

Deskripsi Perancangan Perangkat Lunak (DPPL)

E-Shrimp (Robot Kapal Monitoring Kolam Tambak Udang Vaname Terintegrasi Web)


Dipersiapkan Oleh :

TIM PRISM

- 1. Muhammad Sulthan A J0404231012**
- 2. Muhammad Kheva J0404231071**
- 3. Jeremia Andreas P. J0404231074**
- 4. Reino Aimar Rafif J0404231121**



**Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer
Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor**

 IPB University — Bogor Indonesia —	Program studi Teknologi Rekayasa Komputer Institut Pertanian Bogor	Nomor Dokumen		Halaman
		DPPL		1/20
				Rev: 01

Daftar Perubahan

Revisi	Tanggal	Deskripsi
A		
B		
C		
D		

INDEX TGL	-	A	B	C	D
Ditulis oleh					
Diperiksa oleh					
Disetujui Oleh					

Daftar Halaman Perubahan

Halaman	Revisi	Halaman	Revisi

Daftar Isi

Daftar Perubahan.....	2
Daftar Halaman Perubahan	3
Daftar Isi.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	5
DAFTAR TABEL	6
1. PENDAHULUAN	7
1.1. Tujuan.....	7
1.2. Ruang Lingkup.....	7
1.3. Definisi dan Akronim.....	7
1.4. Referensi.....	9
2. Deskripsi Perancangan.....	11
2.1. Perancangan Sistem.....	11
2.1.1. Perancangan Arsitektur	11
2.1.2. Perancangan Rinci	12
2.2. Perancangan Data	14
2.2.1. Dekomposisi data.....	14
2.2.2. Dekomposisi Fungsional	17
2.2.3. Entity Relationship Diagram	19
2.3. Perancangan Antarmuka	19
3. Matriks Keterurutan	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Activity Diagram	13
Gambar 2 Class Diagram.....	14
Gambar 3 Entity Relationship Diagram.....	19
Gambar 4 Halaman Antarmuka 1	20
Gambar 5 Halaman Antarmuka 2.....	21
Gambar 6 Halaman Login	21
Gambar 7 Halaman Dashboard User	22
Gambar 8 Design Arsitektur Sistem	22

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Definisi dan Akronim	9
Tabel 2 Referensi	10
Tabel 3 Dekomposisi Data	15
Tabel 4 Deskripsi Entitas Data User	15
Tabel 5 Deskripsi Entitas Data Robot	15
Tabel 6 Deskripsi Entitas Data Threshold	15
Tabel 7 Deskripsi Entitas Data SensorData.....	16
Tabel 8 Deskripsi Entitas Data DashboarMonitoring	16
Tabel 9 Deskripsi Entitas Data Forum.....	16
Tabel 10 Deskripsi Entitas Data Artikel	16
Tabel 11 Deskripsi Entitas Data notifikasi.....	17
Tabel 12 Dekomposisi Fungsional.....	19
Tabel 13 Matriks Keterurutan	25

1. PENDAHULUAN

1.1. Tujuan

Dokumen Deskripsi Perancangan Perangkat Lunak (DPPL) bertujuan untuk mendefinisikan perancangan perangkat lunak yang akan dikembangkan. Dokumen DPPL ini digunakan oleh pengembang perangkat lunak sebagai acuan untuk implementasi pada tahap selanjutnya.

1.2. Ruang Lingkup

Perangkat Lunak Sistem Monitoring Kolam Tambak Udang Vaname Terintegrasi Web dikembangkan dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Menangani fungsi login dan autentikasi pengguna agar hanya pengguna terdaftar (peternak dan admin) yang dapat mengakses sistem.
2. Menangani fungsi ubah password dan manajemen akun pengguna untuk menjaga keamanan data.
3. Menangani pengelolaan data hasil monitoring, termasuk penerimaan data dari robot kapal (parameter suhu, pH, DO, dan salinitas) serta penyimpanan otomatis ke database.
4. Menangani visualisasi data kualitas air dalam bentuk grafik tren dan nilai rata-rata harian pada dashboard web.
5. Menangani notifikasi otomatis apabila parameter kualitas air melebihi ambang batas normal.
6. Menangani jadwal pemantauan otomatis, di mana satu robot dapat melakukan pengukuran di beberapa kolam secara bergantian.
7. Menangani fitur analisis dan prediksi berbasis machine learning untuk memberikan rekomendasi kondisi tambak dan estimasi pertumbuhan udang.
8. Menangani fitur edukasi dan komunitas berupa artikel serta forum diskusi bagi peternak udang.

Menangani layanan tambahan, seperti customer service dan price tracker harga udang (opsional).

