

**Perancangan dan Implementasi *Backend*
Real-Time Runner Tracking dan *ETA Prediction*
dengan Skalabilitas dan *High Availability*
untuk ITB Ultra Marathon**

Proposal Tugas Akhir

Oleh

**Justin Lawrance
18222006**



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

LEMBAR PENGESAHAN

Perancangan dan Implementasi *Backend* *Real-Time Runner Tracking* dan *ETA Prediction* dengan Skalabilitas dan *High Availability* untuk ITB Ultra Marathon

Proposal Tugas Akhir

Oleh

**Justin Lawrance
18222006**

**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 2 Desember 2025

Pembimbing,

Dr. Riza Satria Perdana, S.T, M.T.

NIP. 19700609 199512 1 002

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 | 3 |
| I.4 Batasan Masalah | 4 |
| I.5 Metodologi | 5 |
| II STUDI LITERATUR | 7 |
| II.1 Penulisan Gambar, Tabel, Rumus, dan Kode | 7 |
| II.1.1 Gambar | 7 |
| II.1.2 Tabel | 8 |
| II.1.2.1 Tabel yang Muat dalam Satu Halaman | 8 |
| II.1.2.2 Mengimpor Tabel dari Berkas Eksternal | 9 |
| II.1.2.3 Tabel yang Sangat Panjang | 9 |
| II.1.2.4 Beberapa Contoh Penulisan Rumus atau Persamaan Matematika Menggunakan LaTeX Termasuk Penomorannya | 11 |
| II.1.3 Algoritma, Pseudocode, atau Kode | 12 |
| II.2 Beberapa Kesalahan Penulisan yang Sering Terjadi | 13 |
| II.2.1 Penggunaan Kata "di mana" atau "dimana" | 13 |
| II.2.2 Penggunaan Kata "sedangkan" dan "sehingga" | 13 |
| II.2.3 Penggunaan Istilah yang Tidak Baku | 14 |
| II.2.4 Pemisah Desimal dan Ribuan | 14 |
| II.2.5 Daftar atau <i>List</i> | 14 |
| II.2.6 Penggunaan Kata "masing-masing" dan "setiap" | 14 |
| III ANALISIS MASALAH | 16 |
| III.1 Analisis Kondisi Saat Ini | 16 |
| III.1.1 Model Sistem Berbasis RFID | 16 |
| III.1.2 Model Sistem Berbasis LoRaWan dan GPS | 17 |
| III.1.3 Kesenjangan pada Metode Prediksi ETA | 17 |

| | |
|---|-----------|
| III.2 Analisis Kebutuhan | 18 |
| III.2.1 Identifikasi Masalah Pengguna | 18 |
| III.2.2 Kebutuhan Fungsional | 19 |
| III.2.3 Kebutuhan Nonfungsional | 19 |
| III.3 Analisis Pemilihan Solusi | 19 |
| III.3.1 Alternatif Solusi | 19 |
| III.3.2 Analisis Penentuan Solusi | 20 |
| IV DESAIN KONSEP SOLUSI | 21 |
| V RENCANA SELANJUTNYA | 22 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---------------------------------------|---|
| II.1 Contoh gambar jaringan | 8 |
|---------------------------------------|---|

DAFTAR TABEL

| | | |
|------|---|----|
| II.1 | Tabel harga bahan pokok | 9 |
| II.2 | Tabel harga bahan sekunder | 9 |
| II.3 | Tabel harga bahan tertier | 9 |
| II.4 | Comprehensive Data Table Example | 9 |
| II.4 | Comprehensive Data Table Example (lanjutan) | 10 |
| II.4 | Comprehensive Data Table Example (lanjutan) | 11 |
| II.5 | Contoh penggunaan kata ”sedangkan” dan ”sehingga” | 13 |

DAFTAR KODE

| | |
|--|----|
| II.1 Contoh pseudocode | 12 |
| II.2 Contoh source code Python | 13 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ultra-Marathon merupakan salah satu cabang olahraga lari yang kini kian populer. Hal ini ditunjukkan dengan kegiatan ITB Ultra-Marathon yang jumlah pesertanya terus meningkat sejak pertama kali diselenggarakan pada tahun 2017 (M. Naufal Hafizh September 2025). Seiring dengan meningkatnya partisipasi, kebutuhan akan sistem pelacakan pelari menjadi semakin penting. Sistem tersebut berperan dalam memastikan keselamatan, performa, dan pengalaman peserta secara keseluruhan, serta memberikan interaktivitas bagi panitia dan pendukung acara (Hochreiter 2024).

Dalam penyelenggaraan ITB Ultra-Marathon saat ini, pelacakan posisi peserta masih dilakukan secara manual. Kondisi ini menyulitkan panitia dalam memantau lokasi pelari secara *real-time* dan menyebabkan koordinasi antarpos menjadi kurang efisien. Dampaknya terlihat pada ketidakakuratan pengaturan mobil penjemput, yang kerap terlambat tiba di titik pengambilan peserta. Ketiadaan sistem pemantauan khusus juga membuat panitia dan peserta mengandalkan aplikasi umum seperti Google Maps untuk memprediksi estimasi waktu kedatangan (ETA), meskipun aplikasi tersebut tidak dirancang untuk konteks pelari. Permasalahan ini menegaskan perlunya mekanisme pelacakan yang terintegrasi, akurat, dan adaptif terhadap kebutuhan operasional marathon.

