

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING MESIN DIESEL BERBASIS
IOT PADA PT BISMA JAYA MENGGUNAKAN METODE EXTREME
PROGRAMMING (XP)**



Oleh
Haidar Dzaky Sumpena
10201043

Pembimbing Utama : Aidil Saputra Kirsan, S.Kom., M.Tr.Kom
Pembimbing : Henokh Lugo Hariyanto S.Si., M.Sc.
Pendamping

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
JURUSAN MATEMATIKA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN
BALIKPAPAN**

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

Proposal Tugas Akhir dengan judul :

**”PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING MESIN DIESEL BERBASIS
IOT PADA PT BISMA JAYA MENGGUNAKAN METODE EXTREME
PROGRAMMING (XP)”**

Yang disusun oleh:

Haidar Dzaky Sumpena

NIM. 10201043

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Aidil Saputra Kirsan, S.Kom., M.Tr.Kom
NIPH. 100320240

Henokh Lugo Hariyanto S.Si., M.Sc.
NIP. 199303062022041001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul:

**”PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING MESIN DIESEL BERBASIS IOT
PADA PT BISMA JAYA MENGGUNAKAN METODE EXTREME
PROGRAMMING (XP)”**

Proposal tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menyelesaikan Program Sarjana di Program Studi Sistem Informasi, Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Kalimantan (ITK) Balikpapan. Besar terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Aidil Kirsan Saputra, S.Kom., M.Tr.Kom, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Henokh Lugo Hariyanto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
2. Ibu Sri Rahayu Natasia, S.Komp, M.Si., M.Sc., selaku Koordinator Program Studi Sistem Informasi Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi ITK.
3. Bapak/Ibu Dosen dan Bapak/Ibu Tendik Program Studi Sistem Informasi Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi ITK.
4. Serta semua pihak yang terlibat dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga tulisan ini memberikan manfaat kepada semua pihak yang membutuhkan dan terutama untuk penulis.

Balikpapan, 16 Januari 2024

Haidar Dzaky Sumpena
NIM 10201043

ABSTRAK

Nama : Haidar Dzaky Sumpena
NIM : 10201043
Dosen Pembimbing Utama : Aidil Kirsan Saputra, S.Kom., M.Tr.Kom
Dosen Pembimbing Pendamping : Henokh Lugo Hariyanto, S.Si., M.Sc.

Internet of Things merupakan teknologi yang dapat merevolusi industri melalui kontrol dan pemantauan secara jarak jauh. Teknologi ini dapat diterapkan di berbagai industri termasuk pada transportasi. Tantangan di industri ini adalah memastikan jumlah bahan bakar yang dilaporkan sesuai dengan nilai aktual yang dihabiskan. Sistem monitoring berbasis IoT yang akan dikembangkan dalam penelitian ini berfungsi sebagai penghubung mitra dengan armada yang beroperasi. Metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan adalah Extreme Programming yang menekankan kolaborasi serta pengembangan yang dinamis. Diharapkan, dengan diterapkannya sistem monitoring berbasis IoT ini, mitra dapat melakukan pemantauan bahan bakar serta menjaga efektivitas armada yang beroperasi secara real time.

Kata Kunci : *Internet of Things, sistem monitoring, bahan bakar, efisiensi, extreme programming*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 PT Bisma Jaya	8
2.2 <i>Internet of Things</i>	9
2.3 Raspberry Pi	10
2.4 Perbandingan SDLC	11
2.5 <i>Extreme Programming (XP)</i>	15
2.6 <i>User Story</i>	17
2.7 <i>Entity Relationship Diagram</i>	18
2.8 MySQL	19
2.9 <i>Application Programming Interface</i>	20
2.10 Django	20

2.11	NextJS	21
2.12	<i>Whitebox Testing</i>	21
2.13	<i>Blackbox Testing</i>	22
2.14	Metode Perhitungan Bahan Bakar	23
2.15	Penelitian Terdahulu	25
BAB III METODE PENELITIAN		30
3.1	Garis Besar Penelitian	30
3.2	Diagram Alir Penelitian	30
3.3	Prosedur Penelitian	30
3.3.1	Identifikasi Masalah	31
3.3.2	Studi Literatur	31
3.3.3	Pengembangan Sistem	32
3.4	Rencana Jadwal Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		38

DAFTAR TABEL

2.1	Perbandingan metodologi SDLC	12
2.2	Fuel Consumption Rate Verification (PT Bisma Jaya, Fuel Consumption Rate Verification Document. Unpublished confidential document; 2021)	24
2.3	Contoh Laporan Penggunaan Bahan Bakar	25
2.4	Penelitian terdahulu mengenai <i>Internet of Things</i> (IoT)	25
3.1	User Story Sementara	33

DAFTAR GAMBAR

1.1	Kerangka Penelitian	6
2.1	Struktur Organisasi PT Bisma Jaya	8
2.2	Lapisan dan Komponen Arsitektur IoT (Sikder dkk. 2018)	9
2.3	Raspberry Pi dan 40 pin GPIO	11
2.4	Siklus Hidup Metode <i>Extreme Programming</i> (Anwer dkk. 2017) . . .	16
2.5	Simbol pada ERD (Begum, 2015)	19
2.6	Contoh Test Case Blackbox Testing (Rahman, 2021)	23
3.1	Diagram Alir Penelitian	31
3.2	Arsitektur Sistem Monitoring berbasis IoT	32
3.3	Entity Relationship Diagram (ERD) Sementara	34
3.4	Rencana Jadwal Penelitian	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas laut dan perairan 62% (Wuryandani dan Meilani 2011). Potensi ini harus didukung berdasarkan prinsip *Blue Economy*. *Blue Economy* sendiri merupakan komponen penting dalam pengembangan keberlanjutan yang berfokus pada ekonomi maritim yang meliputi berbagai sektor seperti perikanan, akuakultur, dan transportasi maritim. Konsep *Blue Economy* berkaitan erat dengan *Sustainable Development Goal* ke 14 yang membahas mengenai pelestarian dan penggunaan lautan, laut, dan sumber daya laut secara berkelanjutan (LSE 2023). Menurut Departemen Perhubungan (2020), transportasi laut memegang peran strategis untuk mendorong pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Salah satu bentuk untuk mendukung rencana jangka panjang ini adalah melalui upaya menuntaskan permasalahan fundamental dari industri tersebut. Pada industri maritim, salah satu biaya dengan rasio komposisi terbesar terletak pada biaya bahan bakar operasional. Tingginya biaya bahan bakar ini dapat memperlambat kemajuan industri maritim dikarenakan akan mengurangi pendapatan perusahaan, terlebih jika ternyata tingginya biaya bahan bakar ini disebabkan oleh hal lain diluar operasional. Sehingga, memastikan bahwa penggunaan bakar lebih efisien dirasa perlu.

Efisiensi sendiri terbagi menjadi dua, yakni Efisiensi Teknologi dan Efisiensi Manajemen. Efisiensi Teknologi merujuk pada keterbaruan teknologi mesin yang mampu menghemat penggunaan bahan bakar dari waktu ke waktu. Sedangkan pada Efisiensi Manajemen memastikan bahwa bahan bakar sepenuhnya digunakan untuk mendukung operasi. Fokus pada penelitian ini adalah Efisiensi Manajemen. Untuk itu, diperlukan sebuah teknologi untuk melakukan validasi data penggunaan bahan bakar yang dilaporkan dengan nilai aktual yang dihabiskan.

Teknologi transformatif tersebut bernama IoT atau *Internet of Things* yang berpotensi merevolusi berbagai industri melalui kontrol dan pemantauan ekstensif secara jarak jauh (Hercog dkk. 2023). Kemampuan teknologi IoT dalam memberikan data secara jarak jauh membuka jalan bagi pelaku industri untuk merealisasi efisiensi

bahan bakar khususnya pada transportasi laut. Hal ini senada dengan penelitian yang dilakukan Suci dkk. (2023), yang menyatakan IoT memungkinkan integrasi mesin, sistem, dan proses untuk meningkatkan efisiensi operasional dan *predictive maintenance*.

Langkah untuk melakukan efisiensi dengan kontrol melalui teknologi IoT juga dinilai tepat mengingat minyak fosil akan habis di tahun 2070 (Review 2016) sehingga pelaku industri tidak hanya menghemat biaya operasional, tetapi secara tidak langsung juga menjaga lingkungan secara berkelanjutan. Dengan demikian, operasi akan dipastikan berjalan secara optimal dengan memanfaatkan bahan bakar secara maksimal. Sebaliknya, salah satu dampak yang ditimbulkan dari belum diterapkannya teknologi ini adalah kurangnya kontrol yang mengakibatkan celah pada pelanggaran hukum. Pada tahun 2020 terdapat kasus penggelapan bahan bakar yang mencapai 2.5 ton liter (Aditya 2022), sehingga menimbulkan kerugian negara mencapai 710 juta rupiah. Hal ini dapat diatasi menggunakan sistem monitoring berbasis IoT yang memungkinkan pemantauan secara jarak jauh. Sistem monitoring berbasis IoT yang dimaksud adalah suatu sistem yang menggunakan *Internet of Things* untuk memantau dan menyimpan data dari berbagai sensor. Dalam penelitian ini maka akan dikembangkan Sistem Monitoring berbasis IoT yang akan bekerja sama dengan salah satu perusahaan swasta yang bergerak di bidang transportasi laut sebagai mitra, yaitu PT Bisma Jaya.

PT Bisma Jaya merupakan perusahaan jasa maritim yang menyediakan berbagai jenis kapal untuk kebutuhan transportasi laut. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari Direktur Operasional perusahaan, saat ini digunakan laporan harian dan bulanan sebagai acuan dalam mengestimasi jumlah bahan bakar yang diperlukan di bulan berikutnya. Permasalahan yang umum terjadi adalah waktu sampai yang lebih lama dari estimasi dan sulitnya mengontrol konsumsi bahan. Sistem Monitoring berbasis IoT dinilai cocok untuk menuntaskan permasalahan tersebut, dimana sistem memungkinkan pemantauan data kecepatan mesin dan bahan bakar secara jarak jauh agar sesuai dengan ketentuan yang berlaku, memastikan penggunaan bahan bakar termaksimal dengan maksimal.