1.3. Definisi dan Akronim

Daftar Definisi dan Singkatan yang digunakan :

Frasa / Akronim	Definisi
DPPL	Deskripsi Perancangan Perangkat lunak disebut juga Software Design Description (SDD) merupakan deskripsi dari

	perancangan perangkat lunak yang akan dikembangkan. Dokumen ini merupakan lanjutan dari SKPL.
SKPL	<i>Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak</i> (Software Requirements Specification / SRS), yaitu dokumen yang berisi analisis kebutuhan dan fungsi-fungsi yang harus dimiliki oleh sistem.
Peternak Udang Vaname	Pengguna utama sistem E-Shrimp yang melakukan kegiatan budidaya udang vaname dan menggunakan sistem untuk memantau serta mengelola kualitas air tambak.
Udang Vaname	Spesies udang bernama ilmiah <i>Litopenaeus vannamei</i> , merupakan jenis udang air payau yang banyak dibudidayakan karena pertumbuhannya cepat dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan.
Tambak	Kolam buatan yang digunakan untuk kegiatan budidaya udang atau ikan, biasanya berisi air payau dan dikelola untuk menjaga kestabilan parameter kualitas air seperti suhu, pH, DO, dan salinitas.
Firebase	Platform backend-as-a-service milik Google yang digunakan sebagai database realtime dan integrasi data sensor dalam sistem E-Shrimp.
IOT	Internet of Things, teknologi yang memungkinkan perangkat fisik seperti sensor dan mikrokontroler terhubung ke internet untuk bertukar data secara otomatis.
pH	Derajat keasaman air, menunjukkan konsentrasi ion hidrogen. Nilai pH optimal untuk tambak udang biasanya berkisar antara 7,5–8,5.
DO	Kadar oksigen terlarut dalam air, yang dibutuhkan udang untuk bernapas. Nilai ideal DO pada tambak umumnya di atas 5 mg/L.
Salinitas	Tingkat kadar garam dalam air, biasanya diukur dalam satuan ppt (<i>parts per thousand</i>). Salinitas ideal untuk udang vaname berada di kisaran 15–25 ppt.
Suhu	Temperatur air tambak, salah satu parameter penting yang memengaruhi metabolisme dan pertumbuhan udang. Suhu ideal berkisar antara 28–32°C.
Laravel	Framework PHP yang digunakan untuk membangun aplikasi web dan dashboard E-Shrimp.

ESP32	Mikrokontroler dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang digunakan sebagai pengendali utama robot kapal dan pembaca sensor.
Dashboard	Tampilan antarmuka web yang menampilkan data hasil pengukuran parameter kualitas air secara real-time dan dalam bentuk grafik.
Robot Kapal	Unit bergerak otomatis yang dilengkapi sensor untuk mengukur parameter kualitas air di beberapa kolam tambak secara bergantian.
Machine Learning	Cabang dari kecerdasan buatan (AI) yang digunakan dalam sistem untuk menganalisis pola data dan memberikan prediksi kondisi tambak.

Tabel 1 Definisi dan Akronim

1.4. Referensi

Daftar lengkap dokumen, buku, panduan, dan sumber rujukan yang digunakan dalam penyusunan Deskripsi Perancangan Perangkat Lunak (DPPL) sistem E-Shrimp – Sistem Monitoring Kolam Tambak Udang Vaname Terintegrasi Web disajikan pada tabel berikut:

Judul / Sumber	Keterangan / Identifikasi
Sommerville, I. (2011). <i>Software Engineering (9th Edition)</i> . Pearson Education.	Buku utama tentang prinsip, metodologi, dan praktik pengembangan perangkat lunak modern.
Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2014). <i>Software Engineering: A Practitioner's Approach</i> . McGraw-Hill Education.	Acuan untuk tahapan desain dan implementasi perangkat lunak secara sistematis.
Dokumentasi Laravel (https://laravel.com/docs)	Panduan resmi framework Laravel yang digunakan untuk membangun aplikasi web E-Shrimp.
Dokumentasi Firebase (https://firebase.google.com/docs)	Referensi resmi penggunaan Firebase Realtime Database untuk integrasi IoT dan web.
Espressif Systems. (2022). <i>ESP32 Technical Reference Manual</i> .	Dokumen teknis yang menjelaskan konfigurasi dan penggunaan mikrokontroler ESP32.

FAO. (2023). <i>Vannamei Shrimp Aquaculture Management Guidelines</i> . Food and Agriculture Organization.	Panduan global pengelolaan budidaya udang vaname termasuk standar kualitas air.
Supriyadi, H., & Taufik, M. (2020). <i>Pengelolaan Kualitas Air pada Tambak Udang Vaname Berbasis IoT</i> . Jurnal Teknologi Akuakultur Indonesia, 12(3), 45–56.	Jurnal nasional yang relevan dengan penerapan IoT dalam monitoring kualitas air tambak.
Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2022). <i>Statistik Perikanan Budidaya Udang Vaname Nasional</i> .	Data nasional mengenai perkembangan budidaya dan produksi udang vaname di Indonesia.
IPB University. (2024). <i>Panduan Penyusunan Dokumen DPPL</i> . Sekolah Vokasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer.	Panduan resmi struktur dan format penyusunan dokumen DPPL di lingkungan IPB.
GeeksforGeeks. (2023). <i>Introduction to Internet of Things (IoT)</i> .	Sumber tambahan untuk konsep dasar Internet of Things dan integrasinya dalam sistem monitoring.

