menjadi dasar untuk penyempurnaan pada iterasi berikutnya.

Dengan menerapkan model iteratif dalam SDLC, proses pengembangan *front end* aplikasi *tracker* ITB Ultra-Marathon diharapkan berlangsung secara sistematis dan adaptif sehingga menghasilkan antarmuka yang fungsional, konsisten, dan mudah digunakan.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1 Ultra-Marathon

Ultra-marathon adalah cabang olahraga lari jarak jauh yang menempuh jarak lebih dari jarak marathon standar, yaitu sepanjang 42,195 kilometer. *Event ultra-marathon* dapat berupa lari dengan jarak tetap misalnya 50 km, 100 km, atau lebih. Selain itu bisa juga berbasis pada waktu, misalnya 6 jam, 12 jam, atau 24 jam, di mana pelari menempuh jarak sejauh mungkin dalam waktu yang ditentukan (Scheer dkk. 2020). *Ultra-marathon* sendiri menuntut pelari memiliki ketahanan fisik dan mental yang luar biasa, serta memerlukan strategi *pacing* dan manajemen energi yang tepat selama kompetisi marathon berlangsung.

Berbeda dengan marathon biasanya, *ultra-marathon* seringkali melibatkan medan yang lebih menantang seperti gunung, *trail*, atau kombinasi berbagai jenis permukaan. Faktor lingkungan seperti elevasi, cuaca ekstrem, dan durasi *event* yang panjang menjadikan aspek keselamatan dan *monitoring* peserta sebagai prioritas utama dalam penyelenggaraan *event* ini (Hoffman dan Fogard 2011).

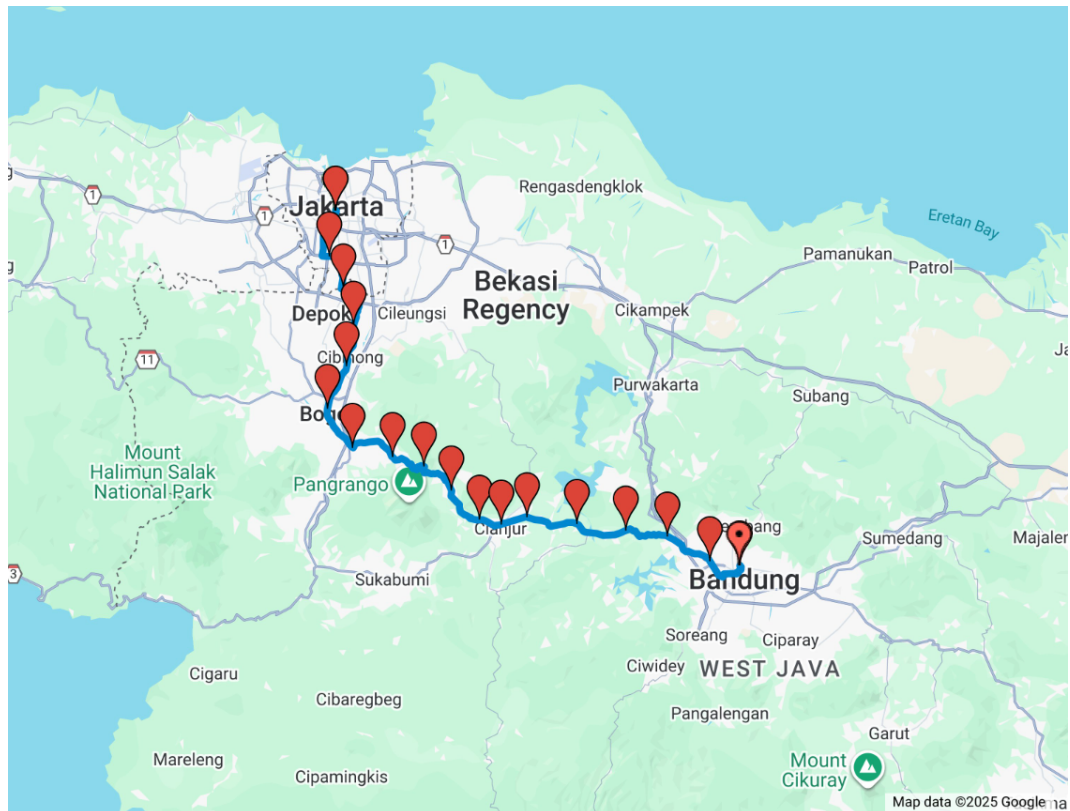
Oleh karena itu, sistem pendukung untuk komunikasi dan pelacakan menjadi sesuatu yang diperlukan dalam operasional *ultra-marathon*. Kebutuhan ini tidak hanya terbatas pada panitia, tetapi juga dibutuhkan oleh tim *support* dan keluarga pelari agar dapat memantau dan memberikan dukungan secara tepat dan efisien sepanjang marathon berlangsung.

II.1.1 ITB Ultra-Marathon

ITB Ultra-Marathon adalah *event* lari jarak ultra yang diselenggarakan oleh Komisariat ITB Ultra dan Ikatan Alumni Institut Teknologi Bandung. *Event* ini pertama kali diadakan pada tahun 2017 dan telah menjadi ajang tahunan yang menarik perhatian

pelari dari berbagai kalangan. ITB Ultra-Marathon diinisiasi bersama oleh ITB dan Yayasan Solidarity Forever, acara ini konsisten memperkuat ikatan antara sivitas akademika, alumni, beserta keluarga. *Event* ini juga menjadi simbol kontribusi ITB dalam memajukan olahraga daya tahan (*endurance sport*) serta menyuarakan nilai persatuan dalam keberagaman. Berbeda dengan marathon pada umumnya, *event* ini menempuh jarak yang jauh lebih panjang, yaitu sepanjang 180 kilometer, dengan rute yang menantang dari Jakarta dan berakhir di Kampus Ganesha ITB, Bandung.