Rute marathon terdiri dari 16 segmen, dengan titik *check point* (CP) dan *water station* (WS) yang menjadi patokan untuk pemantauan *real-time*. Pelari dapat mengikuti kategori individu maupun relay, sehingga sistem harus mampu memantau pergantian anggota tim secara *real-time* dan menampilkan status anggota aktif di setiap segmen. Informasi posisi dan ETA pelari juga dapat dimanfaatkan panitia untuk mengatur transportasi dan shuttle support di jalur lomba.

Sistem komersial seperti MyLaps, ChronoTrack, dan Race Result menggunakan teknologi chip timing berbasis RFID untuk merekam waktu pelari secara otomatis di titik start, checkpoint, dan finish (Sjöbeck August 2022). Meskipun akurat dalam pencatatan waktu di titik-titik tertentu, sistem ini belum mendukung pemantauan posisi pelari secara kontinu di sepanjang lintasan. Keterbatasan ini menghambat kemampuan penyelenggara untuk melakukan tracking secara *real-time* dan memperkirakan ETA.

Sistem berbasis LoRaWAN dan GPS juga telah digunakan untuk pelacakan pelari dalam skala besar. Pada uji coba dengan lebih dari 35.000 peserta, sistem ini mampu memperbarui posisi setiap 30 detik melalui *mobile LoRaWAN gateway* pada kendaraan operasional, menunjukkan potensi untuk pelacakan *real-time*. Namun, LoRaWAN memerlukan arsitektur jaringan yang efisien dan terdistribusi untuk menjaga keandalan dan skalabilitas pengiriman data dalam sistem pelacakan berskala besar (Hochreiter 2024).

Mengenai prediksi ETA, metode yang tersedia saat ini umumnya dikembangkan untuk kendaraan, sehingga pendekatannya tidak sesuai untuk konteks pelari. Sistem ETA tersebut tidak mempertimbangkan pola pace pelari, karakteristik rute, elevasi lintasan, maupun dinamika performa yang berubah sepanjang waktu. Selain itu, metode ETA yang ada umumnya tidak dirancang untuk memproses data dari peserta dalam jumlah besar.

Keterbatasan berbagai solusi tersebut menunjukkan bahwa diperlukan sistem pelacakan yang dirancang khusus untuk kebutuhan ITB Marathon. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan perancangan dan implementasi *backend* untuk *Real-Time Runner Tracking* dan *ETA Prediction* yang mampu beroperasi secara terukur (*scalable*) serta memiliki tingkat ketersediaan layanan yang tinggi (*high availability*). Sistem ini diharapkan dapat menyediakan informasi posisi dan prediksi waktu kedatangan pelari secara lebih akurat, sekaligus mendukung proses operasional kepanitiaan secara efisien dan andal.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem *backend* untuk *Real-Time Runner Tracking* yang mampu memantau posisi ribuan peserta ITB Marathon secara akurat dan *real-time*, termasuk pemantauan per segmen,

- check point, dan status peserta (*finisher* atau *Did Not Finish*)?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan modul *ETA Prediction* yang mampu menghasilkan estimasi waktu kedatangan pelari secara relevan dengan karakteristik pergerakan pelari dan kondisi rute?
 3. Bagaimana memastikan bahwa sistem *backend* yang dibangun memiliki kemampuan skalabilitas (*scalability*) dan ketersediaan layanan yang tinggi (*high availability*) sehingga dapat beroperasi secara andal selama acara berlangsung?
 4. Bagaimana mengevaluasi kinerja sistem dalam menangani beban tinggi, khususnya dari aspek *throughput*, *latency*, *error rate*, dan *resource utilization*?

I.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan rancangan dan implementasi sistem *backend* untuk *Real-Time Runner Tracking* yang mampu memantau posisi ribuan peserta ITB Marathon secara akurat dan *real-time*, termasuk pemantauan per segmen, check point, dan status peserta (*finisher/DNF*).
2. Menghasilkan modul *ETA Prediction* yang mampu memberikan estimasi waktu kedatangan pelari secara relevan dengan pola pergerakan pelari, kondisi rute, dan dinamika performa pelari.
3. Menghasilkan arsitektur sistem *backend* yang mampu mendukung skalabilitas (*scalability*) dan ketersediaan layanan yang tinggi (*high availability*) sehingga sistem tetap dapat beroperasi secara andal selama acara berlangsung.
4. Menghasilkan evaluasi kinerja sistem dalam menangani beban tinggi, khususnya terkait *throughput*, *latency*, *error rate*, dan *resource utilization*.

Kriteria keberhasilan dari penelitian ini ditetapkan sebagai berikut.

1. Sistem *Real-Time Runner Tracking* mampu memperbarui posisi pelari secara *real-time* dengan tingkat keterlambatan pembaruan (update delay) yang berada dalam batas operasional yang dapat diterima oleh panitia.
2. Modul *ETA Prediction* mampu menghasilkan estimasi waktu kedatangan pelari dengan tingkat kesalahan prediksi yang rendah berdasarkan uji validasi pada data pergerakan pelari.
3. Arsitektur sistem mampu menangani skala pengguna sesuai jumlah peserta

ITB Marathon dan tetap beroperasi tanpa gangguan (*downtime*) selama simulasi atau pengujian beban.