Untuk merealisasi penelitian ini dibutuhkan lintas disiplin ilmu, yakni

elektronika dan komputer. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode pengembangan sistem yang lebih menekankan kolaborasi serta komunikasi yang baik. Terdapat metode *Waterfall*, yang merupakan proses desain sekuensial yang digunakan dalam proyek pengembangan perangkat lunak. Ini mengikuti perkembangan linier melalui fase yang berbeda, termasuk pengumpulan dan analisis kebutuhan, desain, pengkodean, pengujian, dan pemeliharaan (Abbas 2016). Metode ini, mengasumsikan kebutuhan telah final di awal proyek, serta tiap fase harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum lanjut ke fase berikutnya. Oleh karenanya, metode ini tidak cocok untuk diterapkan pada sistem yang memiliki kebutuhan yang dinamis. Sehingga, penggunaan metode *Waterfall* dirasa kurang cocok dalam pengembangan Sistem Monitoring berbasis IoT dikarenakan sulitnya untuk mengatur perubahan dan beradaptasi pada kebutuhan yang berkembang.

Agile merupakan pendekatan yang secara efektif dapat beradaptasi dengan kebutuhan yang berubah-ubah, yang mana ini sulit untuk diatur pada model *Waterfall*. Salah satu metode yang populer adalah Scrum. Scrum merupakan metodologi yang berfokus pada pengembangan berulang dan bertahap, fleksibilitas, dan perbaikan terus menerus. Metodologi ini sangat cocok untuk pengembangan proyek skala masif dengan personel pengembang yang banyak.

Lalu terdapat metode *Extreme Programming* (XP), sebuah metode *agile* yang menekankan pada kolaborasi, adaptasi, dan pengembangan iteratif (Matharu dkk. 2015). *Extreme Programming* metode yang ideal untuk digunakan tim skala kecil menengah dalam mengembangkan perangkat lunak dengan cepat serta fleksibel dalam menghadapi perubahan. Salah satu prinsip dari metode ini adalah keterlibatan pelanggan (Matharu dkk. 2015). Hal ini memastikan perangkat lunak memenuhi kebutuhan pelanggan dan mengurangi risiko pengembangan fitur yang tidak diperlukan.

Berdasarkan pertimbangan pilihan metode yang sudah dilakukan, metode yang paling cocok untuk diterapkan pada studi kasus penelitian ini adalah metode *Extreme Programming* (XP) karena dari perusahaan membutuhkan sistem yang dapat dengan cepat diimplementasikan tanpa harus melalui proses dokumentasi yang banyak. Metode ini cocok untuk pengembangan sistem dengan tim yang sedikit dan

dalam kurun waktu yang relatif singkat, serta bersifat fleksibel terhadap perubahan dikarenakan adanya kemungkinan perubahan kebutuhan terkait fitur-fitur yang ada pada sistem.

Diharapkan dengan adanya penelitian ini, Sistem Monitoring pada mesin diesel yang dikembangkan dapat membantu PT Bisma Jaya khususnya Direktur Operasional dalam melakukan pemantauan penggunaan bahan bakar serta menjaga efektivitas armada kapal yang sedang beroperasi yang mulanya melalui laporan harian/bulanan yang dibuat secara manual menjadi sistem yang dapat menyajikan data historis dan dapat diakses kapan saja.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari penelitian, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana sistem monitoring dirancang menggunakan metode Extreme Programming?
2. Bagaimana sistem monitoring dikembangkan menggunakan metode Extreme Programming?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk merancang sistem monitoring menggunakan metode Extreme Programming.
2. Untuk mengembangkan sistem monitoring menggunakan metode Extreme Programming.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membantu perusahaan dalam melakukan pengawasan dan kontrol konsumsi bahan bakar armada kapal selama operasi.
2. Membantu perusahaan dalam memastikan efektivitas operasi

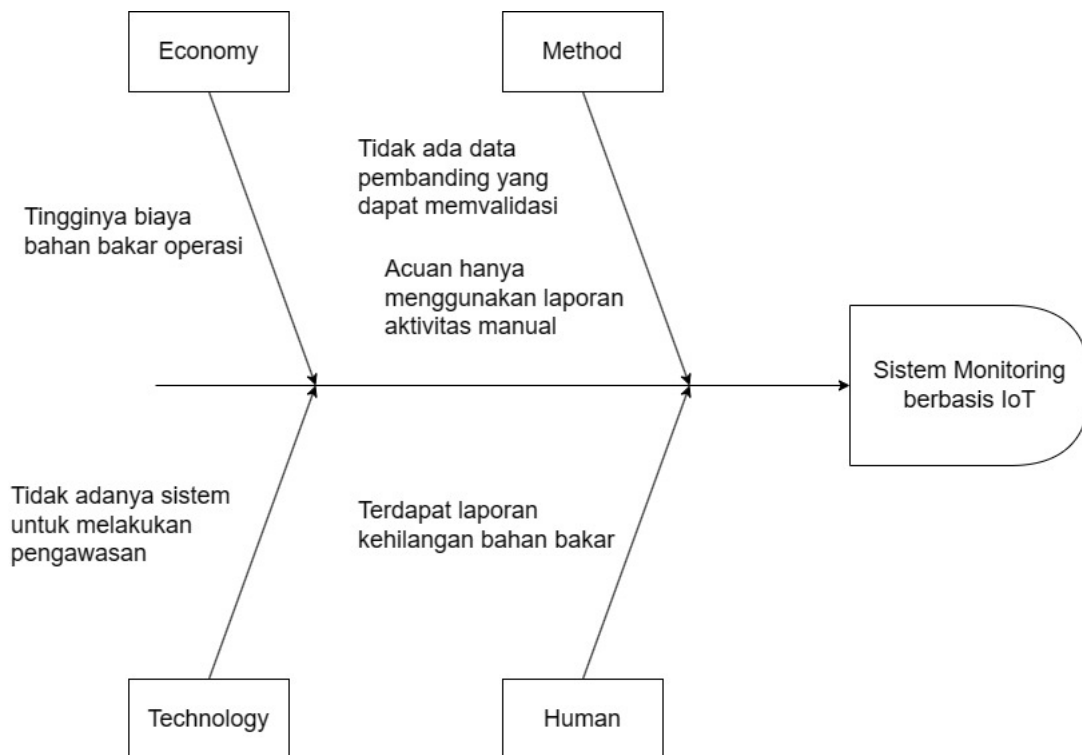
1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Fokus utama pada penelitian ini adalah pengembangan Sistem Monitoring berbasis web
2. Pada penelitian ini diterapkan 3 layer arsitektur IoT teratas: App Layer, Data Processing Layer, dan Network Layer (Penjelasan lebih detail terdapat di Bab Metode)
3. Sistem Monitoring berbasis IoT dikembangkan menggunakan framework NextJS, Django, dan MySQL sebagai Database Management Systems (DBMS)

1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian

Berikut kerangka pikiran pada penelitian ini.



Gambar 1.1. Kerangka Penelitian

Gambar 1.1 merupakan kerangka pemikiran penelitian yang bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai urgensi implementasi sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* di PT Bisma Jaya. Perusahaan ini dihadapkan pada masalah utama berupa tingginya pengeluaran untuk bahan bakar selama operasionalnya, yang dipengaruhi oleh sejumlah permasalahan dalam aspek-aspek ekonomi, metode, teknologi, dan manusia.

Kategori ekonomi, laporan harian secara rutin dibuat setiap malamnya oleh tim operasional kapal. Selama operasi, mereka menjaga catatan aktivitas dalam sebuah jurnal yang mencatat waktu perjalanan dan berhenti kapal. Namun, terdapat kekurangan dalam pencatatan yaitu tidak adanya pencatatan jumlah jam operasi pada tiap kategori operasi tertentu. Akibatnya, ketika mereka membuat laporan, nilai running hour untuk tiap kategori operasi hanya dapat diestimasikan saja, yang bisa berpotensi mengakibatkan perhitungan konsumsi bahan bakar lebih tinggi dari seharusnya. Informasi lebih lanjut mengenai kategori operasi dapat dilihat pada Bab II bagian Metode Perhitungan Bahan Bakar.

Kategori metode, perusahaan selama ini mengandalkan laporan bulanan yang

dibuat tim operasional kapal. Hanya saja, tidak ada data faktual yang dapat dijadikan pembandingan terhadap laporan yang dibuat. Selain itu, laporan tersebut baru diterima setiap akhir bulan, sehingga perusahaan tidak memiliki data apapun hingga mendapat temuan dari pihak pengguna.

Kategori teknologi, tidak adanya suatu sistem monitoring yang dipasang pada armada juga menjadi salah satu masalah utama perusahaan. Selama ini, perusahaan hanya mengandalkan data dari AVTS untuk mengetahui data *running hour*, kecepatan (knot), dan posisi. Tetapi, alat ini tidak dapat memberikan informasi detail terkait kecepatan mesin dan konsumsi bahan bakar.

Kategori manusia, pengguna jasa perusahaan telah mengalami situasi di mana mereka melaporkan adanya kejadian kehilangan bahan bakar. Sebelum armada kapal mengisi ulang bahan bakarnya, operator fuel management pengguna jasa akan melakukan pengukuran yang dikenal dengan istilah "sounding." Hasil dari pengukuran ini akan dibandingkan dengan laporan harian yang disusun oleh tim operasional kapal. Apabila ditemukan selisih sebesar lebih dari 100 liter, operator *fuel management* akan melaporkan indikasi kehilangan yang dapat mengakibatkan dikenakan denda.