Tabel 2 Referensi

2. Deskripsi Perancangan

2.1. Perancangan Sistem

Sistem E-Shrimp adalah sistem yang dibuat untuk memberikan solusi atas permasalahan monitoring kualitas air tambak udang vaname yang selama ini masih dilakukan secara manual, tidak real-time, dan hanya mewakili satu titik pengukuran. Sistem yang dikembangkan berupa aplikasi berbasis web yang terhubung dengan robot pemantau tambak otomatis untuk mengukur parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan salinitas secara berkala.

Robot dirancang untuk melakukan pemantauan kualitas air secara otomatis selama 24 jam penuh pada hari yang telah dijadwalkan. Setiap kolam mendapatkan giliran pengamatan satu kali dalam seminggu dengan jadwal yang telah ditentukan, sehingga satu robot dapat digunakan untuk memantau beberapa kolam secara bergantian. Dengan cara ini, sistem menjadi lebih efisien dalam penggunaan sensor karena tidak perlu menyediakan perangkat terpisah di setiap kolam. Selama periode pengamatan, robot beroperasi dalam mode diam (idle), yaitu mengapung di permukaan kolam sambil melakukan pengukuran parameter air secara real-time di titik tempatnya berada.

Seluruh hasil pengukuran dikumpulkan secara otomatis selama periode 24 jam dan diolah untuk menghasilkan nilai rata-rata harian yang merepresentasikan kondisi kolam. Pengguna sistem, yaitu peternak udang vaname, dapat memantau hasil pengukuran melalui aplikasi web yang menampilkan data real-time dan grafik perubahan parameter air. Dengan demikian, sistem ini membantu peternak dalam memantau kondisi tambak secara efisien, mengoptimalkan penggunaan sensor, meningkatkan akurasi pengukuran, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik untuk menjaga produktivitas dan keberlanjutan budidaya udang vaname.

2.1.1. Perancangan Arsitektur

Arsitektur yang digunakan pada Sistem E-Shrimp adalah arsitektur client-server berbasis IoT. Sistem terdiri atas tiga komponen utama, yaitu robot kapal (client IoT), server (Firebase Realtime Database), dan aplikasi web (client pengguna).

Robot kapal berbasis mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai embedded system yang mengumpulkan data dari sensor suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan salinitas. Data hasil pengukuran dikirim melalui koneksi Wi-Fi ke Firebase, yang berperan sebagai cloud server untuk penyimpanan dan sinkronisasi data secara real-time.

Aplikasi web yang dikembangkan menggunakan framework Laravel berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang mengambil data dari Firebase untuk ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, dan laporan monitoring. Dengan arsitektur ini, komunikasi data antara perangkat IoT dan aplikasi web dapat berlangsung dua arah melalui server pusat.