4. Sistem memenuhi batas performa minimum pada pengujian beban, yang mencakup metrik *throughput*, *latency*, *error rate*, dan *resource utilization* sesuai target yang telah ditentukan.

I.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan yang digunakan untuk memfokuskan ruang lingkup pekerjaan dan memastikan hasil penelitian tetap relevan dengan tujuan yang telah ditetapkan. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Tugas akhir ini dikerjakan oleh dua orang mahasiswa, yaitu Dinda Thalia Fahira (18222055) dan Justin Lawrance (18222006), dengan pembagian fokus bahwa pengembangan *backend* dilakukan oleh Justin Lawrance, sedangkan pengembangan *frontend* dilakukan oleh Dinda Thalia Fahira.
2. Implementasi yang dibahas pada laporan ini hanya mencakup pengembangan sistem *backend* untuk *Real-Time Runner Tracking* dan *ETA Prediction*. Pengembangan *frontend* aplikasi tidak termasuk ruang lingkup pembahasan teknis pada laporan ini.
3. Sistem *backend* yang dikembangkan dibatasi pada fungsionalitas inti yang diperlukan untuk mendukung proses pelacakan dan prediksi, termasuk:
 - penerimaan dan pemrosesan data lokasi pelari.
 - penyimpanan data posisi secara *real-time*.
 - penyediaan *API* untuk konsumsi *frontend*.
 - modul prediksi waktu kedatangan (ETA).
 - pemantauan status pelari per segmen dan Checkpoint/Water Station.
 - deteksi *off-route*.
4. Sistem hanya memproses rute lomba yang telah ditentukan panitia, termasuk segmentasi jalur dan lokasi Checkpoint/Water Station. Perubahan rute saat lomba tidak ditangani sistem.
5. Backend mendukung kategori pelari individu dan tim relay dengan segmentasi tertentu. Pergantian pelari dicatat oleh sistem sesuai aturan panitia, namun status DNF atau penalti sepenuhnya ditentukan manual oleh panitia.
6. Evaluasi nonfungisional difokuskan pada metrik *performance* yang meliputi *throughput*, *latency*, *error rate*, dan *resource utilization*. Evaluasi aspek lain seperti keamanan, biaya operasional, atau konsumsi energi tidak dibahas

secara mendalam.

7. Pengujian dilakukan menggunakan data simulasi yang merepresentasikan pergerakan pelari dalam skala besar. Pengujian tidak dilakukan dalam kondisi event sesungguhnya.
8. Sistem tidak mencakup integrasi dengan perangkat pelacakan khusus (misalnya chip RFID atau sensor profesional) dan hanya memproses data lokasi berbasis koordinat yang dikirimkan dari aplikasi *frontend*.

I.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan *Waterfall Model* dari *Software Development Life Cycle (SDLC)*. Pemilihan metodologi ini didasarkan pada batasan ruang lingkup sistem yang telah ditetapkan serta kebutuhan tahapan pengembangan yang sistematis dan terstruktur. Pengembangan dilakukan secara linear dan sekuensial, di mana setiap tahap harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, sehingga memudahkan pengukuran progres dan evaluasi hasil. Berikut tahapan-tahapan yang dilakukan:

1. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan analisis kebutuhan sistem backend untuk *Real-Time Runner Tracking* dan *ETA Prediction*. Kegiatan dilakukan melalui studi literatur terkait sistem pelacakan, algoritma prediksi ETA, serta arsitektur backend yang scalable dan memiliki ketersediaan layanan yang tinggi. Selain itu, dilakukan observasi dan wawancara dengan pengguna untuk memahami alur operasional, pembagian segmen lintasan, *Water Station*, dan kebutuhan data posisi peserta. Hasil dari tahap ini adalah spesifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.

2. Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, tahap perancangan mencakup penyusunan arsitektur sistem baik secara high-level maupun low-level, model database, spesifikasi API, *sequence diagram*, serta arsitektur deployment yang dirancang untuk mendukung skalabilitas dan *high availability*. Selain itu, perancangan juga mempertimbangkan rencana pengujian, pipeline deployment, dan mekanisme observability untuk memudahkan monitoring dan evaluasi sistem.

3. Implementasi

Tahap implementasi mencakup pengembangan backend sesuai desain yang telah dibuat. Proses dimulai dengan setup lingkungan pengembangan dan infrastruktur, kemudian diikuti dengan implementasi modul penerimaan dan

pemrosesan data posisi pelari secara *real-time*, penyimpanan data, penyediaan API, serta perhitungan prediksi ETA. Setiap modul dikembangkan secara sistematis agar backend berfungsi secara optimal dan sesuai spesifikasi.

4. Deployment

Tahap ini mencakup penyebaran sistem backend pada lingkungan *cloud* dengan arsitektur deployment yang mendukung (*high availability*) dan skalabilitas. Konfigurasi sistem dirancang agar dapat berjalan stabil saat menerima beban ribuan peserta. Tahap ini juga memastikan backend dapat diintegrasikan dengan frontend dan komponen lain untuk tahap pengujian.

5. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai spesifikasi. Tahap pengujian memiliki dua fokus utama.

