

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**RANCANG BANGUN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR*
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS IoT**



ALGA FEBRIANSA

NIT: 22 36 30 73 008

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**RANCANG BANGUN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR*
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS IoT**



ALGA FEBRIANSA

NIT: 22 36 30 73 008

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Alga Febriansa

Nomor Induk Taruna : 22 36 30 73 008

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

RANCANG BANGUN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR*

MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS *IOT*

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya,

2026

A handwritten signature in black ink is written over a yellow 10,000 Rupiah postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'SATU PULUH RIBU', and 'POS'. Below the stamp, the text '5DA0BAKX258320214' is printed.

ALGA FEBRIANSA

NIT 22 36 30 73 008

ABSTRAK

Alga Febriansa. “RANCANG BANGUN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS IoT”. Dibimbing oleh Mentored by Sonhaji, S.T.,M.T. dan Jaka Septian Kustanto.

Pencemaran lingkungan laut akibat pembuangan limbah berminyak dari kapal merupakan permasalahan yang memerlukan sistem pengawasan dan proteksi yang andal sesuai ketentuan MARPOL Annex I. Keterbatasan sistem Oily Water Separator (OWS) konvensional dalam pemantauan secara real-time dan pencatatan data operasional menjadi dasar pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem OWS berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mampu melakukan pemantauan kadar minyak secara real-time, memberikan peringatan dini melalui sistem alarm, serta mengaktifkan fitur safety protection berupa pemutusan daya pompa secara otomatis ketika terdeteksi kondisi tidak aman. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan Research and Development (R&D), yang meliputi tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem, pengujian statis dan dinamis, serta evaluasi kinerja prototipe. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran langsung terhadap parameter sensor, serta pengujian fungsional seluruh komponen untuk mengevaluasi akurasi sensor, respons sistem proteksi, dan keandalan komunikasi IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu beroperasi sesuai dengan rancangan. Sensor turbidity sebagai analogi Oily Content Meter (OCM) memiliki tingkat akurasi sebesar 96,5% dalam mendeteksi kadar minyak. Sistem alarm berhasil memberikan peringatan ketika kadar minyak melebihi ambang batas 15 ppm, sedangkan fitur safety protection mampu memutuskan daya pompa secara otomatis melalui relay dengan waktu respons rata-rata 450 ms. Selain itu, data operasional berhasil direkam melalui fitur data logging dan dikirim secara real-time ke dashboard pemantauan menggunakan protokol MQTT. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan, keandalan sistem proteksi, efisiensi operasional OWS, serta mendukung upaya perlindungan lingkungan maritim melalui penerapan teknologi IoT.

Kata kunci: *Oily Water Separator (OWS), Internet of Things (IoT), ESP32, Sensor Turbidity, MQTT, Sistem Proteksi.*

ABSTRACT

Alga Febriansa. “RANCANG BANGUN SISTEM OILY WATER SEPARATOR MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS IoT”. Mentored by Sonhaji,S.T.,M.T. and Jaka Septian Kustanto.

Marine environmental pollution caused by the discharge of oily wastewater from ships remains a significant issue that requires a reliable monitoring and protection system in accordance with the requirements of MARPOL Annex I. The limitations of conventional Oily Water Separator (OWS) systems in real-time monitoring and operational data recording have encouraged the development of Internet of Things (IoT)-based technologies. This study aims to design and develop an IoT-based Oily Water Separator system using an ESP32 microcontroller capable of monitoring oil concentration in real time, providing early warning through an automatic alarm system, and activating a safety protection mechanism by automatically disconnecting the pump power under unsafe operating conditions. The research employed a quantitative approach using the Research and Development (R&D) method, which consisted of hardware and software design, system implementation, prototype testing, and performance evaluation. Data were collected through direct observation, sensor measurements, and static and dynamic functional testing to evaluate sensor accuracy, protection system response, and IoT communication reliability. The results demonstrated that the proposed system operated successfully according to the designed specifications. The turbidity sensor, functioning as an analogue of the Oily Content Meter (OCM), achieved an accuracy of 96.5% in detecting oil concentration. The alarm system was activated automatically when the oil concentration exceeded the regulatory threshold of 15 ppm, while the safety protection feature disconnected the pump power through a relay with an average response time of 450 ms. Furthermore, operational data were successfully recorded using a data logging feature and transmitted in real time to a remote monitoring dashboard via the MQTT protocol. These findings indicate that the proposed system improves monitoring effectiveness, protection system reliability, operational efficiency of the OWS, and contributes to marine environmental protection through the implementation of IoT technology.