Gambar II.1 merupakan visualisasi rute ITB Ultra-Marathon 2025 yang membentang dari Jakarta menuju Kampus Ganesha ITB, Bandung. Rute sepanjang sekitar 180 kilometer ini melewati berbagai kota dan wilayah seperti Jakarta, Bogor, Puncak, Cianjur, Padalarang, dan Cimahi sebelum akhirnya memasuki Kota Bandung. Setiap titik penanda pada peta menunjukkan lokasi-lokasi penting yang dilewati oleh peserta, yang mencerminkan karakteristik rute yang beragam mulai dari kawasan perkotaan, perbukitan, hingga area pegunungan. Visualisasi ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kompleksitas medan yang harus dilalui serta menegaskan tantangan fisik yang dihadapi pelari dalam ajang *ultra-marathon* ini.



Gambar II.1 Rute ITB Ultra-Marathon 2025

Selain jaraknya yang ekstrem, ITB Ultra-Marathon juga terkenal dengan sistem *relay*-nya. Sistem *relay* ini berfungsi untuk mengakomodasi berbagai tingkat keahlian dan stamina peserta, sekaligus menyoroti pentingnya kerja sama tim serta strategi pembagian beban untuk berhasil mencapai garis *finish*. Berikut ini merupakan pembagian kategori peserta pada ITB Ultra-Marathon.

Tabel II.1 Kategori Lomba ITB Ultra-Marathon

Kategori	Jumlah Pelari	Jarak Total / Jarak Per Pelari
Individu	1	≈ 180 km
Relay 2	2	≈ 90 km
Relay 4	4	≈ 45 km
Relay 8	8	≈ 22 km
Relay 16	16	≈ 11 km

Secara umum, kategori lomba pada ITB Ultra-Marathon dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu Individu dan *Relay*. Kategori *Relay* menawarkan empat format berbeda yang didasarkan pada jumlah anggota tim, yaitu tim yang terdiri dari 2 orang, 4 orang, 8 orang, atau 16 orang. Pembagian total jarak tempuh 180 kilometer akan menyesuaikan secara proporsional dengan banyaknya anggota tim, memastikan setiap pelari dalam tim *relay* menempuh jarak yang telah ditentukan.

Tidak hanya pelari, penyelenggaraan ITB Ultra-Marathon juga melibatkan panitia penyelenggara, tim *support*, dan keluarga dari peserta *marathon*. Maka dari itu, koordinasi menjadi tantangan tersendiri mengingat *event* berlangsung selama berjam-jam dengan rute yang panjang dan melibatkan banyak *checkpoint*. Sistem pelacakan yang efektif menjadi kebutuhan penting untuk mendukung koordinasi, memastikan keselamatan peserta, dan memberikan informasi *real-time* kepada seluruh pihak yang

II.2 Tracker

Tracker atau sistem pelacakan adalah teknologi yang digunakan untuk memantau dan merekam posisi, pergerakan, atau status suatu objek secara *real-time* atau periodik. Dalam konteks ajang *ultra-marathon*, sistem pelacakan memegang peranan penting untuk memastikan keselamatan peserta, *monitoring* performa, dan koordinasi panitia. Sistem pelacakan ini berfungsi untuk memantau lokasi pelari, kecepatan, jarak tempuh, dan metrik performa lainnya (Baca dkk. 2009). Selain aspek teknis, penggunaan *tracker* juga mempengaruhi pengalaman psikologis pelari. Dengan akses *real-time* terhadap data performa mereka, pelari dapat menyesuaikan strategi

selama lomba, mengatur ritme, dan menetapkan target yang realistis (Karahanoğlu dkk. 2021). Data ini tidak hanya membantu pelari dalam perencanaan fisik, tetapi juga meningkatkan motivasi dan rasa kontrol terhadap pencapaian mereka. Lebih jauh, sistem pelacakan memungkinkan panitia untuk melakukan intervensi cepat jika terjadi kondisi darurat, sehingga keselamatan peserta tetap terjaga. Dengan demikian, *tracker* berperan ganda, baik sebagai alat evaluasi performa maupun sebagai penunjang keselamatan dan pengalaman psikologis peserta.

Sistem *tracking* modern umumnya memanfaatkan teknologi *GPS* (*Global Positioning System*) yang terintegrasi dengan perangkat *mobile* untuk memberikan data lokasi dengan akurasi tinggi. *GPS* adalah sistem navigasi berbasis satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat dan kini telah menjadi teknologi global yang dapat diakses secara bebas untuk keperluan sipil (El-Rabbany 2002). Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan jaringan satelit yang mengorbit bumi untuk menentukan posisi geografis suatu objek berdasarkan perhitungan trilaterasi dari sinyal yang diterima oleh *receiver GPS* (Kaplan dan Hegarty 2017). Dalam penerapan untuk *event ultra-marathon*, *GPS tracking* menghadapi tantangan khusus seperti konsumsi baterai yang tinggi untuk *monitoring* kontinu selama berjam-jam, variasi akurasi di berbagai medan (*trail*, hutan, gunung), serta ketergantungan pada jaringan data untuk transmisi lokasi *real-time* (Gilgen-Ammann, Schweizer, dan Wyss 2019). Dengan memahami karakteristik dan keterbatasan teknologi *GPS*, pengembangan aplikasi *tracker* dapat dirancang dengan strategi mitigasi yang tepat untuk memastikan reliabilitas sistem selama *event* berlangsung.