(a) Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan seluruh kebutuhan fungsional yang telah didefinisikan pada tahap perancangan berjalan sesuai spesifikasi. Tahap ini mencakup pengecekan alur data, integrasi antar modul, validasi input dan output, serta mekanisme pelacakan dan perhitungan ETA yang menjadi inti dari sistem backend.

(b) Pengujian Non-Fungsional

Pengujian non-fungsional difokuskan pada evaluasi kinerja sistem dalam menangani beban tinggi dan menjaga kualitas layanan. Metode yang digunakan meliputi load testing dan simulasi data ribuan peserta. Metrik yang diukur mencakup *throughput*, *latency*, *error rate*, dan *resource utilization*. Hasil pengujian didokumentasikan secara detail untuk mendukung evaluasi efektivitas dan skalabilitas sistem.

6. Evaluasi

Tahap evaluasi meliputi analisis hasil pengujian untuk menilai efektivitas sistem backend. Analisis mencakup perbandingan performa prediksi ETA, akurasi data posisi pelari, dan pemenuhan kriteria keberhasilan yang telah ditetapkan. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar dokumentasi temuan, pembelajaran, dan rekomendasi perbaikan sistem.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1 Penulisan Gambar, Tabel, Rumus, dan Kode

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

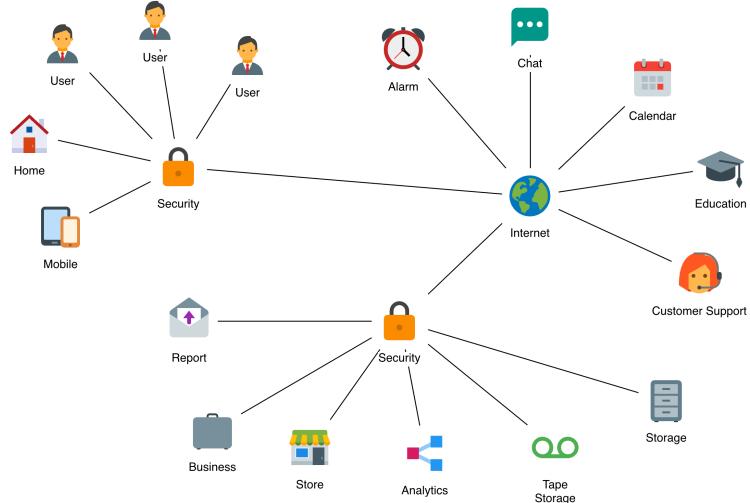
II.1.1 Gambar

Contoh gambar dapat dilihat pada Gambar II.1. Gambar dan judulnya diposisikan di tengah. Nomor gambar tidak diakhiri tanda titik. Gambar tersebut dibuat menggunakan aplikasi draw.io dan disimpan ke format PNG setelah dengan zoom setting pada angka 300%. Ukuran gambar yang ditampilkan dapat diatur dengan mengubah nilai *width* dalam sintaks *includegraphics*.

Gambar umumnya tidak jelas atau kabur jika gambar tersebut:

- a. diperoleh dari hasil cropping pada suatu halaman buku atau situs web;
- b. hasil pembesaran gambar yang gambar aslinya sebenarnya berukuran kecil; atau
- c. disimpan dalam resolusi kecil

Ketidakjelasan gambar ini dapat dilihat pada garis-garis diagram yang tidak tegas



Gambar II.1 Contoh gambar jaringan

dan tulisan-tulisan dalam gambar yang tampak kabur dan kurang jelas terbaca.

Untuk mendapatkan gambar yang tidak kabur (*blur*), langkah-langkah berikut dapat digunakan:

- (a) Gambar yang didapat di suatu pustaka atau referensi sebaiknya digambar ulang, misalnya menggunakan PowerPoint, Canva, Figma, draw.io, atau yang lainnya.
- (b) Jika diagram atau ilustrasi digambar menggunakan draw.io, saat gambar disimpan ke format PNG atau JPG (*export as*), lakukan *zoom* ke minimal 300% (*the default value is 100%*).
- (c) Jika diagram digambar dengan menggunakan PowerPoint, gambar dapat langsung di-*copy-paste* ke Word.

II.1.2 Tabel

Tabel ada dua jenis, yaitu tabel yang bisa termuat dalam satu halaman dan tabel yang sangat panjang sehingga tidak muat dalam satu halaman.

II.1.2.1 Tabel yang Muat dalam Satu Halaman

Contoh tabel dapat dilihat pada Tabel II.1 dan II.2. Tabel dan judulnya dibuat rata kiri dan judul tabel diletakkan di atas tabel. Usahakan tabel dapat ditulis dalam satu halaman, tidak terpotong ke halaman berikutnya.

Tabel II.1 Tabel harga bahan pokok

| Nama | Satuan | Harga |
|----------|----------|---------|
| Buku | Exemplar | 25000 |
| Komputer | Unit | 2500000 |
| Pensil | Buah | 118900 |

Tabel II.2 Tabel harga bahan sekunder

| Nama | Satuan | Harga |
|----------|----------|---------|
| Buku | Exemplar | 25000 |
| Komputer | Unit | 2500000 |
| Pensil | Buah | 118900 |

II.1.2.2 Mengimpor Tabel dari Berkas Eksternal

Tabel II.3 diimpor dari berkas eksternal *table/tabell.tex* menggunakan perintah *input*. Dengan demikian, jika tabel tersebut perlu diubah, cukup mengubah pada berkas eksternal tersebut tanpa perlu mengubah pada berkas utama ini.