Keywords: *Oily Water Separator (OWS), Internet of Things (IoT), ESP32, Turbidity Sensor, MQTT, Safety Protection.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir karya ilmiah terapan ini. Dalam penyusunan penulisan tugas akhir ini terdiri dari garis-garis besar tentang perancangan alat *oily water sparator*, dengan judul:

“RANCANG BANGUN SISTEM *OILY WATER SEPARATOR* MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS IoT”

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir karya ilmiah terapan ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi bahasa dan susunan kalimat. Untuk itu penulis senantiasa menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Serta pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan, antara lain kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mendukung saya dalam penulisan tugas akhir karya ilmiah terapan;
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal;
3. Bapak Antonius Edy Kristiyono, M.Pd. selaku pembimbing I, yang telah membantu dan membimbing saya dalam penulisan proposal ini;
4. Bapak Jaka Septian Kustanto, S.Si., M.Si. selaku pembimbing II, yang dengan penuh ketekunan dan kesabaran membimbing saya dalam penulisan proposal ini;
5. Bapak, Ibu Dosen Politeknik Pelayaran Surabaya yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis khususnya Jurusan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal yang telah memberikan bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini;
6. Bapak Hadak Kuncoro S.ST., M.Mar.Eng dan Ibu Santy Mas Udah A.Md. selaku kedua orang tua yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya dan untuk pihak operasional kapal Semoga Allah SWT Tuhan semesta alam senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk karya ilmiah terapan.

Surabaya,

2026

ALGA FEBRIANSA
NIT. 22 36 30 73 008

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN KELAYAKAN PROPOSAL	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	7
B. Landasan Teori.....	12
1. <i>Oily water separator</i> (OWS).....	12

2. ESP32.....	13
3. Sensor <i>Turbidity</i>	13
4. Power Supply	14
5. Relay	15
6. Lampu Indikator.....	15
7. Buzzer	16
8. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	16
9. Moduled LM2596	17
10. Sensor Tegangan INA219.....	18
11. Protokol Komunikasi MQTT	19
12. Sensor Ultrasonic	20
13. Sensor Suhu DS18B20.....	21
14. Driver Mosfet IRF540.....	22
15. Driver Transistor.....	22
C. Kerangka Penelitian	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Perancangan Sistem	25
B. Model Perancangan <i>Software</i> dan Desain.....	31
C. Rencana Pengujian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Hasil Penelitian	36
B. Penyajian Data Pengujian	37
C. Analisis Data dan Pembahasan	49

BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	53
A. Simpulan	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	7
Tabel 3. 1 Daftar Komponen.....	31
Tabel 4. 1 Log Data Kalibrasi dan Pengujian Statis Sensor Turbidity via ADC ESP32.....	40
Tabel 4. 2 Analisis Akurasi dan Toleransi Deviasi Sensor Tegangan Baterai.....	44
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengukuran Penurunan Kadar Minyak pada Prototipe OWS 5 Kotak.....	47
Tabel 4. 4 Log Data Kenaikan Suhu Operasional Motor Pompa.....	48
Tabel 4. 5 Log Data Monitoring Terintegrasi Subsistem Proteksi Otomatis dan Perekaman IoT via MQTT	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32	13
Gambar 2. 2 Sensor Turbidity	13
Gambar 2. 3 Power Supply	14
Gambar 2. 4 Relay.....	15
Gambar 2. 5 Lampu Indikator	15
Gambar 2. 6 Buzzer.....	16
Gambar 2. 7 LCD	17
Gambar 2. 8 Module LM2596	18
Gambar 2. 9 Sensor Tegangan	19
Gambar 2. 10 Protokol Komunikasi MTQQ.....	20
Gambar 2. 11 Sensor Ultrasonic	21
Gambar 2. 12 Sensor Suhu DS18B20	22
Gambar 2. 13 Driver Mosfet IRF540	22
Gambar 2. 14 Driver Transistor	23
Gambar 2. 11 Kerangka Penelitian	24
Gambar 3. 1 OWS tampak samping.....	26
Gambar 3. 2 OWS tampak atas	26
Gambar 3. 3 Blok Diagram	28
Gambar 3. 4 Flowchart.....	30
Gambar 3. 5 Rangkaian Elektronika	32
Gambar 3. 6 Perancangan Software	33
Gambar 4. 1 Implementasi Fisik dan Log Output Pengujian Modul Alarm Buzzer	39
Gambar 4. 2 Setup Kalibrasi dan Pembacaan Nilai ADC pada Sensor Turbidity	40
Gambar 4. 3 Verifikasi Akurasi Jarak Sensor Ultrasonik pada Kompartemen.....	42
Gambar 4. 4 Pengukuran Nilai Temperatur Idle Melalui Sensor DS18B20.....	43
Gambar 4. 5 Komparasi Tegangan Sensor INA219 Terhadap Multitester Laboratorium.....	44
Gambar 4. 6 Hasil Inisialisasi Alfnumerik Karakter pada Layar LCD 20x4	45
Gambar 4. 7 Pengkondisian Output Tegangan Kerja Stabil 5V Melalui LM2596	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Program Alarm Buzzer	58
Lampiran 1. 2 Program Sensor Turbidity	58
Lampiran 1. 3 Program Sensor Ultrasonic	59
Lampiran 1. 4 Program Sensor DS18B20.....	59
Lampiran 1. 5 Program Sesor INA 219	60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Setiap kapal memiliki beberapa macam ruangan, salah satu nya kamar mesin yang memiliki bermacam jenis permesinan. Dengan beroperasinya suatu kapal maka semua mesin bantu ikut beroperasi juga, sehingga banyak juga kebocoran-kebocoran yang akan timbul di dalam kamar mesin. Biasanya nya sistim pelumas pada mesin penggerak utama/ *main engine* seperti minyak bersih, minyak kotor, dan bahan bakar. Sebagian besar didalam kamar mesin sangat berkaitan dengan minyak. Dan juga jenis-jenis tangki sebagai penampungan yang berkaitan dengan minyak untuk kebutuhan mesin yang ada di atas kapal. Pada penampung minyak juga terdapat beberapa kebocoran yang mengakibatkan minyak-minyak mengalir ke *bilge tank*.

Timbulnya pencemaran air laut akibat pembuangan limbah got yang langsung dibuang ke laut tanpa mengalami proses pemisahan antara minyak dengan air terlebih dahulu sesuai yang ditentukan oleh MARPOL 73/78. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan timbulnya pencemaran air laut akibat pengoperasian kapal yang tidak beraturan munculah peraturan-peraturan guna menghindari dan mencegah adanya pencemaran lingkungan yang ada di laut guna menjaga kelestarian dan keseimbangan lingkungan air laut beserta ekosistem nya.

Permasalahan terbesar yang sering terjadi di kapal adalah polusi pencemaran minyak melalui pembuangan limbah air got. Oleh karena itu

terdapat peraturan yang mengharuskan pemasangan sebuah alat pemisahan air dengan minyak yang biasa dikenal dengan istilah *Oily water separator (OWS)* khusus untuk kapal yang mengangkut muatan minyak dan menetap pada zona-zona air laut yang tidak diperbolehkan untuk membuang minyak sembarangan.