II.3 Konsep Dasar *Front End Development*

Front end development adalah proses pengembangan bagian aplikasi yang berinteraksi langsung dengan pengguna (*user interface*). *Front-end* mencakup semua elemen visual, interaksi, dan logika presentasi yang ditampilkan di sisi klien (Bollini 2017). Dalam konteks aplikasi web atau *mobile*, *front end* bertanggung jawab untuk menampilkan data, menerima input pengguna, dan berkomunikasi dengan *back end* melalui *API* untuk pertukaran data.

Komponen utama dalam *front end development* meliputi struktur konten menggunakan *HTML* atau *framework component-based*, *styling* dan *layout* menggunakan *CSS* atau *utility framework*, logika interaksi menggunakan *JavaScript* atau *framework* modern seperti *React*, *Vue*, atau *Angular*, serta integrasi dengan *back-end* melalui *REST API* atau *GraphQL* (Osmani 2023). *Front end* yang baik harus memenuhi

beberapa prinsip, diantaranya adalah sebagai berikut:

- *responsiveness*: adaptif terhadap berbagai ukuran layar
- *accessibility*: dapat diakses oleh semua pengguna termasuk penyandang disabilitas
- *performance*: waktu pemuatan yang cepat

Dalam pengembangan aplikasi *tracker*, *front end* memiliki peran krusial dalam menyajikan data lokasi *real-time* secara visual melalui peta interaktif, menampilkan metrik performa pelari, serta menyediakan *interface* untuk manajemen tim dan notifikasi. Kualitas *front end* sangat mempengaruhi *user experience* dan efektivitas penggunaan aplikasi dalam kondisi lapangan yang dinamis.

II.4 Pendekatan *User centered design*

Menurut ISO 9241-210, terdapat empat prinsip utama dalam *User-Centered Design (UCD)* yaitu (1) desain didasarkan pada pemahaman eksplisit tentang pengguna, tugas, dan lingkungan; (2) pengguna dilibatkan sepanjang proses desain dan pengembangan; (3) desain didorong dan disempurnakan melalui evaluasi yang berpusat pada pengguna; (4) proses bersifat iteratif (ISO 2019). Keempat prinsip ini menjadi landasan dalam memastikan bahwa produk yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan konteks penggunaan nyata.

Penerapan *UCD* dalam pengembangan *front-end* aplikasi *tracker* ITB Ultra-Marathon dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling terkait. Tahap pertama adalah *research* untuk memahami karakteristik dan kebutuhan panitia, peserta, dan tim *support* melalui metode seperti wawancara dan observasi lapangan. Tahap kedua adalah *design* dengan membuat *wireframe* dan *prototype* yang melibatkan *feedback* pengguna untuk memastikan desain sesuai dengan ekspektasi mereka. Tahap ketiga adalah *implementation* dengan membangun *interface* berdasarkan desain yang telah divalidasi, menggunakan teknologi dan *framework* yang tepat. Tahap terakhir adalah *evaluation* melalui *usability testing* untuk memastikan aplikasi mudah digunakan dalam konteks nyata dan mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki (Garrett 2022).

Dengan menerapkan pendekatan *UCD*, aplikasi yang dikembangkan diharapkan tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional, tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang optimal, intuitif, dan sesuai dengan ekspektasi pengguna dalam kondisi penggunaan yang spesifik seperti *event ultra-marathon*. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap keputusan desain dibuat berdasarkan pemahaman mendalam tentang pengguna, bukan asumsi atau preferensi personal pengembang.

BAB III

ANALISIS MASALAH

Analisis masalah dilakukan sebagai proses menemukan, memahami, dan merumuskan suatu permasalahan yang akan diselesaikan. Proses ini mencakup analisis kondisi yang ada saat ini, analisis kebutuhan dari pengguna dan sistem, serta pemilihan dari alternatif solusi yang telah dirumuskan. Dengan analisis ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai akar penyebab persoalan serta aspek-aspek penting yang perlu diperbaiki.

III.1 Analisis Kondisi Saat Ini

Untuk dapat merancang antarmuka yang relevan dan efektif, perlu dilakukan analisis terhadap kondisi saat ini. Analisis ini penting untuk memahami bagaimana proses pelacakan dan penyajian informasi dilakukan tanpa adanya platform yang dirancang khusus bagi kegiatan ITB Ultra-Marathon. Dengan mengetahui keterbatasan pada kondisi eksisting, pengembangan front end dapat diarahkan untuk menjawab kebutuhan yang belum terpenuhi secara optimal.

Tabel III.1 Analisis Kondisi Saat Ini

Aspek	Kondisi Saat Ini	Dampak
Sistem Tracking	Belum terdapat aplikasi khusus untuk ITB Ultra-Marathon; tracking hanya menggunakan fitur <i>share live location</i> atau <i>share location</i> pada <i>Google Maps</i> .	<ol style="list-style-type: none">1. Tracking tim dan peserta tidak berlangsung real-time.2. Keluarga dan tim <i>support</i> tidak dapat melihat posisi peserta secara langsung.