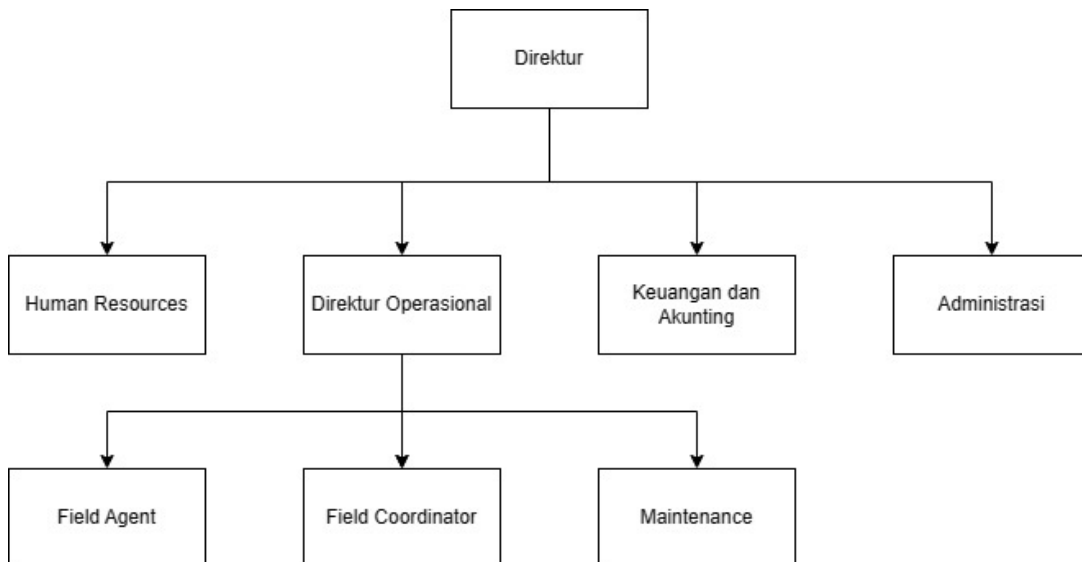
Secara garis besar, didapatkan inti permasalahan yang terjadi di PT Bisma Jaya adalah tingginya biaya bahan bakar operasional pada sejumlah kapal, sehingga pada penelitian ini akan dikembangkan Sistem Monitoring mesin diesel yang akan membantu perusahaan dalam melakukan pemantauan jumlah bahan bakar selama operasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PT Bisma Jaya

PT Bisma Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di industri transportasi angkutan laut yang berbasis di Balikpapan, Kalimantan Timur. Sejak tahun 2011, perusahaan telah menyediakan berbagai jenis kapal untuk kebutuhan transportasi industri. Dalam menjalankan tugasnya PT Bisma Jaya memiliki struktur organisasi seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur Organisasi PT Bisma Jaya

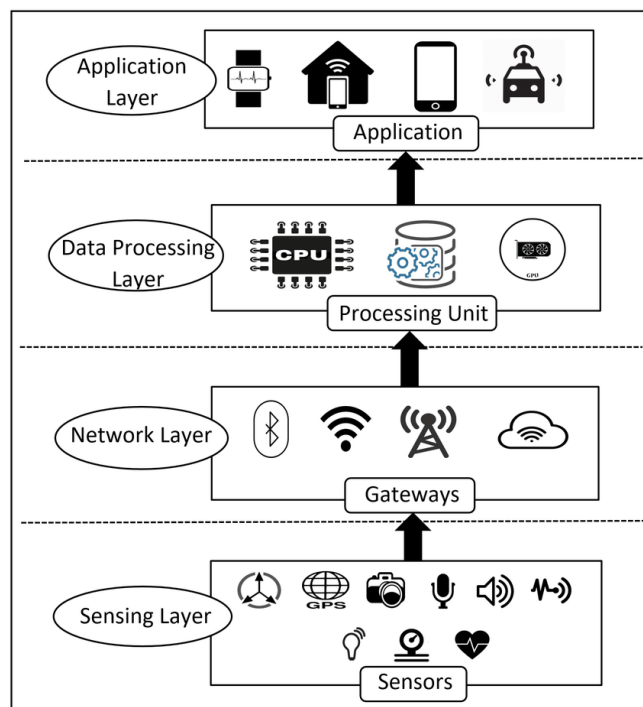
Gambar 2.1 memberikan gambaran struktur organisasi dari PT Bisma Jaya yang dipimpin oleh Direktur yang membawahi *Human Resource*, Direktur Operasional, Keuangan dan Akunting, dan Administrasi. Direktur Operasional membawahi beberapa bagian seperti *Field Agent*, *Field Coordinator*, dan *Maintenance*. Seluruh kegiatan operasional kapal berada dalam tanggung jawab Direktur Operasional yang memastikan seluruh operasi berjalan dengan lancar serta membuat keputusan strategis dalam mengelola biaya operasional.

Dalam penelitian ini, peneliti akan lebih banyak berkomunikasi dengan Direktur Operasional. Diharapkan Sistem Monitoring yang akan dibuat dapat

memberikan wawasan mengenai performa armada kapal sekaligus menjadi acuan dalam keputusan jadwal pengisian bahan bakar.

2.2 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) merujuk pada keterhubungan antara obyek, perangkat, mesin satu dengan lainnya dan internet mengizinkan mereka untuk mengumpulkan dan menukar data (Gazis 2021). Secara arsitektur IoT dapat dibagi menjadi 4 lapisan utama: *sensing layer*, *network layer*, *data processing layer*, dan *application layer* (Sikder dkk. 2018). Detailnya dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Lapisan dan Komponen Arsitektur IoT (Sikder dkk. 2018)

Berikut gambaran umum pada setiap lapisan:

1. *Sensing Layer*

Lapisan ini bertanggung jawab untuk memanfaatkan berbagai sensor dan perangkat untuk mengumpulkan data. Sensor seringkali memberikan data berupa angka mentah seperti tegangan. Oleh karena itu, perangkat IoT dapat memprosesnya terlebih dahulu sebelum dikirim ke server - disebut juga dengan

edge-computing - atau langsung meneruskan data tersebut ke lapisan jaringan untuk diproses di server.

2. *Network Layer*

Lapisan ini bertugas mengirimkan data yang diperoleh sensor ke lapisan pemrosesan data untuk diolah. Lapisan ini juga bertugas mengawasi bagaimana perangkat jaringan IoT berkomunikasi satu sama lain. Untuk menjaga keamanan komunikasi, digunakan token autentikasi setiap adanya pengiriman data ke *server*.

3. *Data Processing Layer*

Pemrosesan dan analisis data sensor berada di bawah lingkup lapisan ini. Selain itu, ia bertugas mengelola dan menyimpan data. Lapisan pemrosesan data sangat penting untuk menghasilkan wawasan berharga dan mengambil tindakan yang sesuai berdasarkan data yang dikumpulkan.

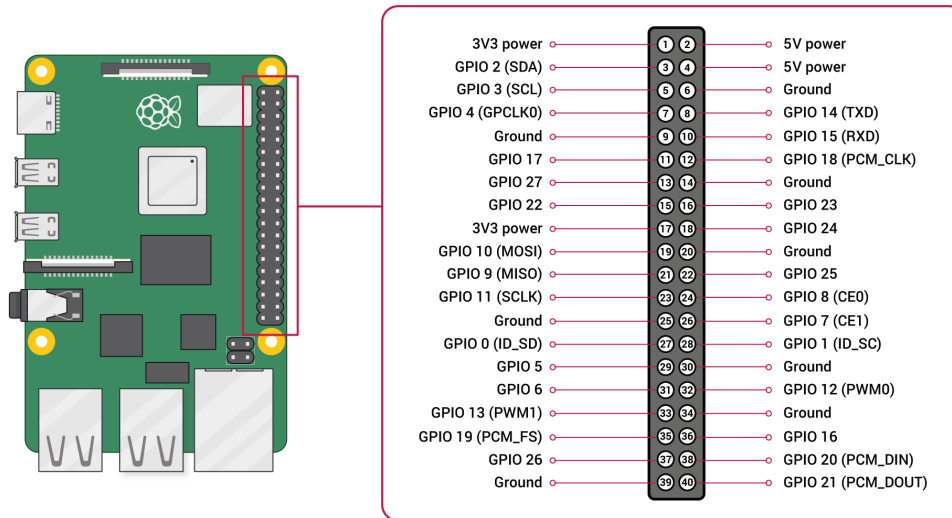
4. *Application Layer*

Dengan menggunakan data yang dikumpulkan dan diproses, lapisan ini bertanggung jawab untuk memberikan *actionable insight* kepada pengguna akhir. Lapisan ini juga bertugas memastikan kerahasiaan dan keamanan data yang diproses dan dianalisis dan merupakan lapisan teratas dalam arsitektur IoT.

2.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan *single-board computer* (SBC) yang telah mendapatkan perhatian dan popularitas yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Teknologi inovatif ini memungkinkan berbagai penerapan dan sekarang penting dalam bidang ilmu dan teknik komputer (Johnston dan Cox 2017). Raspberry Pi adalah pilihan yang bagus untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT) karena portabilitasnya, paralelismenya, keterjangkauannya, dan konsumsi dayanya yang rendah (Hosny dkk. 2023). Hal yang membuat Raspberry Pi dapat diandalkan sebagai perangkat IoT adalah adanya 40 pin GPIO yang memungkinkan ia dihubungkan ke beragam sensor

dengan berbagai *interface*. Raspberry Pi serta informasi GPIO dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Raspberry Pi dan 40 pin GPIO

Setiap pin GPIO dapat digunakan sebagai pin input maupun output, dan dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Terdapat pin 5v dan 3.3v yang berjumlah masing-masing 2, juga beberapa pin *ground* yang tidak dapat dikonfigurasi. Sisanya merupakan pin *general purpose* 3.3v, yang berarti output diatur ke 3.3v dan input toleran dengan nilai 3.3v. Pin output dapat diatur ke *high* (3.3v) dan *low* (0v). Begitu juga dengan pin input, dapat membaca *high* (3.3v) dan *low* (0v). Selain itu, pin GPIO juga dapat digunakan untuk kebutuhan yang memerlukan jenis pin yang spesifik seperti *PWM* (*pulse-width modulation*) untuk membuat sinyal analog; *SPI* (*serial peripheral interface*) untuk transfer data antar Raspberry Pi dengan perangkat perifer; *I2C* (*inter-integrated circuit*) untuk komunikasi dengan berbagai jenis sensor; dan Serial untuk pembacaan data serial.

2.4 Perbandingan SDLC

Berikut adalah perbandingan dari metodologi *Extreme Programming* dengan salah satu metode *sequential*, yaitu Waterfall dan metode Agile lainnya, yaitu Scrum menurut Fahrurrozi dan Azhari (2013) dan Suryantara dan Andry (2018).