2.1.2. Perancangan Rinci

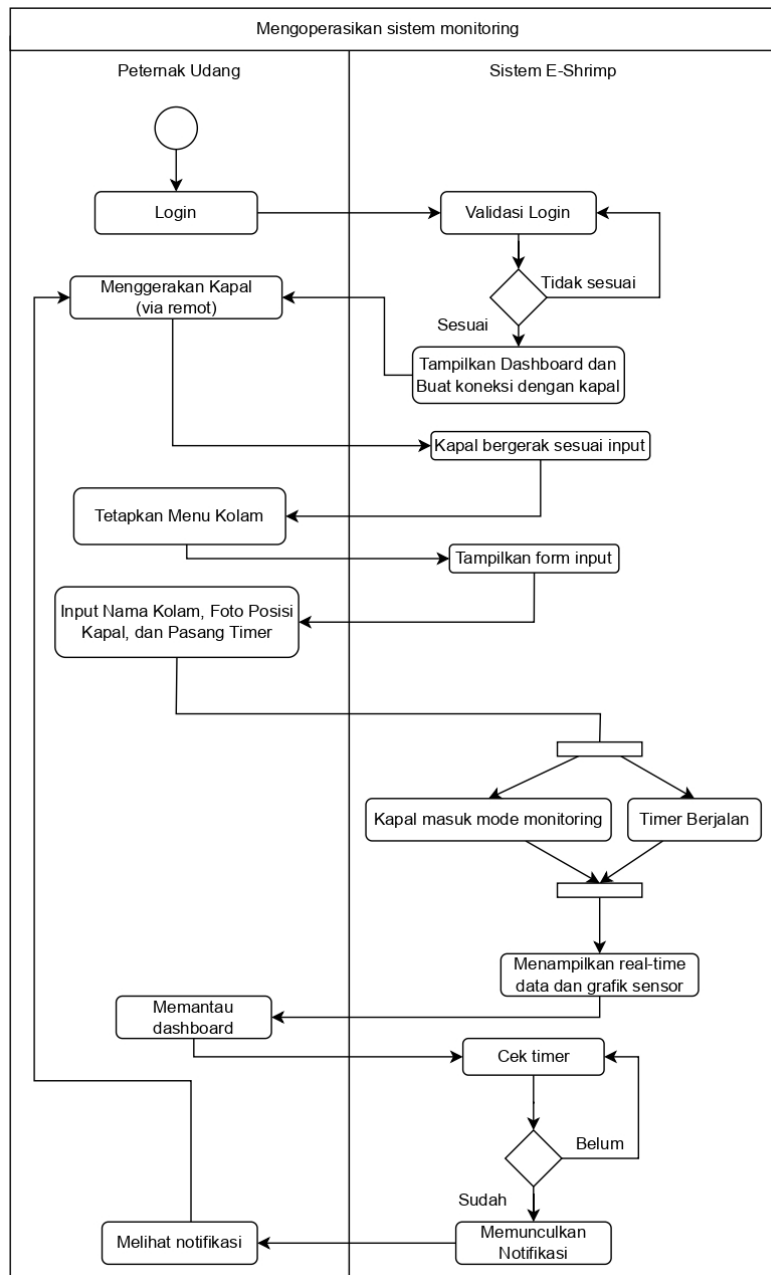
2.1.2.1. Hardware Constrain

Batasan perangkat keras pada sistem E-Shrimp meliputi keterbatasan spesifikasi dan kapasitas dari komponen yang digunakan. Mikrokontroler ESP32 memiliki kapasitas memori terbatas sehingga tidak dapat menyimpan data dalam jumlah besar secara lokal. Sensor suhu, pH, DO, dan salinitas memiliki tingkat akurasi tertentu dan memerlukan proses kalibrasi berkala. Selain itu, daya tahan baterai kapal membatasi waktu operasi pemantauan, dan jangkauan sinyal Wi-Fi menjadi faktor pembatas konektivitas antara robot kapal dan server.

2.1.2.2. Software Constrain

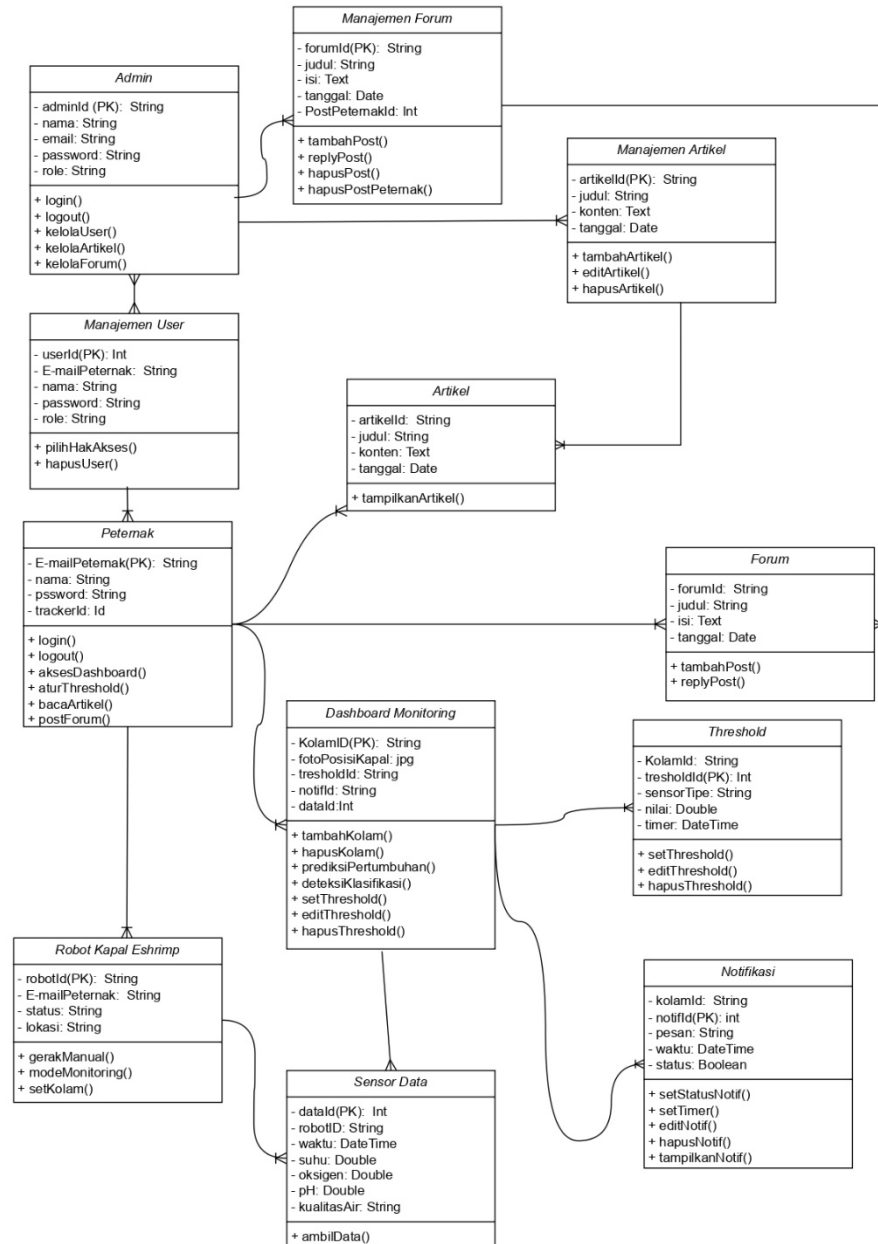
Batasan perangkat lunak pada sistem E-Shrimp berkaitan dengan keterbatasan dari software yang digunakan dalam pengembangan dan pengoperasian sistem. Firebase memiliki batas penyimpanan data dan kecepatan pengiriman data tertentu. Laravel hanya dapat dijalankan pada server yang mendukung PHP dan membutuhkan browser terbaru agar tampilan web berfungsi dengan baik. Selain itu, pemrograman pada ESP32 menggunakan Arduino IDE memiliki batasan ukuran program dan jumlah library yang bisa digunakan.