Aspek	Kondisi Saat Ini	Dampak
Navigasi	Tidak ada sistem navigasi khusus untuk rute marathon; tim <i>support</i> mengandalkan aplikasi eksternal seperti <i>Google Maps</i> .	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sulit melacak posisi <i>checkpoint</i>. 2. Tidak mengetahui estimasi jarak dan waktu tempuh menuju titik tertentu. 3. Menyulitkan koordinasi penjemputan atau pergantian pelari.
Informasi Peserta dan Tim	Informasi peserta dan tim belum terintegrasi, mulai dari pendaftaran, pembentukan tim, hingga data selama kegiatan; data tersebar pada beberapa <i>platform</i> .	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyulitkan panitia dalam koordinasi data. 2. Menurunkan efisiensi penyajian informasi pada antarmuka pengguna.
User Interface	Belum tersedia antarmuka atau aplikasi khusus yang mendukung kegiatan ITB Ultra-Marathon.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna tidak memiliki satu <i>platform</i> terpadu untuk informasi lomba. 2. Pelacakan dan komunikasi selama acara tidak terpusat.

Berdasarkan kondisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa belum adanya sistem dan antarmuka khusus untuk mendukung kegiatan ITB Ultra-Marathon menyebabkan berbagai proses operasional, *monitoring*, hingga penyajian informasi dilakukan secara terpisah dan manual. Hal ini menciptakan ketidakefisienan dalam koordinasi, keterbatasan akses informasi, serta pengalaman pengguna yang kurang optimal bagi panitia, peserta, maupun tim *support*. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan *front end* yang mampu menyediakan tampilan informasi yang terintegrasi, *real-time*, mudah diakses, serta *responsive* terhadap kebutuhan seluruh pemangku kepentingan dalam penyelenggaraan ITB Ultra-Marathon.

III.2 Analisis Kebutuhan

Setelah memahami kondisi saat ini dan mengidentifikasi berbagai keterbatasan pada aspek antarmuka pengguna, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kebutuhan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah pengguna, menentukan kebutuhan fungsional, dan menentukan kebutuhan non-fungsional yang diperlukan agar sistem dapat mendukung proses pelacakan peserta secara efektif. Dengan menguraikan kebutuhan pengguna maupun kebutuhan sistem, perancangan *front end* dapat disusun secara lebih terarah dan sesuai dengan tujuan pengembangan aplikasi *tracker* ITB Ultra-Marathon.

III.2.1 Identifikasi Masalah Pengguna

Pada bagian ini, dilakukan proses identifikasi masalah yang dialami oleh pengguna sebagai dasar untuk menentukan solusi yang tepat dalam perancangan aplikasi. Identifikasi dilakukan dengan mengacu pada hasil observasi dan wawancara, sehingga kebutuhan dan kesulitan pengguna dapat dipetakan secara lebih akurat. Temuan ini kemudian menjadi landasan dalam merumuskan kebutuhan sistem pada tahap pengembangan berikutnya.

1. Pelacakan posisi pelari masih manual dan tidak *real-time*.
Panitia dan tim support harus meminta pelari melakukan *share location* melalui aplikasi perpesanan untuk mengetahui posisi terkini. Ketergantungan pada metode manual ini menyebabkan alur pemantauan menjadi lambat, tidak efisien, dan tidak terpusat pada satu tampilan antarmuka.
2. Mobil penjemput dan *drop bag* sulit tiba tepat waktu karena ETA tidak akurat.
Tanpa tampilan antarmuka yang menyediakan data posisi dan kecepatan pelari secara kontinu, estimasi waktu kedatangan (ETA) tidak dapat dihitung secara tepat. Hal ini berdampak pada keterlambatan penjemputan dan hambatan logistik lainnya.
3. Metode ETA yang tersedia (misalnya Google Maps) tidak sesuai untuk konteks pelari.
Front end yang digunakan saat ini tidak menyediakan kalkulasi ETA berbasis *pace* pelari, kondisi rute, elevasi, atau tingkat kelelahan. Karena itu, estimasi yang dihasilkan aplikasi umum seperti Google Maps sering meleset dan tidak dapat menjadi acuan panitia maupun tim support.
4. Peta digital lomba masih dibuat secara manual dan tidak terintegrasi.
Rute lomba biasanya dibuat secara manual menggunakan Google Maps, kemudian dibagikan kepada peserta atau tim support. Tidak adanya tampilan

peta yang interaktif, responsif, dan terhubung dengan data pelacakan membuat navigasi sulit dilakukan secara efektif melalui satu antarmuka terpadu.

5. Tidak ada sistem yang mendukung kebutuhan operasional lomba secara menyeluruh.

Berbagai aktivitas seperti manajemen tim, deteksi pergantian pelari (relay), pencatatan kehadiran, pengelolaan penalti, waktu penjemputan, dan *drop bag* masih dilakukan secara manual. Ketiadaan antarmuka terpusat menjadikan proses ini tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan.

III.2.2 Kebutuhan Fungsional

Pada bagian ini, disusun kebutuhan fungsional yang berfokus pada perilaku, tampilan, serta interaksi yang harus disediakan oleh *front end* aplikasi tracker ITB Ultra-Marathon. Kebutuhan ini menggambarkan fitur-fitur utama yang perlu hadir pada antarmuka guna mendukung proses pelacakan, penyajian informasi, serta meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan.