Tabel 2.1. Perbandingan metodologi SDLC

Tahapan dalam pengembangan	<i>Extreme Programming</i>	<i>Waterfall</i>	Scrum
<i>Planning</i>	Pada tahap ini dilakukan pengumpulan kebutuhan sistem dan menjadikannya dalam bentuk <i>user story</i> dan diurutkan berdasarkan tingkat kesulitannya. Developer kemudian memutuskan <i>user story</i> apa saja yang akan dikerjakan pada iterasi mendatang.	Tahap ini merupakan langkah awal dimana kebutuhan proyek dikumpulkan dan dianalisis.	Tahap ini dibagi menjadi 2 bagian: Sprint Planning dan Release Planning. Sprint Planning dilakukan setiap awal sprint dan melibatkan tim untuk memilih pekerjaan yang akan mereka selesaikan di sprint tersebut. Release Planning dilakukan setiap awal rilis dan melibatkan tim merencanakan fitur yang akan dimasukkan ke rilis tersebut.
<i>Analysis</i>	<i>User story</i> kemudian dianalisis dan dibuat menjadi task yang dapat dikerjakan.	Pada Tahap ini kebutuhan yang dikumpulkan akan dipecahkan menjadi potongan yang dapat dikelola.	Analisis terjadi saat Sprint <i>Planning</i> , dimana tim akan memilih pekerjaan yang akan mereka selesaikan di sprint tersebut

Tahapan dalam pengembangan	<i>Extreme Programming</i>	Waterfall	Scrum
<i>Design</i>	Tim bekerja dalam iterasi singkat untuk menghasilkan software yang berfungsi, dan desainnya berkembang seiring kemajuan proyek.	Tahap desain melibatkan pembuatan rencana rinci untuk software berdasarkan persyaratan yang dikumpulkan dalam fase perencanaan dan analisis.	Perancangan terjadi selama Sprint <i>Planning</i> , dimana tim memilih pekerjaan yang akan mereka selesaikan selama sprint.
<i>Implementation</i>	Pengembang bekerja dalam waktu singkat untuk menghasilkan software yang berfungsi, dan implementasinya berkembang seiring kemajuan proyek.	Tahap implementasi melibatkan koding software berdasarkan rencana rinci yang dibuat pada fase desain.	Implementasi terjadi selama sprint, dimana tim menyelesaikan pekerjaan yang mereka pilih selama Sprint <i>Planning</i> .
<i>Support & Security</i>	Support dan security adalah proses yang berlangsung sepanjang proyek. Tim bekerja dalam waktu singkat untuk menghasilkan software yang berfungsi, dan perangkat lunak tersebut terus diperbarui dan dipelihara.	Tahap support dan security terjadi setelah software dikirimkan. Tahap ini melibatkan pemeliharaan dan pembaruan perangkat lunak untuk memastikannya terus memenuhi kebutuhan pengguna.	Support dan security terjadi setelah perangkat lunak dikirimkan. Fase ini melibatkan pemeliharaan dan pembaruan perangkat lunak untuk memastikannya terus memenuhi kebutuhan pengguna.

Tahapan dalam pengembangan	<i>Extreme Programming</i>	Waterfall	Scrum
----------------------------	----------------------------	-----------	-------

Secara garis besar, *Software Development Life Cycle* memiliki lima tahapan, yaitu *Systems Planning*, *Systems Analysis*, *Systems Design*, *Systems Implementation*, dan *System Support and Security*. Metode *Sequential* dan *Agile* memiliki cara implementasi yang cukup berbeda. Pada metode sekuensial seperti Waterfall, perangkat lunak dikembangkan secara linear. Artinya, sebelum tahap selanjutnya, tahap sebelumnya sudah harus diselesaikan. Adanya perbedaan atau perubahan mengharuskan pengembang untuk kembali ke tahap awal. Sedangkan, pada metode *Agile* seperti *Extreme Programming (XP)* atau Scrum, aktivitas di tahapan-tahapan tersebut dapat secara dinamis berubah dan akan menyesuaikan kembali di tahapan sebelumnya. Oleh karenanya, metode sekuensial tidak akan dipilih pada penelitian ini.

Lebih lanjut, komparasi antara metode *Agile* yaitu XP dengan Scrum pada fase perencanaan. Pada XP, perencanaan dilakukan menjadi dua bagian, yakni *Release Planning* dan *Iteration Planning*. Tujuan *Release Planning* adalah untuk mengetahui fitur apa saja yang diperlukan sistem dan kapan fitur tersebut dikerjakan. Lalu, terdapat *Iteration Planning* yang dilakukan setiap awal iterasi. Pada fase ini, pengembang menyiapkan rencana untuk mengimplementasi fitur yang pada rilis saat itu. Kemudian kebutuhan sistem akan dibuat menjadi task berdasarkan *user story* yang dibuat. Urutan pengerjaan akan dikelompokkan menjadi Iterasi yang berisi kumpulan *user story* yang telah diprioritaskan. Pengerjaan teknis yang dilakukan selama iterasi meliputi analisis, desain sederhana, pengkodean, dan testing. Sedangkan untuk Scrum, perencanaan dibagi menjadi dua bagian yakni *Sprint Planning* dan *Release Planning*. Singkatnya, *Release Planning* berisi seluruh fitur yang akan dikembangkan dan pengerjaannya dibuat menjadi backlog yang kemudian akan dibagi di *Sprint Planning* di setiap awal sprint.

Pada tahap implementasi, XP dan Scrum sebenarnya tidak begitu jauh berbeda karena mengadopsi pendekatan yang sama. Namun, terdapat beberapa perbedaan

utama diantara keduanya. Pertama, satu iterasi (yang disebut dengan sprint) pada Scrum dikerjakan selama 2 pekan hingga 1 bulan. XP mengerjakan satu iterasi lebih singkat yakni hanya 1 hingga 2 pekan saja; Kedua, sprint tidak boleh diubah selesai ditetapkan ketika *sprint planning*. Komitmen harus dipegang untuk menyelesaikan item backlog. XP lebih fleksibel terhadap perubahan dalam iterasi selama fitur tersebut belum dikerjakan. Task dengan ukuran sebanding dapat ditukar ke iterasi sebagai ganti dari fitur yang belum dimulai; Ketiga, pengerjaan fitur pada XP ditentukan oleh urutan prioritas. Sedangkan pada Scrum, prioritas backlog tidak menjadi acuan dalam penentuan item yang akan dikerjakan di suatu Sprint, karena bisa jadi pengembang yang akan mengerjakan fitur tersebut harus fokus dengan item yang memiliki prioritas yang tinggi pada sprint yang sama.

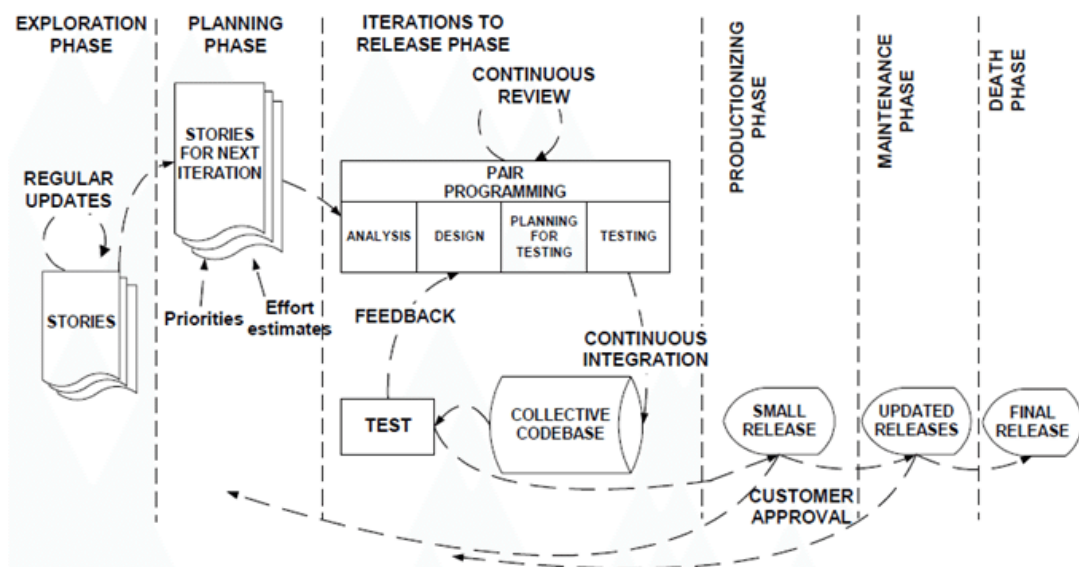
Pada akhirnya, dalam penelitian ini dipilihlah metode Extreme Programming (XP) dengan beberapa pertimbangan seperti perbaikan atau penambahan fitur baru ditengah fase iteration to release, juga dari hasil jurnal dengan judul serupa. Riset yang dilakukan Rumandan (2023), berfokus pada pengembangan sistem informasi *customer service* menggunakan metode *Extreme Programming (XP)* dimana ia menggaris bawahi kemampuan XP dalam memungkinkan interaksi pengguna secara langsung sehingga dapat segera menangani informasi dan resolusi komplain. Matharu dkk. (2015) mendeskripsikan XP sebagai metodologi yang mendukung pengembangan perangkat lunak secara iteratif oleh tim skala kecil, sehingga meningkatkan produktivitas dan kualitas perangkat lunak untuk memenuhi kebutuhan yang terus berkembang.

2.5 *Extreme Programming (XP)*

Extreme Programming (XP) adalah pendekatan *agile software development* yang memberikan penekanan pada kerja sama, pengembangan iteratif dan berulang, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan kebutuhan. XP merupakan metodologi sederhana yang dibuat untuk tim pengembang kecil yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas perangkat lunak (Matharu dkk. 2015). Kesulitan yang ditimbulkan oleh siklus pengembangan yang panjang dalam praktik pengembangan perangkat lunak konvensional menyebabkan terciptanya XP (G. Rao,

Krishna, dan K. Rao 2013).

Ada berbagai prinsip dasar yang mendefinisikan XP. *Continuous planning*, yang memerlukan komunikasi dan kolaborasi rutin antara pengembang dan pemangku kepentingan untuk memastikan bahwa tujuan dan persyaratan proyek dipahami dan dipenuhi (Matharu dkk. 2015). Siklus hidup pada metode *Extreme Programming* meliputi *Exploration Phase*, *Planning Phase*, *Iteration to Release Phase*, *Productionizing Phase*, *Maintenance Phase*, dan *Death Phase*. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.4. Siklus Hidup Metode *Extreme Programming* (Anwer dkk. 2017)

Berikut penjelasan detail untuk setiap fase:

1. **Exploration Phase:** Pada fase ini, dihasilkan *user story* yang dibuat berdasarkan hasil pengambilan data baik dari observasi, interview, dan dialog dengan mitra. *User story* ini dapat bertambah seiring waktu mengikuti kebutuhan mitra.
2. **Planning Phase:** Selanjutnya, *user story* yang sebelumnya dibuat akan dikumpulkan dan diprioritaskan berdasarkan perhitungan poin story. Ini akan membantu kita dalam menentukan *user story* mana yang akan dikerjakan pada iterasi berikutnya.

3. **Iteration to Release Phase:** Tahap iterasi merupakan tahap dimana pengembang akan mengimplementasi sistem berdasarkan *user story* yang ditentukan. Pertama, dilakukan tahap analisis untuk mengonversi kebutuhan mitra menjadi user flow untuk desain tampilan dan algoritma untuk logika sistem. Lalu, dilakukan desain tampilan sesuai dengan user flow yang dihasilkan dan dilakukan perencanaan untuk pengujian. Terakhir, dilakukan pengujian oleh pengembang sebelum kode diunggah ke repositori. Proses programming dilakukan secara parallel dari tahap analisis hingga pengujian. Setelah sistem berhasil melewati unit test dan integration test, sistem akan diuji oleh mitra dan hanya dapat lanjut ke tahap berikutnya setelah mendapatkan persetujuan.
4. **Productionizing Phase:** Sistem yang telah diunggah di repositori akan diluncurkan di server dengan mode development. Ini memungkinkan mitra untuk melakukan pengujian fitur yang masih dalam proses persetujuan serta memberikan umpan balik secara berkala.
5. **Maintenance Phase:** Iterasi yang mendapatkan persetujuan selanjutnya akan diluncurkan pada tahap ini. Dapat dikatakan sistem yang terdapat pada tahap ini merupakan gambaran terakhir dari sistem secara keseluruhan.
6. **Death Phase:** Ini merupakan tahap terakhir dimana sistem akan diluncurkan secara penuh di server dengan mode production.