2.1.2.3. Activity Diagram



Gambar 1 Activity Diagram

2.1.2.4. Class Diagram



Gambar 2 Class Diagram

2.2. Perancangan Data

2.2.1. Dekomposisi data

memecah data kompleks menjadi komponen-komponen yang lebih kecil agar lebih mudah dipahami, dirancang, diimplementasikan, dan diuji.

Deskripsi Entitas Data Admin

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
admin_id	varchar	10	Id admin, Primary Key
nama	varchar	30	Nama admin
email	varchar	50	Alamat email admin
password	varchar	255	Password admin
role	varchar	20	Hak akses admin

Tabel 3 Dekomposisi Data

Deskripsi Entitas Data User (Pernak)

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
user_id	varchar	10	Id user, Primary Key
nama	varchar	30	Nama user
email	varchar	50	Alamat email user
password	varchar	255	Password user
role	varchar	20	Hak akses user
kontak	varchar	15	Nomor kontak user

Tabel 4 Deskripsi Entitas Data User

Deskripsi Entitas Data RobotKapal

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
robot_id	varchar	12	Id robot kapal, Primary Key
user_id	varchar	10	Id pemilik robot, Foreign Key
lokasi	varchar	50	Lokasi kolam yang dipantau
Status	varchar	15	Status robot

Tabel 5 Deskripsi Entitas Data Robot

Deskripsi Entitas Data Threshold

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
threshold_id	varchar	12	Id threshold, Primary Key
robot_id	varchar	12	Id robot kapal, Foreign Key
nilai	float	-	Nilai batas yang diambil
timer	datetime	-	Waktu pengambilan data

Tabel 6 Deskripsi Entitas Data Threshold

Deskripsi Entitas Data SensorData

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
data_id	varchar	15	Id data sensor, Primary Key
robot_id	varchar	12	Id robot kapal, Foreign Key

waktu	datetime	-	Waktu pengambilan data
suhu	float	-	Nilai suhu air (°C)
pH	float	-	Nilai pH air
DO	Float	-	Nilai oksigen terlarut (mg/L)
salinitas	float	-	Nilai salinitas air (ppt)

Tabel 7 Deskripsi Entitas Data SensorData

Deskripsi Entitas Data DashboarMonitoring

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
dashboard_id	varchar	10	Id dashboard, Primary Key
user_id	varchar	10	Id user, Foreign Key
totalKolam	int	-	Jumlah kolam
waktuMonitoring	datetime	-	Waktu monitoring terakhir
statusKoneksi	varchar	15	Status koneksi robot

Tabel 8 Deskripsi Entitas Data DashboarMonitoring

Deskripsi Entitas Data Forum

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
forum_id	varchar	10	Id forum, Primary Key
user_id	varchar	10	Id user, Foreign Key
judul	varchar	100	Judul topik diskusi
isi	text	-	Isi pembahasan forum
tanggalPost	datetime	-	Waktu posting forum

Tabel 9 Deskripsi Entitas Data Forum

Deskripsi Entitas Data Artikel

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
artikel_id	varchar	10	Id artikel, Primary Key
admin_id	varchar	10	Id admin, Foreign Key
judul	varchar	100	Judul artikel
konten	text	-	Isi konten artikel
tanggalTerbit	date	-	Tanggal artikel diterbitkan