Tabel III.2 Kebutuhan Fungsional *Front End*

Kode	Kebutuhan	Deskripsi
FR-01	Tampilan Dashboard Pelacakan	Menampilkan posisi pelari secara <i>real-time</i> dalam bentuk peta interaktif yang terhubung dengan API <i>tracking</i> .
FR-02	Visualisasi Rute	Antarmuka menampilkan rute lomba, <i>checkpoint</i> , <i>water station</i> , serta informasi status setiap titik.
FR-03	Tampilan Detail Pelari	Pengguna dapat melihat informasi pelari seperti nama, tim, <i>pace</i> , jarak tempuh, status, dan ETA.
FR-04	Kelola Track	Menyediakan tampilan untuk mengunggah rute lomba (<i>GPX/TCX</i>) serta mengatur <i>checkpoint</i> dan <i>water station</i> .
FR-05	Manajemen Tim	Menyediakan tampilan untuk membuat tim, mengundang anggota, menerima undangan, dan melihat struktur tim.

Bersambung ke halaman berikutnya

Tabel III.2 Kebutuhan Fungsional *Front End* (lanjutan)

Kode	Kebutuhan	Deskripsi
FR-06	Visualisasi ETA	Menampilkan estimasi waktu kedatangan (ETA) pelari pada <i>checkpoint</i> atau titik tertentu dalam bentuk visual yang mudah dipahami.
FR-07	Status Operasional Lomba	Menampilkan status event seperti jam buka/tutup <i>checkpoint</i> , <i>cutoff time</i> , pergantian pelari, dan informasi penting lainnya.
FR-08	Notifikasi Bantuan	Menyediakan tampilan untuk menerima notifikasi, seperti pelari mendekati <i>cutoff</i> , status darurat, atau perubahan status lomba.
FR-09	Mode Akses Berdasarkan Peran	Menyesuaikan tampilan antarmuka berdasarkan peran pengguna (panitia, peserta, keluarga, atau <i>supporter</i>).
FR-10	Tampilan Riwayat Tracking	Menampilkan riwayat posisi, <i>pace</i> , dan progres pelari dalam bentuk grafik atau jejak rute.
FR-11	Halaman Informasi Lomba	Menyediakan halaman berisi jadwal lomba, kategori, aturan, dan ketentuan.

III.2.3 Kebutuhan Nonfungsional

Pada bagian ini dirumuskan kebutuhan non-fungsional yang berfokus pada kualitas tampilan, performa, aksesibilitas, keamanan antarmuka, serta aspek *usability* yang wajib dipenuhi oleh *front end*. Kebutuhan ini memastikan sistem mudah digunakan, cepat, aman, dan mampu menghadirkan pengalaman pengguna yang konsisten selama acara berlangsung.

Tabel III.3 Kebutuhan Non-Fungsional *Front End*

Kode	Kebutuhan	Deskripsi
NF-01	Responsivitas Perangkat	Frontend harus berjalan optimal pada perangkat yang mudah dibawa oleh pengguna (misalnya <i>smartphone</i>), sehingga antarmuka dapat digunakan secara efektif selama marathon berlangsung.
NF-02	Aksesibilitas	UI harus mudah dibaca dan tetap jelas di luar ruangan, dengan dukungan kontras tinggi, ukuran teks adaptif, serta kompatibilitas mode gelap maupun terang.
NF-03	Keamanan	Frontend harus menerapkan perlindungan token, menyembunyikan data sensitif, dan membatasi akses berdasarkan peran pengguna. Sistem tidak boleh menampilkan informasi pelari yang tidak memiliki izin untuk dilihat.
NF-04	Kompatibilitas	Frontend harus dapat berjalan dengan baik di sistem operasi iOS dan Android.
NF-05	Performa Waktu Muat	Halaman utama harus dapat dimuat dalam waktu kurang dari 3 detik pada jaringan 4G rata-rata, sehingga pengguna dapat mengakses informasi secara cepat dalam kondisi lapangan.

III.3 Analisis Pemilihan Solusi

Setelah melakukan identifikasi kebutuhan dan memahami masalah pengguna, langkah berikutnya adalah menentukan solusi terbaik untuk membangun *front end* aplikasi tracker ITB Ultra-Marathon. Proses ini dilakukan dengan menganalisis beberapa alternatif solusi, kemudian memilih solusi yang paling sesuai berdasarkan kriteria kebutuhan fungsional, non-fungsional, serta keterbatasan teknis dan operasional.

III.3.1 Alternatif Solusi

Pada tahap ini ditetapkan dua alternatif solusi utama yang dapat diterapkan untuk mengembangkan sistem antarmuka pelacakan ITB Ultra-Marathon. Kedua alterna-

tif ini dipilih berdasarkan tren pengembangan aplikasi mobile modern dan kecocokannya dengan kebutuhan sistem yang telah diidentifikasi sebelumnya.

- a. Pengembangan Web Responsif Berbasis *Progressive Web Application* (PWA)
Progressive Web Application (PWA) adalah aplikasi web yang dibangun menggunakan teknologi web standar seperti HTML, CSS, dan JavaScript, namun menawarkan pengalaman yang mendekati aplikasi *native* (Biørn-Hansen, Majchrzak, dan Grønli 2017). PWA memanfaatkan *service workers* untuk mendukung *offline functionality*, *caching*, dan *push notification*, sehingga dapat berfungsi meskipun koneksi internet tidak stabil. Aplikasi ini dapat diakses langsung melalui browser tanpa instalasi dari *app store*, dan juga dapat dipasang ke *home screen* perangkat sehingga memberikan pengalaman seperti aplikasi mandiri tanpa tampilan browser (Malavolta dkk. 2017).