Melihat dari tantangan industri mitra yang dinamis serta perlunya kolaborasi yang kuat dari berbagai lintas disiplin ilmu untuk mewujudkan Sistem Monitoring berbasis IoT ini, diputuskanlah metode Extreme Programming sebagai metodologi pengembangan perangkat lunak yang menekankan pada komunikasi dan kolaborasi serta sifatnya yang agile memungkinkan pengembang untuk menjawab berbagai tantangan industri tanpa interupsi selama proses pengembangan sistem.

2.6 *User Story*

User story merupakan deskripsi singkat sebuah fitur dari perspektif pengguna akhir, biasanya ditulis dengan format seperti berikut 'As WHO, I want WHAT, so

that WHY' (Dwitama dan Rusli, 2020). Menurut Raharjana dkk. (2023) User story merupakan bagian fundamental dari pengembangan agile dengan membantu pengembang dalam memahami kebutuhan pengguna dengan efektif. User story sendiri tidak hanya digunakan untuk melakukan pengumpulan kebutuhan tetapi juga dapat dikonversi menjadi automated test case sehingga mempercepat proses testing.



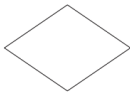

Pada metode Extreme Programming, user story memainkan peran penting pada Exploration Phase dimana hasil dari user story sendiri akan menjadi task yang dapat dikerjakan oleh pengembang. Selain berisi deskripsi singkat, pada fase selanjutnya user story nantinya akan memiliki tingkat prioritas serta estimasi waktu untuk menentukan iterasi task.

2.7 Entity Relationship Diagram

Entity relationship diagram basis data direpresentasikan secara visual dalam diagram hubungan entitas (ERD). Dengan menggunakan metode *top-down*, ini mewakili hubungan antara entitas dan atributnya dan mengatur data berdasarkan informasi semantik (Chen 1976). Untuk memberikan representasi yang jelas dan ringkas tentang struktur dan hubungan dalam database, ERD sering digunakan dalam desain dan pemodelan database (Supriyadi, Andryana, dan Gunaryati 2022). Simbol atau notasi ERD dapat dilihat pada Gambar dibawah.

ERD memiliki tiga komponen utama sebagai notasi. Pertama terdapat entitas, yang merupakan objek yang bersifat konkret maupun abstrak. Pada penerapan di MySQL, objek dapat dituangkan menjadi tabel; Kedua, atribut/field untuk mendeskripsikan karakteristik suatu entitas. Ini akan diimplementasi menjadi kolom dari masing-masing tabel; Terakhir, relasi yang menggambarkan hubungan antar entitas. Misal, Perusahaan memiliki Kapal atau User merupakan bagian dari Perusahaan. Relasi ini kemudian dipetakan bagaimana data berhubungan satu sama lainnya yang terbagi menjadi empat, yaitu:

1. One to One (1:1): Setiap entitas A dapat berhubungan paling banyak dengan satu pada himpunan entitas B. Misal, satu Kapal hanya dapat memiliki satu Konfigurasi.

Name	Symbol	Meaning
Entity		Object with the properties and the functions
Attribute		Behavioral values of entities
Relationship		Relationships among the database components
Links		Connectivity between the entities, relationships and the attributes

Gambar 2.5. Simbol pada ERD (Begum, 2015)

2. One to Many (1:M): Setiap entitas A dapat berhubungan lebih dari satu anggota entitas B. Misal, satu Perusahaan dapat memiliki banyak Kapal.
3. Many to One (M:1): Ini merupakan kebalikan dari relasi One to Many. Misal, banyak User dapat mengakses satu Kapal.
4. Many to Many (M:N): Setiap entity pada kumpulan entitas A dapat berhubungan dengan banyak entitas pada kumpulan entitas B. Misal, banyak User dapat mengakses banyak Kapal.

2.8 MySQL

MySQL adalah sistem manajemen *database open-source* yang umum digunakan sebagai penghubung perangkat lunak dengan *database* server. MySQL dapat secara efektif mengelola banyak pengguna secara bersamaan dan data dalam jumlah masif (Gómez-Hernández dkk. 2023). Kemampuan query yang cukup kuat

dan banyaknya dokumentasi menjadi pertimbangan pemilihan database pada sistem yang akan dibangun.

Dalam penelitian ini, MySQL akan digunakan sebagai tempat menyimpan metadata sekaligus data yang dikumpulkan dari sensor. Sistem Monitoring dapat berinteraksi dengan *database* yang dimungkinkan oleh API atau *Application Programming Interface*.

2.9 Application Programming Interface

Application Programming Interface (API) merupakan sekumpulan aturan dan protocol yang memungkinkan perangkat lunak berbeda untuk berkomunikasi satu dengan lainnya (Raatikainen et al, 2021). Pada pengembangan sistem berbasis web, API dilayani (serve) dalam bentuk tautan atau disebut juga dengan *endpoint* yang memiliki jenis *request* seperti POST, GET, UPDATE, PUT, dan DELETE sehingga klien dapat menyisipkan data atau *payload* ketika melakukan permintaan. Data ini kemudian diolah di server dan diteruskan ke basis data untuk disimpan.

Dalam penelitian ini, tiap *endpoint* akan selalu dilengkapi dengan token autentikasi agar hanya klien yang memiliki otorisasi yang dapat mengirim permintaan ke server. Tiap perangkat IoT yang dipasang akan dilengkapi dengan *authentication key* masing-masing untuk mengidentifikasi sumber perangkat. API digunakan agar memungkinkan perangkat IoT yang dipasang di kapal dapat mengirim data yang diperoleh ke server melalui *endpoint* yang sudah didefinisikan.

2.10 Django

Django merupakan framework Python dalam pengembangan web. Python adalah bahasa pemrograman populer yang digunakan secara luas di berbagai bidang. Ia terkenal dengan syntaxnya yang singkat dan sederhana, sehingga cocok untuk otomatisasi proses dan pengintegrasian aplikasi (Bühler dkk. 2022). Popularitas Python dapat dikaitkan dengan kemampuan beradaptasi dan ketersediaan berbagai library dan framework yang mempercepat dan menyederhanakan pengembangan (Malloy dkk. 2017).

Framework ini akan digunakan untuk menyediakan *Application Programming*

Interface (API) agar perangkat IoT dapat mengirim data ke server. Salah satu alasan kuat digunakannya Django adalah menjaga konsistensi tipe data yang dikirim oleh perangkat IoT. Selain itu, adanya library Python seperti Numpy memungkinkan kita untuk mengelola data berukuran masif dengan waktu relatif lebih cepat sehingga ketika pemrosesan data tidak memakan waktu lama.

2.11 NextJS

NextJS merupakan framework Javascript yang menjadi standar dalam pengembangan web modern berbasis JavaScript. JavaScript sendiri merupakan bahasa pemrograman yang sering digunakan khususnya pada pemrograman web. Menurut Tomasdottir, Aniche, dan Deursen (2020). Umumnya web dengan framework JavaScript dimuat disisi klien atau browser pengguna, disebut juga dengan *Client Side Rendering* (CSR). Namun, NextJS memungkinkan web untuk dimuat di server terlebih dahulu, disebut juga dengan *Server Side Rendering* (SSR) sehingga web dapat lebih cepat untuk dimuat.

Dalam penelitian ini, NextJS digunakan dalam pengembangan frontend atau tampilan dari sistem. Hal ini digunakan untuk meningkatkan pengalaman pengguna dengan kombinasi fitur CSR dan SSR yang dimiliki NextJS untuk mengelola data serta tampilan dari sistem.

2.12 Whitebox Testing

Whitebox testing, dikenal juga sebagai *structural testing* merupakan sebuah metode untuk memeriksa struktur internal dari perangkat lunak menjadi desain test case berdasarkan struktur kontrol desain (Nidhra and Dondeti., 2012). White box testing merupakan pengujian yang dilakukan untuk menguji perangkat lunak dengan cara menganalisis struktur internal dan kode perangkat lunak. Pengujian ini berfokus pada aliran/flow input dan output dari perangkat lunak. Berikut teknik-teknik struktural pada Whitebox testing:

1. Control flow/Coverage testing

- Statement coverage

- Branch coverage
- Decision/condition coverage
- Function coverate

2. Basic path testing

- Flow graph notation
- Cyclomatic complexity
- Deriving test case
- Graph matrices

3. Loop testing

- Simple loop
- Nested loop
- Concatenated loop
- Unstructured loop

4. Data flow testing

Pada penelitian ini, pengujian *Whitebox* digunakan untuk memastikan bahwa output dari data yang telah diproses telah sesuai dengan yang diharapkan. Contoh, ketika melakukan konversi log data menjadi nilai *running hour* peneliti harus memastikan penjumlahan data tersebut akan menghasilkan output jam dan menit. Oleh karenanya, pengujian ini sangat penting guna menghasilkan data yang dapat diandalkan ketika diproses di 'Data Processing Layer' sebelum diantar ke 'App Layer'.

2.13 *Blackbox Testing*

Blackbox testing, juga dikenal sebagai functional testing merupakan sebuah metode pengujian untuk memverifikasi bahwa sistem telah bekerja dengan semestinya berdasarkan kebutuhan yang telah ditentukan (Noerlina dkk, 2020). Pada metodologi XP, tim pengembang dapat memastikan perangkat lunak telah memenuhi ekspektasi

pengguna dan fungsi secara benar tanpa perlu mengetahui bagaimana sistem internal bekerja (Hendri dkk, 2020) yang dimana ini penting untuk memvalidasi behavior perangkat lunak berdasarkan input dan output tanpa menyelidiki kode internal (Ekowati dkk, 2021). Contoh *test case* pada *Blackbox testing* dapat dilihat pada Gambar dibawah.