Tabel 10 Deskripsi Entitas Data Artikel

Deskripsi Entitas Data notifikasi

Nama	Tipe	Panjang	Keterangan
notif_id	varchar	10	Id notifikasi, Primary Key
data_id	varchar	15	Id data sensor, Foreign Key

threshold_id	varchar	12	Id threshol, Foreign Key
pesan	text	-	Pesan notifikasi yang dikirim pengguna
waktuKirim	datetime	-	Waktu notifikasi dikirim
status	varchar	15	Status notifikasi

Tabel 11 Deskripsi Entitas Data notifikasi

2.2.2. Dekomposisi Fungsional

Bagian ini berisi dekomposisi logik dari modul. Pada bagian ini berisi tabel dengan kolom Modul, Proses, Keterangan. Kolom keterangan hanya diisi jika proses tidak tergambarakan dalam DFD. Misalnya untuk proses-proses yang mewakili suatu library umum. Contoh dekomposisi fungsional modul adalah sebagai berikut:

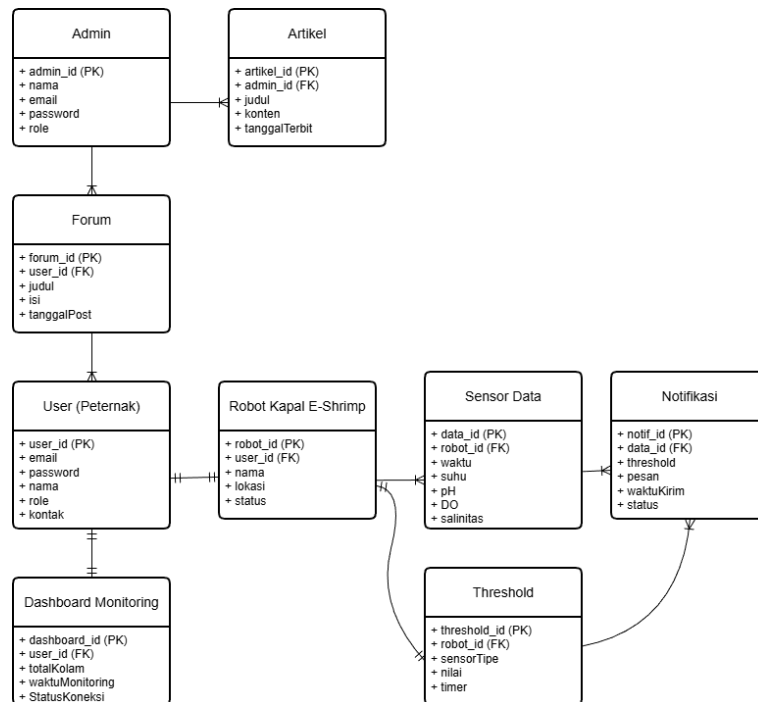
No. fungsi	Fungsi / Proses	Tabel/Data Input	Tabel/Data Output	Keterangan
SKPL F-01.0	Sistem dapat melakukan login	Username, password	Validasi benar :tampil halaman utama Validasi salah : Tampil warning	Autentikasi user menggunakan tabel User dan Admin
SKPL F-02.0	Manajemen Akun Pengguna	Data user baru (nama, email, password, role)	User (insert/update/delete)	Admin dapat menambah, mengubah, atau menghapus akun pengguna
SKPL F-03.0	Registrasi Robot Kapal	User_id, lokasi	robotKapal	Setiap robot dikaitkan dengan pengguna tertentu
SKPL F-04.0	Pengiriman Data Sensor	Nilai sensor dari ESP32 (suhu, pH, DO, salinitas)	SensorData	Data dikirim ke server (Firebase / database) secara periodik
SKPL F-05.0	Penyimpanan Data Sensor	Data mentah dari sensor	SensorData (insert)	Menyimpan data hasil pengukuran ke database

SKPL F-06.0	Pengecekan Threshold	SensorData, Threshold	notifikasi	Sistem membandingkan nilai sensor dengan batas ambang dan mengeluarkan notifikasi bila melebihi batas
SKPL F-07.0	Pembuatan Notifikasi	Hasil perbandingan data sensor dan threshold	Notifikasi (insert)	Pesan peringatan dikirim ke pengguna (real-time atau via dashboard)
SKPL F-08.0	Monitoring Dashboard	SensorData, Notifikasi, RobotKapal	Tampilan dashboard web	Menampilkan data sensor terkini, grafik, status robot, dan notifikasi
SKPL F-09.0	Manajemen Artikel	Data artikel (judul, isi, tanggal)	Artikel (insert/update/delete)	Admin menulis artikel informasi dan edukasi bagi peternak
SKPL F-10.0	Manajemen Forum Diskusi	Data forum (judul, isi, user_Id)	Forum (insert/update/delete)	Peternak dan admin dapat berdiskusi melalui forum online
SKPL F-11.0	Pencarian Data Historis	Parameter pencarian (tanggal, kolam, parameter)	Hasil query dari sensorData	Menampilkan data sensor dalam rentang waktu tertentu
SKPL F-12.0	Manajemen Threshold	Input batas ambang (limit_suhu, limit_pH, dll.)	Threshold (insert/update)	Peternak dapat menyesuaikan batas aman tiap parameter
SKPL F-13.0	Logout Sistem	-	-	Mengakhiri sesi pengguna dan