Tabel II.3 Tabel harga bahan tertier

| Nama | Satuan | Harga |
|----------|----------|---------|
| Buku | Exemplar | 25000 |
| Komputer | Unit | 2500000 |
| Pensil | Buah | 118900 |

II.1.2.3 Tabel yang Sangat Panjang

Jika tabel terlalu panjang sehingga tidak muat dalam satu halaman, gunakan paket *longtable* untuk membuat tabel yang dapat terpotong ke halaman berikutnya, seperti pada Tabel II.4.

Tabel II.4 Comprehensive Data Table Example

| ID | Name | Score | Rank |
|----|-------------|-------|------|
| 1 | Alice Smith | 89 | 5 |
| 2 | Bob Johnson | 93 | 3 |
| 3 | Carol Davis | 95 | 2 |

Bersambung ke halaman berikutnya

Tabel II.4 Comprehensive Data Table Example (lanjutan)

| ID | Name | Score | Rank |
|-----------|------------------|--------------|-------------|
| 4 | Daniel Wilson | 88 | 6 |
| 5 | Eve Thompson | 97 | 1 |
| 6 | Frank Brown | 85 | 7 |
| 7 | Grace Lee | 91 | 4 |
| 8 | Henry Miller | 80 | 9 |
| 9 | Irene Garcia | 83 | 8 |
| 10 | Jack Robinson | 78 | 10 |
| 11 | Kevin Harris | 76 | 11 |
| 12 | Laura Martin | 75 | 12 |
| 13 | Michael Clark | 74 | 13 |
| 14 | Natalie Lewis | 73 | 14 |
| 15 | Olivia Walker | 72 | 15 |
| 16 | Peter Hall | 71 | 16 |
| 17 | Quinn Allen | 70 | 17 |
| 18 | Rachel Young | 69 | 18 |
| 19 | Samuel King | 68 | 19 |
| 20 | Tina Wright | 67 | 20 |
| 21 | Uma Scott | 66 | 21 |
| 22 | Victor Green | 65 | 22 |
| 23 | Wendy Adams | 64 | 23 |
| 24 | Xavier Nelson | 63 | 24 |
| 25 | Yolanda Carter | 62 | 25 |
| 26 | Zachary Perez | 61 | 26 |
| 27 | Amelia Baker | 60 | 27 |
| 28 | Benjamin Rivera | 59 | 28 |
| 29 | Charlotte Rogers | 58 | 29 |
| 30 | David Murphy | 57 | 30 |
| 31 | Ethan Cooper | 56 | 31 |
| 32 | Fiona Reed | 55 | 32 |
| 33 | George Bailey | 54 | 33 |
| 34 | Hannah Cox | 53 | 34 |
| 35 | Isaac Howard | 52 | 35 |
| 36 | Julia Ward | 51 | 36 |

Bersambung ke halaman berikutnya

Tabel II.4 Comprehensive Data Table Example (lanjutan)

| ID | Name | Score | Rank |
|----|------------------|-------|------|
| 37 | Kyle Flores | 50 | 37 |
| 38 | Lily Bell | 49 | 38 |
| 39 | Mason Sanders | 48 | 39 |
| 40 | Nora Patterson | 47 | 40 |
| 41 | Owen Ramirez | 46 | 41 |
| 42 | Penelope Torres | 45 | 42 |
| 43 | Quentin Foster | 44 | 43 |
| 44 | Rebecca Gonzales | 43 | 44 |
| 45 | Sebastian Bryant | 42 | 45 |
| 46 | Taylor Alexander | 41 | 46 |
| 47 | Ursula Russell | 40 | 47 |
| 48 | Vincent Griffin | 39 | 48 |
| 49 | William Diaz | 38 | 49 |
| 50 | Zoe Simmons | 37 | 50 |

II.1.2.4 Beberapa Contoh Penulisan Rumus atau Persamaan Matematika Menggunakan LaTeX Termasuk Penomorannya

Contoh rumus matematika dapat ditulis seperti pada Persamaan II.1 di bawah ini. Penomoran persamaan diletakkan di sebelah kanan, dan rumus ditulis dalam mode *display math*.

$$E = mc^2 \quad (\text{II.1})$$

Contoh lain penulisan rumus matematika yang lebih kompleks dapat ditulis seperti pada Persamaan II.3.

$$f(x) = ax^2 + bx + c \quad (\text{II.2})$$

$$\begin{aligned} f'(x) &= \frac{d}{dx}(ax^2 + bx + c) \\ &= 2ax + b \end{aligned} \quad (\text{II.3})$$

Jika rumus terlalu panjang untuk ditulis dalam satu baris, gunakan lingkungan

multiline seperti pada Persamaan II.4 di bawah ini.