OWS ialah alat yang digunakan untuk memisahkan air dengan minyak, sehingga kadar minyak yang keluar untuk dibuang ke laut tidak melebihi 15 ppm. Adanya alat ini sangat penting, maka sebagai masinis kita dituntut untuk selalu bisa mengoperasikan dan memastikan bahwa alat tersebut mampu bekerja secara maksimal dan setiap saat siap untuk digunakan guna menghindari pencemaran minyak pada air laut dan di pelabuhan. Untuk meningkatkan kemampuan kerja dan ketahanan dari OWS agar maksimal saat digunakan maka alat tersebut perlu mendapatkan perawatan dengan baik supaya meningkatkan efektifitas dan produktifitas.

Perancangan sistim OWS yang menggunakan mikrokontroler esp32 berbasis *Internet of Things (IoT)* menyangkut beberapa aspek tujuan untuk mengembangkan sistem yang lebih efisien dan akurat saat proses pemisahan minyak dan air. Selain itu dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan meningkatkan konsistensi hasil. Memungkinkan pemantauan performa dan kondisi sistem secara *Real-Time* melalui *IoT* sehingga operator dapat segera mengetahui adanya masalah atau penurunan kinerja.

Implementasi dari sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan limbah cair, terutama di industri maritim atau industri lainnya yang menghasilkan campuran minyak dan air. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang alat OWS menggunakan esp32

berbasis *IoT*, membuat peneliti tertarik untuk menuangkannya dalam sebuah proposal karya ilmiah terapan dengan judul “**RANCANG BANGUN SISTEM OILY WATER SEPARATOR MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 BERBASIS INTERNET OF THINGS**”, agar menjadi bahan masukan dan tambahan ilmu bagi para pelaut yang akan bekerja di atas kapal.

B. Rumusan Masalah

Dari penelitian di atas yang telah dipaparkan, peneliti merumuskan beberapa masalah yang akan diuraikan pada bab-bab berikutnya:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem *Oily Water Separator* (OWS) berbasis *IoT* menggunakan mikrokontroler ESP32
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem supervisory OWS yang dilengkapi fitur alarm otomatis untuk mendeteksi kondisi kadar minyak melebihi batas aman sesuai ketentuan MARPOL Annex I?
3. Bagaimana merancang sistem logging digital pada OWS agar data operasional seperti kadar minyak, status sensor, dan waktu pembuangan tercatat secara otomatis, akurat, dan mudah dianalisis?

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan yang dapat dikaji dan penelitian dapat terselesaikan sesuai dengan tujuan peneliti. Maka perlu adanya batasan masalah yang hanya berfokus pada rancang bangun sistem OWS menggunakan mikrokontroler esp32 berbasis *IoT*

1. Penelitian ini hanya berfokus pada proses pemantauan (*monitoring*) sistem *Oilyy Water Separator* (OWS), tidak mencakup perancangan mekanis internal OWS seperti *coalescer*, *separator chamber*, atau desain pemisahan fisik minyak dan air.
2. Sistem pemutusan daya otomatis (*safety cut-off*) hanya bekerja ketika arus melebihi ambang batas beban lebih atau tegangan mengalami *drop* ekstrem.
3. Implementasi IoT difokuskan pada tiga fitur utama, Logging otomatis data operasional, alarm digital saat kadar minyak melebihi batas aman, dan remote monitoring melalui jaringan lokal atau internet.
4. Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium atau simulasi, tidak pada instalasi OWS kapal sebenarnya, namun tetap disesuaikan dengan kondisi operasional OWS di kapal.
5. Standar acuan yang digunakan hanya mengacu pada MARPOL Annex I, tanpa membahas regulasi tambahan dari negara tertentu atau klasifikasi khusus.
6. Analisis kinerja terbatas pada akurasi pembacaan sensor, stabilitas koneksi IoT, dan respon sistem *alarm*, tidak melakukan analisis mendalam terkait efisiensi pemisahan minyak-air.
7. Sistem *remote monitoring* hanya mencakup tampilan data secara *real-time*, tanpa pengembangan aplikasi mobile komersial atau integrasi dengan sistem navigasi kapal.
8. OWS dipasang di ruang mesin (*Engine Room*), umumnya terletak pada area *bilge holding tank* dan *bilge pump*. Dalam penelitian ini dibuat dalam bentuk *prototype* yang diuji secara mandiri.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian karya ilmiah dan pembahasan kali ini yaitu:

1. Merancang dan membangun sistem *Oily Water Separator* (OWS) berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mampu melakukan pemantauan kondisi kadar minyak secara real-time dan meningkatkan akurasi pembacaan sensor.
2. Mengembangkan sistem *supervisory* OWS yang dilengkapi fitur alarm otomatis, sehingga operator dapat menerima peringatan dini saat kadar minyak melebihi batas aman yang ditetapkan oleh MARPOL Annex I.
3. Merancang dan mengimplementasikan *fitur safety protection* berupa pemutusan arus pompa otomatis berbasis *relay* apabila terjadi gangguan kelistrikan yang terbaca oleh sensor INA219

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya karya ilmiah diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembaca, yaitu:

1. Manfaat Secara Teoritis
 - a. Secara teoritis penelitian ini dapat dijadikan sebagai peningkatan pemahaman dan pengetahuan dalam bidang sistem kontrol, *Internet of Things* (IoT) di kapal, serta dapat dijadikan bahan referensi dalam penelitian pengembangan teknologi selanjutnya.
2. Manfaat Secara Praktis
 - a. Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan peluang bagi penulis untuk

memperdalam pengetahuan mengenai perancangan sistem IoT, integrasi sensor kadar minyak, serta pengembangan fitur alarm dan *remote monitoring* menggunakan ESP32. Selain itu, penelitian ini meningkatkan pemahaman penulis tentang desain sistem supervisory permesinan kapal serta penerapan teknologi digital sesuai regulasi MARPOL Annex I.

b. Bagi Institusi Pendidikan

Penelitian ini dapat menjadi sumber pembelajaran terkait penerapan IoT pada sistem permesinan kapal, khususnya dalam desain monitoring OWS yang terintegrasi. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan ajar untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai inovasi teknologi ramah lingkungan dan sistem otomasi di sektor kelautan.

c. Bagi Penelitian Lebih Lanjut

Penelitian ini dapat dijadikan pijakan untuk pengembangan sistem OWS yang lebih canggih, baik melalui peningkatan akurasi sensor, perluasan fungsi predictive maintenance, maupun integrasi dengan sistem inspeksi digital kapal. Selain itu, penelitian ini membuka peluang eksplorasi lebih lanjut terkait penerapan IoT dalam sistem pengolahan limbah dan pemantauan lingkungan laut yang lebih modern, efektif, dan terintegrasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 1 *Review Penelitian Sebelumnya*
Sumber : Google Scholar