				menghapus session aktif
--	--	--	--	-------------------------

Tabel 12 Dekomposisi Fungsional

2.2.3. Entity Relationship Diagram



Gambar 3 Entity Relationship Diagram

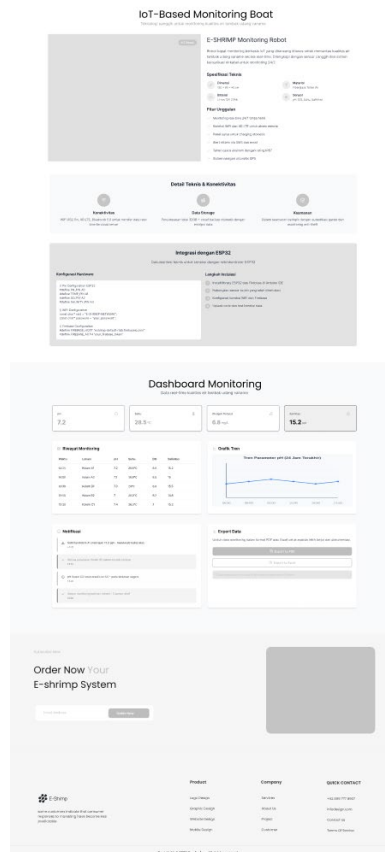
2.3. Perancangan Antarmuka

Berisi desain cara pengguna berinteraksi dengan sistem bisa berupa :

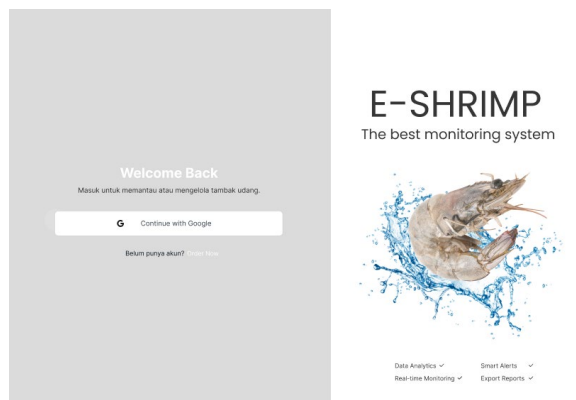
1. Antarmuka pengguna (User Interface / UI) → tampilan aplikasi (form login, menu, dashboard).



Gambar 4 Halaman Antarmuka 1



Gambar 5 Halaman Antarmuka 2

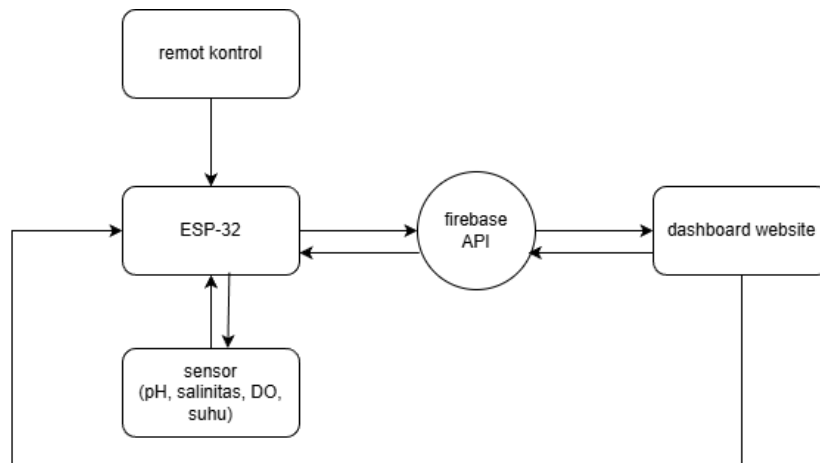


Gambar 6 Halaman Login



Gambar 7 Halaman Dashboard User

2. Antarmuka sistem (System Interface) → bagaimana modul dalam sistem saling berkomunikasi (misalnya API antar subsistem).