Test Code	Test Case	Test Steps	Expected Result	Actual Result	Pass/Fail
Test 1	Check Facebook login functionality with logged in Facebook user	1. Go to registration page 2. Click on "Login with Facebook" button	The window is redirected to Facebook, then to homepage with showing the Facebook timeline name on the top right of the bar. The name and details also saved in database.	As expected	Pass

Gambar 2.6. Contoh Test Case Blackbox Testing (Rahman, 2021)

Dalam penelitian ini, *blackbox testing* akan dilakukan setelah kode diunggah ke collective codebase secara bertahap sebagai proses persetujuan mitra. Umpan balik dari mitra akan menentukan apakah task akan dikerjakan sesuai dengan iterasi yang direncanakan atau di iterasi selanjutnya.

2.14 Metode Perhitungan Bahan Bakar

Dokumen Fuel Consumption Rate Verification (FCRV) digunakan sebagai salah satu acuan/bentuk kontrol bahan bakar kapal antara mitra dengan pengguna jasa dan hanya digunakan selama operasi di wilayah pengguna jasa. Dokumen ini berisi informasi kategori operasi berdasarkan rentang kecepatan mesin tertentu. Ini akan digunakan awak kapal ketika hendak melaporkan jumlah konsumsi bahan bakar berdasarkan jumlah running hour pada rentang angka kecepatan yang telah ditentukan. Berikut contoh isi dari Dokumen FCRV.

Tabel 2.2. Fuel Consumption Rate Verification (PT Bisma Jaya, Fuel Consumption Rate Verification Document. Unpublished confidential document; 2021)

Operation Category	Max Fuel Used (L)	RPM	Average Speed (knot)
Full Speed	28	1100	5
Economical Speed	18	900-1000	4
Slow Speed/Maneuver	11	700-800	3
Idle Speed	6	600	0
Standby (M/E Off)	0	0	0

Pada tabel diatas, terdapat 4 kategori operasi yakni Full Speed, Economical Speed, Slow Speed/Maneuver, dan Idle Speed. Full Speed adalah kondisi kecepatan mesin tertinggi yang hanya digunakan di laut lepas, nilai maksimum konsumsi bahan bakar (FCR) dalam 1 jam mencapai 28L. Lalu, terdapat Economical Speed. Ini merupakan kategori kecepatan tertinggi kedua dan yang paling sering digunakan ketika menyusuri sungai. Kategori ini memiliki rentang RPM 900-1000 dengan nilai FCR 18L dalam 1 jam. Selanjutnya terdapat Slow Speed, dimana kecepatan ini digunakan untuk mengatur posisi kapal di pelabuhan. Kategori ini memiliki rentang RPM 700-800 dengan nilai FCR 11L dalam 1 jam. Terakhir, Idle Speed dimana kapal dalam kondisi tidak bergerak namun mesin menyala. Rentang RPM pada kategori ini adalah 700 kebawah dan hanya memakan bahan bakar 6L dalam 1 jam.

Pada praktiknya, awak kapal hanya mengisi nilai running hour dari masing-masing kategori untuk mendapatkan nilai konsumsi bahan bakar. Nilai running hour ini sebelumnya didapatkan berdasarkan estimasi mengikuti jurnal aktivitas/pergerakan kapal. Setelah dipasang perangkat IoT di kapal, awak kapal dapat langsung mengikuti nilai running hour berdasarkan tiap kategori yang ditampilkan di sistem. Contoh pengisian tabel pada laporan adalah sebagai berikut.

Metode perhitungan bahan bakar ini nantinya akan diimplementasi pada satu halaman spesifik yang menampilkan konsumsi bahan bakar dalam rentang satu hari. Di halaman ini, pengguna dapat melakukan filter tanggal untuk memudahkan pemantauan data secara historis. Selain pihak manajemen, awak kapal juga dapat mengakses halaman ini sebagai acuan dalam pengisian nilai running hour yang sudah secara otomatis dikategorikan oleh sistem. Halaman ini merupakan salah satu fitur

Tabel 2.3. Contoh Laporan Penggunaan Bahan Bakar

Running Hour	Operation Category	Fuel Consumption (L)
01:00	Full Speed	28
02:30	Economical Speed	45
00:30	Slow Speed/Manuever	5.5
00:10	Idle Speed	1
Total		79.5

inti dari Sistem Monitoring yang akan dibuat dalam melakukan pemantauan bahan bakar berdasarkan perhitungan yang telah disepakati.

2.15 Penelitian Terdahulu

Berikut rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

Tabel 2.4. Penelitian terdahulu mengenai *Internet of Things* (IoT)

No	Nama Peneliti dan Tahun	Penelitian yang dilakukan
1	Abdulmalek dkk. (2022)	<p>Judul: <i>IoT-Based Healthcare-Monitoring System towards Improving Quality of Life: A Review</i></p> <p>Permasalahan: Kelemahan utama dari layanan kesehatan adalah hanya tersedia di rumah sakit, sehingga tidak memadai dan terkadang tidak mampu memenuhi kebutuhan lansia dan penyandang disabilitas. Pemantauan status kesehatan lansia secara real-time adalah masalah yang diselesaikan secara efektif dan praktis oleh <i>Internet of Things</i> (IoT) dengan penggunaan data sensor dan telekomunikasi.</p>

No	Nama Peneliti dan Tahun	Penelitian yang dilakukan
		<p>Hasil: Sistem kesehatan berbasis IoT memfasilitasi hidup orang dalam banyak cara.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Remote healthcare: Daripada pasien mendatangi layanan kesehatan, solusi nirkabel berbasis IoT menghadirkan layanan kesehatan kepada pasien. Sensor berbasis IoT digunakan untuk mengumpulkan data dengan aman, yang kemudian diproses oleh algoritma kecil dan dibagikan kepada penyedia layanan kesehatan untuk mendapatkan rekomendasi yang tepat. 2. Realtime monitoring: Sensor pemantauan berbasis IoT mengumpulkan serangkaian data psikologis. Penyimpanan data dikelola melalui analisis dan <i>gateway</i> berbasis <i>cloud</i>. 3. Preventive care: Data sensor digunakan oleh sistem layanan kesehatan IoT untuk memberi tahu anggota keluarga dan membantu deteksi dini keadaan darurat. <i>Internet of Things</i> memungkinkan machine learning untuk deteksi anomali dini dan pelacakan tren kesehatan.
2	Anh dkk. (n.d.)	<p>Judul: <i>Development and Implementation of a low-cost IoT System for Small Farm Households</i></p>

No	Nama Peneliti dan Tahun	Penelitian yang dilakukan
		<p>Permasalahan: Pertanian kecil memiliki peran yang penting untuk produksi agrikultural terutama pada negara kurang berkembang maupun berkembang. Berbeda dengan pertanian skala besar yang berinvestasi pada teknologi mutakhir untuk memastikan kualitas hasil panen yang maksimal, teknologi pada pertanian kecil masih sangat terbatas.</p> <p>Hasil: Sistem IoT diusulkan untuk dapat membantu petani kecil meningkatkan kualitas produk pertanian sekaligus mengurangi biaya produksi dan mencegah pemborosan air irigasi dan pupuk. Agrikultur sangat bergantung pada cuaca dan iklim, seperti temperatur dan kadar air tanah. Dalam penelitian, sistem melakukan monitoring pada temperatur, kelembapan, intensitas cahaya, dan kadar air tanah. Parameter tersebut digunakan sebagai acuan dalam mengatur pompa embun, pompa irigasi, jendela ventilasi, kipas ventilasi, dan grow light.</p>
3	Hizbullah, Djohar, dan Mabud (2022)	<p>Judul: <i>Internet of Things</i> for Smart Transportation in North Moluccas Province</p> <p>Permasalahan: Perlunya transportasi yang lebih aman dan penyediaan layanan keselamatan selama keadaan darurat di wilayah Provinsi Maluku Utara.</p>

No	Nama Peneliti dan Tahun	Penelitian yang dilakukan
		<p>Hasil: Diterapkan otomasi pada sistem navigasi yang dapat membantu meningkatkan akurasi dan keandalan navigasi perahu agar mengurangi risiko kecelakaan. Peneliti juga menerapkan sistem monitoring yang dapat menyediakan data secara real-time terhadap kondisi perahu untuk kebutuhan maintenance dan deteksi lebih awal isu yang mungkin akan terjadi.</p>
4	Maswadi, Ghani, dan Hamid (2020)	<p>Judul: <i>Systematic Literature Review of Smart Home Monitoring Technologies Based on IoT for the Elderly</i></p> <p>Permasalahan: Dengan seiring bertambahnya populasi lansia berumur 65 keatas di negara-negara seperti Amerika, Jerman, Perancis, Itali, dan Jepang terdapat kemungkinan mereka akan beban yang bertambah pada kesehatan dan layanan sosial. Diperlukan teknologi yang dapat memberikan lingkungan hidup yang kondusif bagi para lansia.</p> <p>Hasil: Penerapan teknologi sistem smart home pada lansia telah secara signifikan meningkatkan kualitas hidup diantara para lansia. Beberapa teknologi yang dilaporkan telah menyelamatkan hidup para lansia di situasi darurat.</p>

No	Nama Peneliti dan Tahun	Penelitian yang dilakukan
5	Song dkk. (2022)	<p>Judul: <i>Internet of Maritime Things Platform for Remote Marine Water Quality Monitoring</i></p> <p>Permasalahan: Penerapan sistem monitoring kualitas air di laut memerlukan dukungan komunikasi jarak jauh dan berkecepatan tinggi yang stabil.</p> <p>Hasil: Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah platform IoT Maritim yang mendukung komunikasi jarak jauh dan berkecepatan tinggi untuk pemantauan kualitas air laut jarak jauh dan online. Perangkat ditempatkan di atas permukaan air laut dan gerbang untuk pengiriman data ditempatkan darat. Untuk merealisasi komunikasi jarak jauh dan berkecepatan tinggi antara perangkat dengan control center di darat, dikembangkan sistem penyesuaian sinar otomatis (automatic beam adjustment system) untuk antena pengarah sehingga dapat mendukung komunikasi jarak jauh dan berkecepatan tinggi dengan secara otomatis mengatur derajat sinar agar selalu mengarah ke gateway di darat. Metode ini terbukti memberikan performa komunikasi dua kali lipat dibandingkan koneksi nirkabel (LTE di laut) yang ada.</p>

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Garis Besar Penelitian

Secara garis besar, penelitian ini akan melaksanakan pengembangan sistem monitoring mesin diesel berbasis *IoT* yang akan diuji pada PT Bisma Jaya untuk meningkatkan efektivitas operasi dengan menekankan kecepatan minimum pada armada dan efisiensi biaya bahan bakar dengan memantau jumlah bahan bakar yang digunakan setiap harinya. Tampilan web akan dikembangkan menggunakan framework NextJS berbasis JavaScript dan sistem *backend* menggunakan framework Django berbasis Python. Pengembangan sistem ini akan menggunakan metode Extreme Programming yang memiliki tahapan sebagai berikut: Exploration Phase, Planning Phase, Iteration to Release Phase, Productionizing Phase, Maintenance Phase, dan Death Phase.