No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil	Perbedaan
1.	Yara Ashifiya Bihamdiya Assawa, Illa Erlinia Wati Br Purba, Adi Kurniawan Yusim, Aulia Windyandari (Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Kontruksi Perkapalan, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, 2024), Jurnal Rekayasa Mesin.	<i>Prototype Oily water separator menggunakan Indikator Sensor TDS (Total Dissolved Solids)</i>	Penelitian ini menunjukkan penggunaan sensor ultrasonik, kekeruhan, dan TDS dalam model pemisah air berminyak (OWS). Buzzer dan lampu indikator menunjukkan tingkat TDS dalam standar peraturan. Performa prototipe adalah 66,6%, dengan pembacaan TDS mulai dari 2 ppm hingga 55 ppm. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa oksidasi karbon sebagai filter dapat mengurangi ppm udara, tetapi sensor kekeruhan dan TDS juga dapat mengukur tingkat udara.	Penelitian tersebut menggunakan sensor TDS sebagai indikator utama kadar polutan, sedangkan penelitian ini menggunakan sensor turbidity yang dikombinasikan dengan algoritma konversi untuk mendeteksi kadar minyak (ppm) secara lebih spesifik. Selain itu, penelitian sebelumnya belum mengimplementasikan sistem IoT berbasis ESP32 untuk remote monitoring dan data logging otomatis, serta belum dilengkapi dengan fitur proteksi otomatis berupa pemutusan daya pompa saat kadar minyak melebihi ambang batas 15 ppm sesuai MARPOL Annex I.
2.	Ghilman Ahmad Faza, Purwidi Asri, Perwi Darmajanti, Anggara Trisna Nugraha,	<i>PROTOTYP E SISTEM OILY WATER SEPARAT OR OTOMATI</i>	<i>Prototype Sistem Oily water separator</i> menggunakan ini dirancang dengan sistem gravitasi dimana proses pemisahan berdasarkan perbedaan massa jenis air	Penelitian tersebut masih berfokus pada sistem pemisahan berbasis gravitasi dan belum mengimplementasikan sistem proteksi

No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil	Perbedaan
	Muhammad Fikri Fathurrohman, (Program Studi D4 Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2023), Jurnal 7 Samudra.	S PADA KAPAL MENGGU NAKAN METODE DECISION TREE BERBASIS MIKROKO NTROLER	dan oli/minyak. Kemudian menggunakan sensor <i>turbidity</i> untuk membaca kadar kekeruhan Air yang sudah tercampur Oli. Pada <i>prototype</i> ini perlu dikembangkan menggunakan LoRa 2 arah supaya HMI juga dapat digunakan sebagai kontrol system.	otomatis seperti safety cut-off saat terjadi gangguan kelistrikan. Selain itu, meskipun menggunakan mikrokontroler, penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan sistem IoT berbasis MQTT untuk remote monitoring secara real-time, belum dilengkapi dengan sensor tegangan INA219 untuk monitoring baterai, sensor suhu DS18B20 untuk monitoring temperatur motor, serta fitur data logging digital yang terintegrasi dengan protokol komunikasi modern. Penelitian ini juga masih dalam tahap pengembangan sistem kontrol 2 arah, sementara penelitian yang sedang dilakukan telah mengimplementasika n sistem supervisory lengkap dengan alarm otomatis dan proteksi kelistrikan.
3.	Iqbal Helmi M., Amad Narto, Mashudi Rofik. (Program Studi Teknik Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2021), Majalah	RANCANG BANGUN ALAT PERAGA SISTEM OILY WATER SEPARAT OR DI KAPAL	Proses perbaikan pemisah air berminyak harus dilakukan dengan presisi dan perakitan komponen yang tepat, mengikuti desain dan spesifikasi. Kontrol elektronik menggunakan relay modul 2 saluran memungkinkan pengaturan katup selektor,	Penelitian tersebut lebih berfokus pada aspek mekanis dan konstruksi manual alat peraga OWS dengan kontrol elektronik yang masih sederhana menggunakan relay modul 2 saluran,