Keunggulan utama PWA mencakup tidak memerlukan proses distribusi melalui *app store* sehingga pembaruan dapat dilakukan secara instan, ukuran aplikasi yang lebih kecil dibandingkan aplikasi *native*, kompatibilitas lintas platform dengan satu basis kode, serta kemudahan akses melalui URL yang dapat langsung dibagikan kepada pengguna (Tandel dan Jamadar 2018). Namun, PWA memiliki keterbatasan terhadap akses fitur *native* perangkat, terutama pada GPS *background tracking* dan *push notification* yang kurang stabil pada beberapa platform, khususnya iOS (Biørn-Hansen, Majchrzak, dan Grønli 2017).

- b. Pengembangan Aplikasi Mobile *Native* dengan *Cross-Platform Framework*
Aplikasi mobile *native* dikembangkan secara khusus untuk platform tertentu menggunakan *Software Development Kit* (SDK) dan bahasa pemrograman bawaan platform. Dalam praktik modern, pendekatan *cross-platform* menggunakan *framework* seperti React Native atau Flutter memungkinkan pengembangan aplikasi *native* untuk iOS dan Android menggunakan satu basis kode, sehingga meningkatkan efisiensi tanpa mengorbankan performa maupun akses ke fitur *native* (Heitkötter, Hanschke, dan Majchrzak 2012).

Keunggulan aplikasi *native* mencakup performa tinggi dengan akses penuh ke *hardware* perangkat, stabilitas GPS *background service*, keandalan *push notification*, serta *user experience* yang lebih konsisten mengikuti pedoman desain masing-masing platform (Majchrzak dan Grønli 2017). Selain itu, aplikasi *native* memiliki kemampuan *offline* yang lebih baik dan dapat memanfaatkan fitur keamanan tingkat *hardware* seperti *keychain* (iOS) dan *keystore* (Android). Kelemahannya adalah waktu pengembangan yang lebih panjang, proses *testing* yang lebih kompleks, serta kebutuhan *deployment* melalui *app store*

yang memerlukan proses persetujuan (Heitkötter, Hanschke, dan Majchrzak 2012).

III.3.2 Analisis Penentuan Solusi

Penentuan solusi dilakukan dengan membandingkan kedua alternatif melalui *feasibility study*. *Feasibility study* merupakan evaluasi sistematis untuk menentukan apakah solusi yang diusulkan mungkin dan layak diimplementasikan, dengan fokus pada aspek non-ekonomis yang penting bagi keberhasilan proyek (Pressman dan Maxim 2014). Analisis dilakukan berdasarkan empat kriteria kelayakan yang paling relevan dengan kebutuhan sistem yang telah diidentifikasi sebelumnya, yaitu kelayakan teknis, operasional, jadwal, serta hukum dan keamanan.

Tabel III.4 *Feasibility Study*

Kriteria Kelayakan	Web Responsif (<i>PWA</i>)	Mobile Native (<i>Cross-Platform</i>)
Kelayakan Teknis	Rendah: Kontrol terbatas atas <i>GPS background tracking</i> dan notifikasi <i>push</i> , kurang andal untuk tracking kontinyu selama berjam-jam. <i>Service worker</i> memiliki keterbatasan pada iOS Safari yang dapat menyebabkan tracking terputus saat aplikasi tidak aktif.	Tinggi: Kontrol penuh atas fitur <i>native OS</i> , mendukung <i>background service</i> yang stabil untuk tracking <i>real-time</i> . Akses langsung ke GPS API dan dapat menjalankan <i>foreground service</i> untuk tracking kontinyu.
Kelayakan Operasional	Sedang: Mudah diakses melalui tautan tanpa instalasi, namun pengalaman pengguna mungkin kurang mulus dibandingkan aplikasi native. Variasi pengalaman antar browser dapat menimbulkan inkonsistensi.	Tinggi: Menyediakan pengalaman pengguna yang konsisten sesuai <i>platform guidelines</i> , performa optimal, dan meningkatkan adopsi oleh panitia maupun tim support karena familiarity dengan pola interaksi native.

Kriteria Kelayakan	Web Responsif (<i>PWA</i>)	Mobile Native (Cross-Platform)
Kelayakan Jadwal	Tinggi: Waktu pengembangan sekitar 3–4 bulan dengan satu basis kode dan tanpa proses <i>App Store review</i> . <i>Deployment</i> dapat dilakukan secara instan setiap kali ada pembaruan.	Sedang: Waktu pengembangan 4–6 bulan karena proses <i>testing</i> lebih kompleks serta <i>deployment</i> harus melalui proses review App Store dan Play Store yang memerlukan waktu 1–7 hari.
Kelayakan Hukum/Keamanan	Sedang: Keamanan data bergantung pada implementasi token dan <i>browser sandbox</i> . Cukup rentan terhadap perubahan kebijakan browser yang dapat mempengaruhi fungsionalitas aplikasi.	Tinggi: Lebih mudah mengontrol dan mengamankan data melalui fitur keamanan native OS seperti <i>hardware-backed keystore</i> , autentikasi biometrik, dan <i>app sandboxing</i> yang lebih ketat.