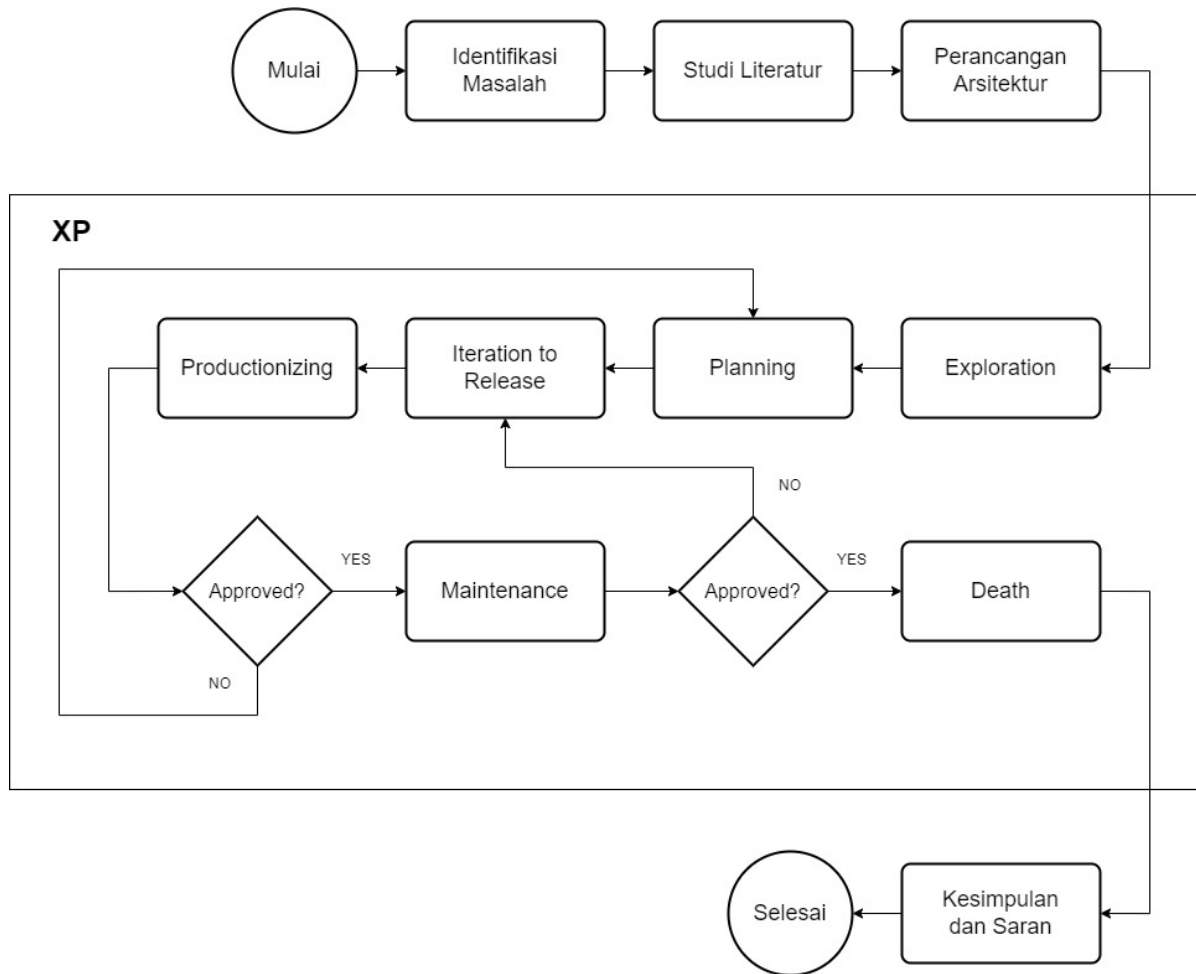
3.2 Diagram Alir Penelitian

Metodologi pelaksanaan penelitian ini dapat dimodelkan menggunakan diagram alir sebagai berikut.

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa penelitian ini diawali dengan melakukan identifikasi masalah dan studi literatur mengenai jurnal-jurnal dari penelitian relevan yang telah dilakukan sebelumnya. Kemudian, dilanjutkan dengan pengembangan sistem menggunakan metode *Exteme Programming (XP)* yang terdiri dari Exploration Phase, Planning Phase, Iteration to Release Phase, Productionizing Phase, Maintenance Phase, dan Death Phase. Terakhir dilakukan pembuatan kesimpulan dan saran dari penelitian.

3.3 Prosedur Penelitian

Berikut penjelasan prosedur penelitian secara rinci berdasarkan tahapan-tahapan yang ditetapkan pada Gambar 3.1 sebagai pedoman penelitian ini.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Identifikasi Masalah

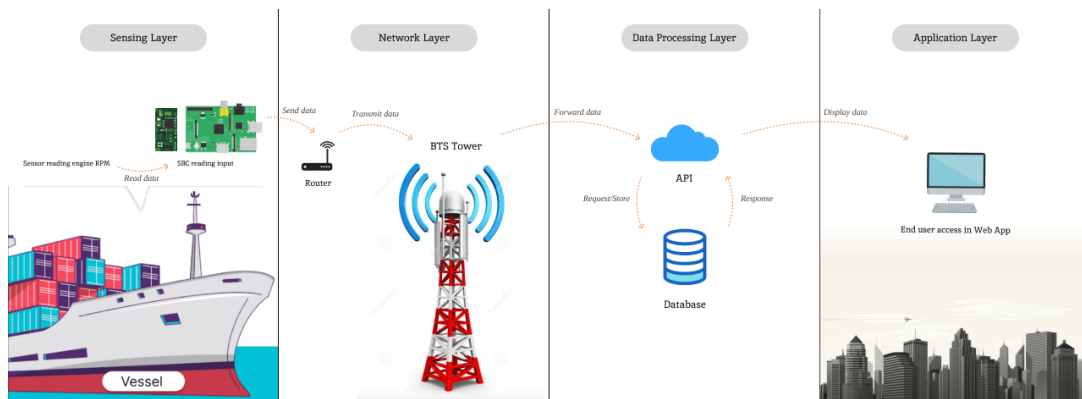
Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada di mitra. Ini dilakukan melalui dua cara, diskusi dengan seluruh *stakeholder* yang terlibat dan observasi ke lapangan. Dari tahap ini akan dihasilkan rumusan masalah, tujuan, serta batasan-batasan penelitian.

3.3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan berbagai referensi yang didapat dari jurnal, artikel ilmiah, dan sumber lainnya mengenai pengembangan sistem berbasis *IoT*, teknologi-teknologi yang digunakan selama penelitian, dan perbandingan metodologi dalam pengembangan perangkat lunak.

3.3.3 Pengembangan Sistem

3.3.3.1 Perancangan Arsitektur



Gambar 3.2. Arsitektur Sistem Monitoring berbasis IoT

Gambar diatas merupakan arsitektur dari Sistem Monitoring berbasis IoT yang akan dikembangkan. Pertama, perangkat IoT akan dipasang di kapal untuk mengumpulkan data dari sensor. Data ini kemudian akan dikirim oleh router/modem LTE menuju server melalui API yang telah dibuat dan disimpan ke dalam basis data. Sebelum ditampilkan di aplikasi web, data ini akan diproses terlebih dahulu di *Data Processing Layer* sehingga menghasilkan wawasan seperti data *running hour* mesin, tren data kecepatan mesin, dan tren data konsumsi bahan bakar. Di layer terakhir, data akan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk menganalisis tren data kecepatan dan konsumsi bahan bakar serta log data untuk mendapatkan informasi spesifik pada rentang waktu tertentu. Pada penelitian ini, difokuskan pada pengembangan untuk *Network Layer*, *Data Processing Layer*, dan *App Layer* berdasarkan arsitektur IoT yang dibahas pada bab sebelumnya.

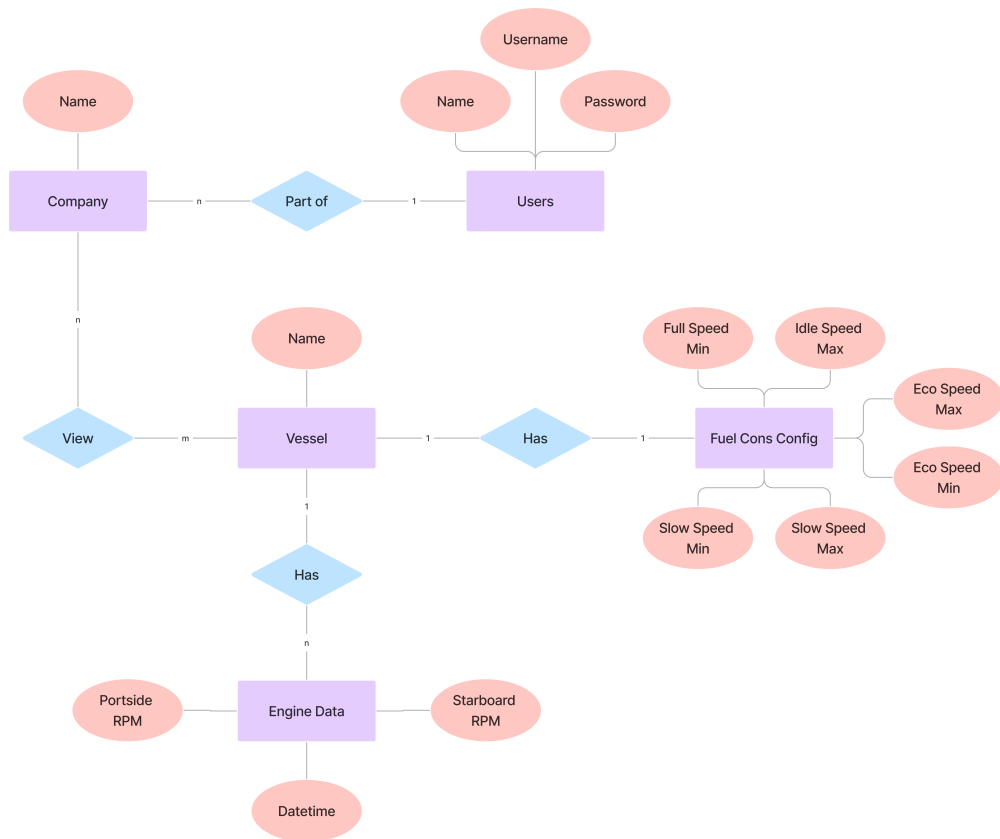
3.3.3.2 Extreme Programming

Exploration Phase Kebutuhan yang dikumpulkan pada tahap identifikasi masalah kemudian dibuat dalam bentuk *user story* untuk mendeskripsikan hasil yang diinginkan. Daftar *user story* sementara dapat dilihat pada tabel berikut.