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 + a_6x^6 + a_7x^7 \\ + a_8x^8 + a_9x^9 + a_{10}x^{10} \quad (\text{II.4})$$

Jika ada penurunan rumus yang terdiri dari beberapa baris, namun tidak memerlukan penomoran pada setiap baris, gunakan lingkungan *align**, misalnya:

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^n i^2 \\ &= 1^2 + 2^2 + 3^2 + \cdots + n^2 \\ &= \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \end{aligned}$$

Contoh lainnya adalah rumus untuk mencari nilai rata-rata fungsi $f(x)$ pada interval $[p, q]$:

$$\begin{aligned} \bar{f} &= \frac{1}{q-p} \int_p^q f(x) dx \\ &= \frac{1}{q-p} \int_p^q (ax^2 + bx + c) dx \\ &= \frac{1}{q-p} \left[\frac{a}{3}x^3 + \frac{b}{2}x^2 + cx \right]_p^q \\ &= \frac{a(q^3 - p^3)}{3(q-p)} + \frac{b(q^2 - p^2)}{2(q-p)} + c \end{aligned}$$

II.1.3 Algoritma, Pseudocode, atau Kode

Contoh penulisan algoritma atau pseudocode dapat ditulis seperti pada Kode II.1 di bawah ini. Gunakan paket *listings* untuk menulis source code dalam bahasa pemrograman tertentu, seperti pada Kode II.2.

Kode II.1 Contoh pseudocode

```
ALGORITHM HelloWorld
    PRINT "Hello, World!"
END ALGORITHM
```

Tabel II.5 Contoh penggunaan kata "sedangkan" dan "sehingga"

| Kata | Salah | Benar |
|-----------|---|---|
| sedangkan | Sedangkan sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna. | Sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna, sedangkan sistem baru belum siap. |
| sehingga | Sehingga sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna. | Sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna sehingga sistem baru belum siap. |

Kode II.2 Contoh source code Python

```
def hello_world():
    print("Hello, World!")
hello_world()
```

II.2 Beberapa Kesalahan Penulisan yang Sering Terjadi

II.2.1 Penggunaan Kata "di mana" atau "dimana"

Banyak yang menuliskan kata "di mana" atau "dimana" sebagai pengganti kata "which" dalam bahasa Inggris. Padahal, penggunaan kata "di mana" atau "dimana" tidak tepat dalam konteks tersebut. Demikian juga untuk kata serupa, misalnya "yang mana". Kata "di mana" atau "dimana" ini harus diganti dengan kata lain, seperti "dengan", "tempat", "yang", dan sebagainya tergantung kalimatnya. Penjelasan lengkap dapat dilihat pada (*Buku Praktis Bahasa Indonesia 1/Kata - Wikisumber bahasa Indonesia 2024*).

II.2.2 Penggunaan Kata "sedangkan" dan "sehingga"

Kata "sedangkan" dan "sehingga" adalah kata hubung atau konjungsi. Konjungsi adalah kata atau ungkapan yang menghubungkan satuan bahasa (kata, frasa, klausa, dan kalimat). Konjungsi dapat dibagi menjadi konjungsi intrakalimat dan antarkalimat. Kata "sedangkan" menghubungkan dua klausa yang bersifat kontrasif, sedangkan "sehingga" menghubungkan dua klausa yang bersifat kausal. Dalam ragam formal, kata hubung "sedangkan" dan "sehingga" hanya dapat digunakan sebagai konjungsi intrakalimat sehingga kedua konjungsi itu **tidak dapat diletakkan pada awal kalimat**. Selain itu, penggunaan kata "sedangkan" harus didahului oleh koma (,), sedangkan kata "sehingga" tidak perlu didahului oleh koma (.). Contoh penggunaan yang benar dan salah dapat dilihat pada Tabel II.5.

II.2.3 Penggunaan Istilah yang Tidak Baku

Ada beberapa istilah yang sering digunakan dalam pembicaraan sehari-hari, tetapi tidak baku dalam penulisan ilmiah. Beberapa istilah tersebut antara lain:

1. analisa → analisis
2. eksisting atau existing → yang ada atau saat ini
3. bisnis proses → proses bisnis
4. user → pengguna
5. system → sistem
6. database → basis data
7. aktifitas → aktivitas
8. efektifitas → efektivitas
9. sosial media → media sosial

II.2.4 Pemisah Desimal dan Ribuan

Tanda pemisah desimal dalam bahasa Indonesia adalah tanda koma, contoh:

1. (Salah) Akurasi naik menjadi 50.6%
2. (Benar) Akurasi naik menjadi 50,6%

II.2.5 Daftar atau *List*

Ada beberapa aturan penulisan daftar atau *list* yang perlu diperhatikan, antara lain:

- a) Jika memungkinkan, hindari penggunaan “bullet points” atau sejenisnya. Sebaiknya, gunakan angka (1, 2, 3, ...) atau huruf (a, b, c, ...). Dengan demikian, pembaca dapat dengan mudah melihat jumlah *item* atau *list*.
- b) Jika dalam daftar hanya ada satu item, tidak perlu menggunakan nomor urut.
- c) Penjelasan atau deskripsi suatu item sebaiknya menyatu dengan judul item tersebut, tidak berbeda halaman. Contoh yang salah: judul item ada di halaman 10, namun deskripsinya di halaman 11. Sebaiknya pindahkan judul tersebut ke halaman 11.
- d) Jika penjelasan atau deskripsi suatu item cukup panjang, misalnya lebih dari 1 halaman atau terdiri atas beberapa paragraf, sebaiknya setiap item tersebut dijadikan judul subbab, kecuali jika level subbab sudah mencapai level 4.