Berdasarkan evaluasi kelayakan yang telah dilakukan, Aplikasi Mobile Native menunjukkan tingkat kelayakan yang lebih tinggi pada aspek-aspek kritis yang menjadi prioritas utama dalam penyelenggaraan ITB Ultra-Marathon. Meskipun Web Responsif *PWA* unggul dalam kelayakan jadwal dengan waktu pengembangan yang lebih singkat, keunggulan ini tidak sebanding dengan risiko yang ditimbulkan dari keterbatasan teknis yang dapat membahayakan keselamatan peserta.

BAB IV

DESAIN KONSEP SOLUSI

Setelah melalui tahap analisis masalah dan penentuan solusi pada bab sebelumnya, langkah selanjutnya adalah merancang konsep solusi yang akan diimplementasikan. Bab ini membahas desain sistem secara menyeluruh dan pemodelan fungsional yang menggambarkan bagaimana sistem akan bekerja. Perancangan ini menjadi *blueprint* yang memandu proses implementasi *front end* aplikasi tracker ITB Ultra-Marathon agar sesuai dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi dan mampu memberikan solusi optimal.

IV.1 Rancangan Umum Sistem

Rancangan umum sistem menggambarkan alur proses bisnis aplikasi tracker ITB Ultra-Marathon melalui *activity diagram* yang menjelaskan interaksi antar aktor dan sistem. *Activity diagram* ini memvisualisasikan bagaimana setiap *stakeholder* berinteraksi dengan aplikasi, mulai dari proses pendaftaran hingga pelaksanaan *tracking* selama event berlangsung.

Alur proses bisnis dimulai dari proses pendaftaran oleh Ketua Tim, yang kemudian ditindaklanjuti oleh Panitia dengan mengirimkan email konfirmasi berisi token pendaftaran. Selanjutnya, Ketua Tim dan Peserta membuat akun serta membentuk tim di dalam sistem, sementara Sistem secara otomatis menghasilkan token unik untuk tim tersebut. Ketua Tim kemudian mengundang Peserta untuk bergabung menggunakan token yang diberikan, hingga seluruh anggota resmi terdaftar dalam struktur tim yang valid. Setelah proses inisiasi selesai, sistem mulai menjalankan fungsi utamanya, yaitu melakukan pelacakan peserta secara *real-time* selama berlangsungnya event.

IV.2 Pemodelan Fungsional Sistem

Setelah memahami alur proses bisnis melalui *activity diagram*, langkah selanjutnya adalah memodelkan fungsionalitas sistem secara lebih terstruktur menggunakan *use case diagram* yang menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem.

BAB V

RENCANA SELANJUTNYA

Pada bab ini disajikan rancangan lanjutan yang mencakup persiapan teknis sebelum pengembangan, desain pengujian untuk memastikan kualitas sistem, serta analisis risiko yang berpotensi muncul selama proses implementasi beserta strategi mitigasinya. Bab ini berfungsi sebagai panduan pelaksanaan tahap pengembangan sehingga proses implementasi dapat berjalan terstruktur, terukur, dan sesuai dengan tujuan sistem.

V.1 Rencana Implementasi

Rencana implementasi front end aplikasi mobile *tracker* ITB Ultra-Marathon mencakup persiapan lingkungan kerja, penyediaan alat, dan konfigurasi yang diperlukan sebelum memulai proses pengembangan kode.

V.1.1 Persiapan Lingkungan Pengembangan

Persiapan ini memastikan bahwa tim pengembang memiliki semua sumber daya teknis yang memadai untuk melakukan *coding* dan *testing*.

V.1.1.1 Alat dan Bahan yang Diperlukan

Perangkat Keras:

- Laptop atau Personal Computer (PC) dengan spesifikasi memadai sebagai lingkungan pengembangan utama.

Perangkat Lunak:

- Code Editor: Visual Studio Code.
- Framework/SDK: Flutter SDK untuk pengembangan mobile *cross-platform*.
- Version Control: Git.

- Dependencies: Instalasi seluruh pustaka dan *package* yang dibutuhkan oleh framework dan proyek.

V.1.1.2 Konfigurasi Lingkungan

- Pengaturan Database: Melakukan *set up* koneksi dan integrasi awal dengan *back end* (API) untuk memastikan pertukaran data siap digunakan.
- Emulasi Perangkat: Konfigurasi emulator atau perangkat fisik (Android dan iOS) untuk memastikan tampilan dan fungsionalitas berjalan optimal di berbagai perangkat.

V.2 Desain Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan untuk memverifikasi bahwa sistem front end berfungsi sesuai dengan Kebutuhan Fungsional (FR) dan Kebutuhan Non-Fungsional (NF) yang telah ditetapkan.

V.2.1 Metode Pengujian

Tiga metode pengujian utama akan diterapkan secara sekuensial:

1. Unit Testing: Menguji setiap fungsi atau komponen front end, seperti fungsi kalkulasi ETA dan parsing data GPS, untuk memastikan komponen berjalan sesuai spesifikasi teknis.
2. Integration Testing: Menguji integrasi antara front end dan *back end* (API) guna memastikan data real-time dapat diambil, diproses, dan ditampilkan dengan benar.
3. User Acceptance Testing (UAT): Mengevaluasi kemudahan penggunaan dari perspektif pengguna akhir untuk memvalidasi bahwa sistem memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna di lapangan.

V.2.2 Kriteria Evaluasi

Pengujian dianggap berhasil apabila memenuhi kriteria berikut:

- Kinerja Sistem: Sistem menampilkan data pelacakan secara akurat dan responsif di berbagai perangkat dalam kondisi jaringan 4G rata-rata.
- Kepuasan Pengguna: Tingkat kepuasan pengguna yang diperoleh dari kuesioner pasca-UAT mencapai minimal 80%, menunjukkan antarmuka mudah digunakan dan efektif untuk koordinasi.