<i>Code</i>	<i>Persona</i>	<i>I want to</i>	<i>So that can</i>
US-01	<i>User</i>	<i>Login</i>	Mengakses sistem sesuai dengan username dan password
US-02	<i>User</i>	<i>Logout</i>	Keluar dari sistem melalui tombol logout
US-03	<i>User</i>	Melihat data historis kecepatan mesin	Memastikan armada bergerak dengan kecepatan mesin yang sesuai
US-04	<i>User</i>	Melihat data historis konsumsi bahan bakar	Melakukan kontrol bahan bakar
US-05	<i>User</i>	Melihat data historis <i>running hour</i>	Memastikan operasi berjalan dengan optimal
US-06	<i>User</i>	Melihat data log kecepatan per menit	Melihat detail kecepatan pada waktu spesifik
US-07	<i>User</i>	Mencetak laporan kecepatan mesin harian	Mendapatkan laporan harian kecepatan mesin dengan format PDF
US-08	<i>User</i>	Mencetak laporan harian konsumsi bahan bakar	Mendapatkan laporan harian konsumsi bahan baar dengan format PDF
US-09	<i>User</i>	Mengunduh data log kecepatan mesin	Mendapatkan log kecepatan mesin dengan format CSV

Tabel 3.1. User Story Sementara

Lebih lanjut, berdasarkan user story yang dibuat di tahap sebelumnya, akan dilakukan analisis dengan output perancangan user interface sistem dan skema basis data dalam bentuk entity relationship diagram (ERD) yang akan membantu dalam menggambarkan hubungan antar tabel. Berikut Entity Relationship Diagram sementara pada pengembangan Sistem Monitoring.



Gambar 3.3. Entity Relationship Diagram (ERD) Sementara

Planning Phase User story yang dibuat pada tahap sebelumnya akan dikumpulkan dan disimpan berdasarkan prioritas. Tahap ini akan diulang kembali setelah melewati tahap testing sesuai dengan jumlah iterasi pengembangan.

Iteration to Release Phase Fase ini terbagi menjadi beberapa bagian. Pertama, dilakukan analisis kebutuhan yang akan menghasilkan kebutuhan fungsional sistem dari task yang ditentukan; Kemudian, dilakukan desain wireframe sederhana untuk membantu pengembang dalam proses penyelesaian task dengan sesuai; Lalu, dilakukan tahap implementasi dari perancangan sistem. Dalam pengembangan dashboard digunakan framework NextJS untuk menghasilkan tampilan yang dinamis, kemudian digunakan framework Django yang berbasis bahasa Python untuk mengembangkan API agar perangkat IoT dapat mengirim data ke server. Setelah dilakukannya pengembangan seluruh task pada iterasi tersebut, setiap fungsi akan

diuji melalui unit test sebelum akhirnya diunggah ke repositori dan akan diuji kembali setelahnya oleh mitra melalui metode black box testing. Jika terdapat umpan balik, maka tahapan akan diulang ke tahap desain untuk menyesuaikan permintaan mitra. Sebaliknya, jika mendapatkan persetujuan maka sistem akan masuk ke tahap berikutnya.

Productionizing Phase Setelah melewati serangkaian *whitebox testing* dan mendapatkan persetujuan mitra, sistem akan diluncurkan secara perlahan pada server dengan mode *development*. Pada fase ini, mitra dapat langsung menggunakan sistem yang belum sempurna dengan harapan dapat memberi umpan balik selama proses pengembangan sistem. Jika terdapat fitur yang dirasa kurang lengkap atau ingin ditambahkan oleh mitra, hasilnya akan dibalikkan ke tahap *planning* untuk dilakukan prioritas ulang.

Maintenance Phase Pada tahap ini, sistem sudah hampir matang dan menunggu persetujuan terakhir dari mitra dengan mengisi *User Acceptance Test* (UAT). Jika ditemukan bug atau ketidak sesuaian pada sistem maka akan kembali ke tahap *Iteration to Release* untuk dilakukan *debugging*, sebaliknya jika hasil UAT dari mitra menunjukkan sistem sudah layak dioperasikan secara penuh maka akan lanjut ke tahap terakhir.

Death Phase Ini merupakan tahap terakhir, apabila seluruh fitur pada sistem telah selesai dikembangkan dan sesuai dengan kebutuhan awal mitra maka dilakukan tahap peluncuran dimana akan digunakan *VPS cloud hosting* sebagai tempat sistem diluncurkan.

3.4 Rencana Jadwal Penelitian

Berikut jadwal penelitian yang disusun berdasarkan metodologi yang telah dijelaskan.

Kegiatan	Bulan																											
	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Identifikasi Masalah & Studi Literatur																												
Planning																												
Design																												
Coding																												
Testing																												
Small Release																												
Full Release																												
Kesimpulan & Saran																												

Gambar 3.4. Rencana Jadwal Penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

5.2 Saran

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, J. (2016). “Quintessence of traditional and agile requirement engineering”. In: *Journal of Software Engineering and Applications* 09 (03), pp. 63–70. doi: 10.4236/jsea.2016.93005.
- Abdulmalek, Suliman dkk. (2022). “IoT-based healthcare-monitoring system towards improving quality of life: A review”. In: *Healthcare*. Vol. 10. 10. MDPI, p. 1993.
- Aditya, Surya (2022). “Main Curang Oknum Kapal Pertamina, 2.520 Liter Solar Dijual Ilegal, Negara Rugi Rp 710 Juta”. news. URL: <https://kaltimkece.id/warta/hukum/main-curang-oknum-kapal-pertamina-2520-liter-solar-dijual-ilegal-negara-rugi-rp-710-juta>.
- Anh, Vo Cong dkk. (n.d.). “DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A LOW-COST IOT SYSTEM FOR SMALL FARM HOUSEHOLDS”. In: ().
- Anwer, Faiza dkk. (Mar. 2017). “Comparative Analysis of Two Popular Agile Process Models: Extreme Programming and Scrum”. In: *International Journal of Computer Science and Telecommunications* 8, pp. 1–7.
- Bühler, M., B. Steiner, dan T. Bednar (2022). “Digital twin applications using the simultan data model and python”. In: *Iop Conference Series Earth and Environmental Science* 1101 (8), p. 082015. doi: 10.1088/1755-1315/1101/8/082015.
- Chen, P. (1976). “The entity-relationship model—toward a unified view of data”. In: *Acm Transactions on Database Systems* 1 (1), pp. 9–36. doi: 10.1145/320434.320440.
- Fahrurrozi, Imam dan SN Azhari (2013). “DENGAN METODE WATERFALL DAN EXTREME PROGRAMMING : STUDI PERBANDINGAN”. In: URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:195179186>.
- Gazis, Alexandros (2021). “What is IoT? The Internet of Things explained”. In: URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:236342445>.
- Gómez-Hernández, M. dkk. (2023). “Failure to rescue following anatomical lung resection. analysis of a prospective nationwide database”. In: *Frontiers in Surgery* 10. doi: 10.3389/fsurg.2023.1077046.

- Hercog, Darko dkk. (2023). "Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices". In: *Sensors* 23.15. ISSN: 1424-8220. DOI: 10.3390/s23156739. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/15/6739>.
- Hizbullah, Imam, Fahrizal Djohar, dan Zulaeha Mabud (2022). "Internet of Things for Smart Transportation in North Moluccas Province". In: *MATEC Web of Conferences*. Vol. 372. EDP Sciences, p. 04003.
- Hosny, K. dkk. (2023). "Internet of things applications using raspberry-pi: a survey". In: *International Journal of Electrical and Computer Engineering (Ijece)* 13 (1), p. 902. DOI: 10.11591/ijece.v13i1.pp902-910.
- Johnston, S. dan S. Cox (2017). "The raspberry pi: a technology disrupter, and the enabler of dreams". In: *Electronics* 6 (3), p. 51. DOI: 10.3390/electronics6030051.
- LSE (2023). "What is the blue economy?" URL: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-is-the-role-of-the-blue-economy-in-a-sustainable-future/>.
- Malloy, B. dan J. Power (2017). "Quantifying the transition from python 2 to 3: an empirical study of python applications". In: DOI: 10.1109/esem.2017.45.
- Maswadi, K., N. Ghani, dan S. Hamid (2020). "Systematic literature review of smart home monitoring technologies based on iot for the elderly". In: *Ieee Access* 8, pp. 92244–92261. DOI: 10.1109/access.2020.2992727.
- Matharu, G. dkk. (2015). "Empirical study of agile software development methodologies". In: *Acm Sigsoft Software Engineering Notes* 40 (1), pp. 1–6. DOI: 10.1145/2693208.2693233.
- Rao, G., C. Krishna, dan K. Rao (2013). "Rational unified process for service oriented application in extreme programming". In: DOI: 10.1109/icccnt.2013.6726586.
- Review, British Petroleum Statistical (2016). "Statistical Review of World Energy". URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- Sikder, Amit Kumar dkk. (Feb. 2018). "A Survey on Sensor-based Threats to Internet-of-Things (IoT) Devices and Applications". In.
- Song, Yujae dkk. (2022). "Internet of Maritime Things Platform for Remote Marine Water Quality Monitoring". In: *IEEE Internet of Things Journal* 9.16, pp. 14355–14365. DOI: 10.1109/JIOT.2021.3079931.

- Suciu, G. dkk. (2023). "Implementation of the arrowhead framework with the beia-iot tool". In: doi: 10.1117/12.2643257.
- Supriyadi, A., S. Andryana, dan A. Gunaryati (2022). "Perancangan sistem perpustakaan berbasis web". In: *Jurnal Jtik (Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi)* 6 (3), pp. 395–401. doi: 10.35870/jtik.v6i3.439.
- Suryantara, I Gusti Ngurah dan Johanes Fernandes Andry (2018). "Development of Medical Record With Extreme Programming SDLC". In: *International Journal of New Media Technology*. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55263555>.
- Tomasdottir, K., M. Aniche, dan A. Deursen (2020). "The adoption of javascript linters in practice: a case study on eslint". In: *Ieee Transactions on Software Engineering* 46 (8), pp. 863–891. doi: 10.1109/tse.2018.2871058.
- Wuryandani, Dewi dan Hilma Meilani (2011). "KEBIJAKAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA PERIKANAN LAUT UNTUK MENUNJANG KETAHANAN PANGAN DI INDONESIA". In: URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:168808178>.