II.2.6 Penggunaan Kata ”masing-masing” dan ”setiap”

Kata ”masing-masing” digunakan di belakang kata yang diterangkan, misalnya ”Setiap proses menggunakan algoritma masing-masing”. Kata ”tiap-tiap” atau

“setiap” ditempatkan di depan kata yang diterangkan, misalnya ”Setiap proses menggunakan algoritma tertentu”.

BAB III

ANALISIS MASALAH

III.1 Analisis Kondisi Saat Ini

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem pelacakan pelari yang akurat dan dapat diakses secara *real-time* dalam penyelenggaraan ITB Ultra-Marathon, penting untuk memahami terlebih dahulu kondisi teknologi dan pendekatan yang saat ini digunakan di industri maupun penelitian. Analisis ini diperlukan untuk mengidentifikasi bagaimana sistem pencatatan waktu konvensional bekerja, sejauh mana teknologi pelacakan kontinu telah berkembang, serta apa saja keterbatasan pada metode prediksi ETA yang tersedia. Pemahaman menyeluruh terhadap kondisi eksisting menjadi dasar dalam merumuskan rancangan *backend* yang mampu menangani skala besar, mendukung prediksi yang lebih kontekstual, dan memenuhi kebutuhan operasional maraton secara spesifik.

III.1.1 Model Sistem Berbasis RFID

Standar industri dalam manajemen lomba lari massal saat ini adalah sistem *timing* berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID), khususnya RFID pasif UHF. Model konseptual sistem ini mengandalkan interaksi antara *tag* yang dibawa pelari dengan infrastruktur pembaca yang dipasang pada titik-titik tertentu (Sjöbeck August 2022).

Komponen utama dalam sistem ini meliputi:

1. Transponder Pasif (Tag): *Chip* tanpa baterai yang ditempelkan pada nomor dada pelari dan hanya aktif ketika menerima energi dari pembaca.
2. Infrastruktur *Reader/Mats*: Antena atau karpet pembaca yang ditempatkan pada titik diskrit seperti garis *start*, *split* setiap beberapa kilometer, dan garis *finish*.
3. Dekoder dan Perangkat Lunak: Perangkat yang mengonversi sinyal menjadi

ID pelari dan stempel waktu untuk diproses lebih lanjut.

Sistem RFID memiliki keterbatasan mendasar berupa sifat data yang diskrit. Posisi pelari hanya diketahui ketika melewati titik pembaca, sehingga terdapat zona buta antar *checkpoint* (Hochreiter 2024). Akibatnya, estimasi posisi maupun kecepatan bergantung pada interpolasi sederhana. Selain itu, pemasangan infrastruktur RFID memerlukan biaya dan tenaga yang signifikan sehingga jumlah titik baca tidak dapat diperbanyak secara fleksibel, terutama pada rute maraton yang panjang.

III.1.2 Model Sistem Berbasis LoRaWan dan GPS

Sebagai perbaikan atas rendahnya resolusi spasial RFID, riset terbaru mengeksplorasi teknologi *Low-Power Wide-Area Network* (LPWAN) seperti LoRaWAN untuk pelacakan kontinu. Riset mengusulkan model di mana pelari membawa pelacak GPS berbasis LoRa yang mengirimkan data posisi secara periodik, tidak terbatas pada titik diskrit(Hochreiter 2024).

Model konseptual dalam studi tersebut mencakup:

1. *Tracker Node*: Perangkat LoRa berbasis GPS yang mengirimkan pembaruan posisi secara berkala (misalnya setiap 30 detik).
2. *Mobile Gateway*: *Gateway* bergerak yang dipasang pada kendaraan atau sepeda untuk meningkatkan cakupan sinyal di lingkungan lomba yang dinamis.
3. *LoRaWAN Network Server (LNS)*: Server yang menerima, mendekode, dan menyimpan paket data untuk visualisasi dan analisis lebih lanjut.

Eksperimen pada Vienna City Marathon menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu menyediakan data posisi dengan resolusi jauh lebih tinggi dibandingkan RFID, yaitu median interval sekitar 31 detik. Namun, pendekatan ini menuntut infrastruktur *backend* yang sanggup menangani aliran data telemetri yang terus-menerus dan berjumlah besar.

III.1.3 Kesenjangan pada Metode Prediksi ETA

Walaupun pelacakan kontinu semakin memungkinkan, metode prediksi ETA yang digunakan saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan konteks lomba lari jarak jauh. Terdapat beberapa kesenjangan utama:

1. Model yang Kurang Relevan: Banyak metode ETA yang tersedia dikembangkan untuk kendaraan atau logistik sehingga mengasumsikan kecepatan relatif stabil, bukan perubahan performa fisiologis pelari.

2. Kurangnya Pertimbangan Konteks Lari: Metode konvensional sering kali tidak memperhitungkan karakteristik seperti elevasi rute, strategi *pacing*, maupun dampak kelelahan.
3. Kendala Skalabilitas dan Ketersediaan: Sistem ETA eksisting umumnya tidak dirancang untuk menghitung prediksi bagi ribuan peserta secara bersamaan setiap kali data baru diterima. Dalam *event* berskala besar, diperlukan arsitektur *backend* yang mampu menjamin *high availability* dan pemrosesan *real-time*.