- Fungsi Kritis: Seluruh Kebutuhan Fungsional dapat diimplementasikan dengan baik.

V.3 Analisis Risiko dan Mitigasi

Analisis ini mengidentifikasi potensi hambatan selama proses implementasi dan menentukan strategi mitigasi untuk meminimalkan dampak negatifnya. Berikut merupakan analisis risiko dan mitigasi untuk pengembangan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abras, Chadia, Diane Maloney-Krichmar, Jenny Preece, dkk. 2004. "User-centered design". *Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications* 37 (4): 445–456.
- Baca, Arnold, Peter Dabnichki, Mario Heller, dan Philipp Kornfeind. 2009. "Ubiquitous computing in sports: A review and analysis". *Journal of sports sciences* 27 (12): 1335–1346.
- Biørn-Hansen, Andreas, Tim A Majchrzak, dan Tor-Morten Grønli. 2017. "Progressive web apps: The possible web-native unifier for mobile development". Dalam *International Conference on Web Information Systems and Technologies*, 2:344–351. SciTePress.
- Bollini, Letizia. 2017. "Beautiful interfaces. From user experience to user interface design". *The Design Journal* 20 (sup1): S89–S101.
- Caselli, Raoni Pontes, dan Marcelo Gitirana Gomes Ferreira. 2018. "Systematic proposal for UX centered mobile apps for tracking performance in sports through an application in recreational surfing". *Product: Management & Development* 16 (1): 37–46. <https://doi.org/10.4322/pmd.2018.004>. <https://www.pmd.igdp.org.br/article/doi/10.4322/pmd.2018.004>.
- Garrett, Jesse James. 2022. *The elements of user experience*. □□□□□□.
- Gilgen-Ammann, Rahel, Theresa Schweizer, dan Thomas Wyss. 2019. "RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise". *European journal of applied physiology* 119 (7): 1525–1532.

- Hafizh, M. Naufal. 2025. “Wondr ITB Ultra Marathon 2025 Sukses Digelar, Alumni hingga Guru SD Turut Menyumbang untuk Dana Lestari”. Diakses pada November 19, 2025. <https://itb.ac.id/berita/wondr-itb-ultra-marathon-2025-sukses-digelar-alumni-hingga-guru-sd-turut-menyumbang-untuk-dana-lestari/62873>.
- Heitkötter, Henning, Sebastian Hanschke, dan Tim A Majchrzak. 2012. “Evaluating cross-platform development approaches for mobile applications”. Dalam *International Conference on Web Information Systems and Technologies*, 120–138. Springer.
- Hochreiter, Dominik. 2024. “Engineering Proceedings”. *Engineering Proceedings* 82 (1): 97.
- Hoffman, Martin D, dan Kevin Fogard. 2011. “Factors related to successful completion of a 161-km ultramarathon”. *International journal of sports physiology and performance* 6 (1): 25–37.
- ISO, ISO. 2019. “9241-210: 2019 Ergonomics of Human-System Interaction—Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems”. *Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization*.
- Kaplan, Elliott D, dan Christopher Hegarty. 2017. *Understanding GPS/GNSS: principles and applications*. Artech house.
- Karahanoğlu, Armağan, Rúben Gouveia, Jasper Reenalda, dan Geke Ludden. 2021. “How are sports-trackers used by runners? Running-related data, personal goals, and self-tracking in running”. *Sensors* 21 (11): 3687.
- Majchrzak, Tim, dan Tor-Morten Grønli. 2017. “Comprehensive analysis of innovative cross-platform app development frameworks”.
- Malavolta, Ivano, Giuseppe Procaccianti, Paul Noorland, dan Petar Vukmirovic. 2017. “Assessing the impact of service workers on the energy efficiency of progressive web apps”. Dalam *2017 IEEE/ACM 4th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems (MOBILESoft)*, 35–45. IEEE.
- Okesola, O. J., A. A. Adebisi, A. A. Owoade, dan O. A. Adeaga. 2020. “Software Requirement in Iterative SDLC Model”. Dalam *Intelligent Algorithms in Software Engineering*, disunting oleh R. Silhavy, 1224:26–34. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51965-0_2. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51965-0_2.

- Osmani, Addy. 2023. *Learning JavaScript Design Patterns: A JavaScript and React Developer's Guide*. ” O'Reilly Media, Inc.”
- Pressman, Roger S., dan Bruce R. Maxim. 2014. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 8th edisi. McGraw-Hill Education. https://books.google.com/books/about/Software_Engineering.html?id=dXlzCgAAQBAJ.
- El-Rabbany, Ahmed. 2002. *Introduction to GPS: the global positioning system*. Artech house.
- Ronto, Paul. 2024. “The State of Ultra Running 2020”. Diakses pada November 19, 2025. <https://runrepeat.com/state-of-ultra-running>.
- Scheer, Volker, Patrick Basset, Nicola Giovanelli, Gianluca Vernillo, Gregoire P Millet, dan Ricardo JS Costa. 2020. “Defining off-road running: a position statement from the ultra sports science foundation”. *International journal of sports medicine* 41 (05): 275–284.
- Tandel, Sayali, dan Abhishek Jamadar. 2018. “Impact of progressive web apps on web app development”. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 7 (9): 9439–9444.