Gambar 8 Design Arsitektur Sistem

3. Matriks Keterurutan

Req ID	Deskripsi Kebutuhan (Requirement)	Modul/Komponen Perancangan	Entitas/Tabel Data	Artefak Rancangan (Diagram/File)	Contoh Test Case/Kriteria Verifikasi
F-01.0	Sistem dapat melakukan login (username, password)	Modul Autentikasi / Login	User, Admin	Use Case, Activity Diagram, Class Diagram	TC-01: Login berhasil dengan kredensial valid → masuk ke dashboard. TC-02: Login gagal dengan kredensial salah → tampil pesan error.
F-02.0	Manajemen akun pengguna (add/edit/delete)	Modul Manajemen Akun (Admin)	User, Admin	Class Diagram, UI Mockup (Form User Management)	TC-03: Admin menambah user baru → record tersimpan. TC-04: Edit data user → perubahan tampil. TC-05: Hapus user → user tidak muncul lagi.
F-03.0	Registrasi Robot Kapal (kaitkan ke user, lokasi)	Modul Registrasi Robot	RobotKapal	ERD, Form Registrasi Robot	TC-06: User mendaftarkan robot dengan lokasi → robot muncul di daftar. TC-07: Validasi field required (lokasi).
F-04.0	Pengiriman Data Sensor dari ESP32 (suhu, pH, DO, salinitas)	Modul IoT Receiver / Data Ingest	SensorData	Sequence Diagram, Data Flow Diagram, API Spec (Firebase rules)	TC-08: ESP32 mengirim sample data → diterima dan disimpan. TC-09: Data dengan format salah ditolak/log error.
F-05.0	Penyimpanan Data Sensor ke database	Modul Penyimpanan & Sinkronisasi	SensorData, Dashboard Monitoring	ERD, DB Schema, Class Diagram	TC-10: Data sensor disimpan dengan timestamp → query historis mengembalikan record.

F-06.0	Pengecekan Threshold (bandingkan sensor dengan limit)	Modul Threshold Checker / Alert Engine	Threshold, SensorData, Notifikasi	Activity Diagram, Komponen Service (Pseudo-code)	TC-11: Nilai melebihi threshold → entri Notifikasi dibuat. TC-12: Nilai normal → tidak ada notifikasi.
F-07.0	Pembuatan dan pengiriman notifikasi	Modul Notifikasi (real-time & dashboard)	Notifikasi, User	Sequence Diagram, API Spec	TC-13: Notifikasi muncul di dashboard &/atau push (jika ada) saat ambang dilanggar. TC-14: Status notifikasi dapat diubah (terbaca/belum).
F-08.0	Monitoring Dashboard (grafik, status robot, notifikasi)	Modul Dashboard (Web UI)	SensorData, DashboardMonitoring, Notifikasi, RobotKapal	UI Mockups, Frontend Component Diagram	TC-15: Grafik menampilkan trend harian. TC-16: Status koneksi robot muncul benar.
F-09.0	Manajemen artikel (CRUD)	Modul Artikel (Admin)	Artikel	Class Diagram, UI Mockup	TC-17: Admin membuat artikel → muncul di daftar & detail. TC-18: Edit/hapus berjalan.
F-10.0	Manajemen forum diskusi (CRUD)	Modul Forum	Forum, User	ERD, UI Mockup (Forum Page)	TC-19: User posting diskusi baru → tampil. TC-20: Reply/komentar tersimpan.
F-11.0	Pencarian data historis (filter by tanggal, kolom, parameter)	Modul Pencarian / Reporting	SensorData	UI Mockup, Query Spec	TC-21: Filter tanggal & kolom → hasil sesuai rentang. TC-22: Ekspor/print (jika tersedia).
F-12.0	Manajemen Threshold (input/update limit)	Modul Threshold Management (User/Admin)	Threshold	UI Mockup, Class Diagram	TC-23: User mengubah threshold → tersimpan & kemudian mempengaruhi pengecekan.

F-13.0	Logout sistem (akhiri sesi)	Modul Auth / Session Management	Session (atau mekanisme token)	Activity Diagram, Security Spec	TC-24: Logout → session invalid / redirect ke halaman login.
NF-01	Keamanan: password hashed, access control	Middleware Auth, Role-based Access Control	Admin, User (role)	Security Spec, Data Flow Diagram	TC-25: Akses halaman admin oleh user biasa → ditolak (403). TC-26: Password tidak tersimpan plaintext.
NF-02	Ketersediaan/Respons waktu: dashboard responsif, realtime	Caching & Realtime Sync (Firebase)	SensorData, DashboardMonitoring	Non-functional Req Doc, Deployment Diagram	TC-27: Dashboard menampilkan data realtime (delay < threshold yang ditentukan).
NF-03	Skalabilitas: mendukung beberapa robot & banyak kolam	Arsitektur client-server, modular services	RobotKapal, SensorData	Architecture Diagram	TC-28: Simulasi banyak robot → sistem tetap menyimpan & menampilkan data (load testing).

Tabel 13 Matriks Keterurutan