Dengan demikian, terdapat kebutuhan akan sistem *backend* yang mampu mengolah data pelacakan kontinu sekaligus menyediakan prediksi ETA yang cerdas, skalabel, dan andal.

III.2 Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai tujuan, batasan, serta karakteristik sistem yang akan dibangun. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi terhadap permasalahan dan kebutuhan pengguna yang muncul dalam operasional ITB Ultra-Marathon. Selain itu, dirumuskan kebutuhan fungsional yang mendefinisikan kemampuan utama yang harus disediakan sistem, serta kebutuhan nonfungsional yang memastikan sistem mampu beroperasi secara andal, aman, dan skalabel sesuai standar yang dibutuhkan. Hasil dari analisis kebutuhan ini menjadi dasar dalam proses perancangan arsitektur dan implementasi sistem pada tahap berikutnya.

III.2.1 Identifikasi Masalah Pengguna

Berdasarkan observasi dan wawancara mengenai kondisi penyelenggaraan ITB Ultra-Marathon saat ini, terdapat sejumlah permasalahan utama yang dialami oleh panitia, peserta, maupun pihak pendukung acara. Permasalahan tersebut dapat diidentifikasi sebagai berikut.

1. Pelacakan posisi pelari masih manual dan tidak real-time.
Panitia dan tim supporter harus meminta pelari melakukan *share location* melalui aplikasi perpesanan untuk mengetahui posisi terkini, sehingga proses pemantauan menjadi tidak efisien.
2. Mobil penjemput sering tidak tepat waktu karena ETA tidak akurat.
Keterlambatan terjadi karena tidak tersedianya data posisi dan kecepatan pelari yang diperbarui secara kontinu untuk memperkirakan estimasi waktu kedatangan dengan tepat.

3. Metode ETA yang tersedia (misalnya Google Maps) tidak sesuai untuk konteks pelari.

Pola *pace*, kelelahan, elevasi lintasan, serta karakteristik rute tidak diperhitungkan, sehingga estimasi waktu kedatangan sering meleset dan tidak dapat diandalkan.

4. Peta digital lomba masih dibuat secara manual.

Peta rute biasanya dibuat menggunakan Google Maps secara manual dan tidak terintegrasi dengan sistem pelacakan, meskipun pelari menggunakan aplikasi tersebut untuk mendapatkan arah rute dan estimasi waktu tempuh.

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

Fitur-fitur penting seperti mode *spectator* untuk supporter, manajemen tim, deteksi otomatis 16 segmen lomba, identifikasi pergantian pelari untuk kategori relay, serta pemantauan dan penegakan *cut-off time* masih dilakukan secara manual dan rentan terhadap kesalahan.

III.2.2 Kebutuhan Fungsional

III.2.3 Kebutuhan Nonfungsional

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

III.3 Analisis Pemilihan Solusi

III.3.1 Alternatif Solusi

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae,

dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

III.3.2 Analisis Penentuan Solusi

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

BAB IV

DESAIN KONSEP SOLUSI

Ilustrasikan desain konsep solusi dalam bentuk model konseptual dan penjelasan secara ringkas, beserta perbedaannya dengan sistem saat ini. Ilustrasi harus dapat dibandingkan (*before and after*). Karena masih berupa proposal, bab ini hanya berisi gambar desain konsep solusi tersebut dan penjelasan perbandingannya dengan gambar sistem yang ada saat ini (yang tergambar di awal Bab III).

BAB V

RENCANA SELANJUTNYA

Jelaskan secara detail langkah-langkah rencana selanjutnya, hal-hal yang diperlukan atau akan disiapkan, dan risiko dan mitigasinya, yang meliputi:

1. Rencana implementasi, termasuk alat dan bahan yang diperlukan, lingkungan, konfigurasi, biaya, dan sebagainya.
2. Desain pengujian dan evaluasi, misalnya metode verifikasi dan validasi.
3. Analisis risiko dan mitigasi, misalnya tindakan selanjutnya jika ada yang tidak berjalan sesuai rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Buku Praktis Bahasa Indonesia 1/Kata - Wikisumber bahasa Indonesia.* 2024. Diakses pada October 22, 2025. https://id.wikisource.org/wiki/Buku_Praktis_Bahasa_Indonesia_1/Kata.
- Hochreiter, Dominik. 2024. “Athlete Tracking at a Marathon Event with LoRa: A Performance Evaluation with Mobile Gateways”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, <https://doi.org/10.1016/j.jom.2023.01.005>.
- M. Naufal Hafizh, S.S. September 2025. “wondr ITB Ultra Marathon 2025 Sukses Digelar, Alumni sampai Guru SD Turut Menyumbang untuk Dana Lestari”. Disunting oleh S.S. M. Naufal Hafizh. Accessed November 30, 2025, *ITB Official Website* (). <https://itb.ac.id/berita/wondr-itb-ultra-marathon-2025-sukses-digelar-alumni-hingga-guru-sd-turut-menyumbang-untuk-dana-lestari/62873>.
- Sjöbeck, Erik. August 2022. “How Does an RFID Chip Timing System Work?” Accessed Desember 1, 2025, *RaceID* (). <https://raceid.com/organizer/timing/how-does-an-rfid-chip-timing-system-work/>.