No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil	Perbedaan
	Ilmiah Gema Maritim	KM. DOROLO NDA	yang kemudian dikendalikan oleh sensor ppm untuk menentukan tekanan udara antara udara dan komponen lainnya seperti acoulik, piston, kran, gauge manometer, dan tingkat air. Konstruksi manual dapat dilakukan dengan menggunakan gergaji, bor, dan gerinda. Mesin DC 12V dapat digunakan untuk menghubungkan pemisah air berminyak ke pemisahan air minyak. Untuk memastikan fungsi yang tepat, penting untuk memiliki pemahaman yang baik tentang model pemisah air berminyak, mekanik, elektronik, dan komponen sistem.	tanpa implementasi mikrokontroler cerdas berbasis IoT. Penelitian sebelumnya belum menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, belum mengintegrasikan berbagai sensor digital (ultrasonik, turbidity, DS18B20, INA219), serta belum memiliki kemampuan remote monitoring dan data logging melalui jaringan internet. Penelitian yang sedang dilakukan mengembangkan sistem yang jauh lebih canggih dengan fitur proteksi otomatis terintegrasi, sistem alarm akustik, dan dashboard pemantauan jarak jauh berbasis protokol MQTT yang memungkinkan operator memantau kondisi OWS secara real-time dari jarak jauh.
4.	Edi Tri Astuti, Jones Aritonang, Perdamean Sebayang, dan Silviana Simbolon, (Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1,	Rancang Bangun Water-Oily Separator Tipe Horizontal Dua Fasa Menggunakan Variasi Minyak Goreng, Pertamina	Penelitian ini merancang water-oily separator tipe horizontal dua fasa dengan dua sekat dan menguji pengaruh variasi debit minyak (minyak goreng, Pertamina dex, dan oli mesin) terhadap efisiensi pemisahan. Pengujian dilakukan dengan debit minyak 1, 2, dan 3 l/menit serta debit air konstan 1 l/menit. Hasil	Penelitian tersebut lebih berfokus pada aspek mekanika fluida dan kinerja pemisahan fisik pada separator tipe horizontal dua fasa dengan variasi jenis dan debit minyak, tanpa mengintegrasikan sistem kontrol elektronik berbasis

No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil	Perbedaan
	Pamulang 15417, Tangerang Selatan, Indonesia, Pusat Penelitian Fisika, Badan Riset Indonesia, Serpong 15314, Tangerang Selatan, Indonesia, 2021), Journal of Technical Engineering	Dex Dan Oli Mesin	menunjukkan efisiensi pemisahan tertinggi terdapat pada debit minyak 3 l/menit dengan nilai 94,1% untuk Pertamina Dex, 90,8% untuk minyak goreng, dan 89% untuk oli mesin. Penelitian ini menganalisis dinamika fluida meliputi fraksi minyak, viskositas campuran, densitas campuran, kecepatan aliran, dan bilangan Reynolds.	mikrokontroler. Sistem yang dirancang masih bersifat konvensional tanpa fitur monitoring otomatis, alarm, dan proteksi. Penelitian saya mengintegrasikan ESP32 dengan sensor turbidity untuk monitoring kadar minyak secara real-time dalam ppm, sensor ultrasonik untuk level cairan, sensor suhu dan tegangan, serta sistem proteksi otomatis yang memutus daya pompa saat kadar minyak melebihi 15 ppm sesuai MARPOL. Selain itu, penelitian saya juga menerapkan IoT untuk remote monitoring dan data logging digital yang tidak ada pada penelitian sebelumnya yang lebih berorientasi pada desain mekanis dan karakterisasi fluida.
5.	Eko Prayetno, Tonny Suhendra, Sugianto, (Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, 2020),	Prototipe Pemisah Minyak dan Air	Penelitian ini menghasilkan prototipe pemisah minyak dan air berbasis Arduino Uno yang menggunakan sensor photodiode untuk mendeteksi keberadaan minyak dan relay untuk mengaktifkan pompa. Pengujian dilakukan dengan variasi volume	Penelitian tersebut masih menggunakan platform Arduino Uno dengan sensor photodiode sederhana untuk mendeteksi minyak secara kualitatif (ada/tidak), belum mengukur kadar minyak secara

No.	Nama Peneliti	Judul	Hasil	Perbedaan
	Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan		minyak 1000 ml, 1500 ml, 2000 ml, dan 2500 ml. Hasil menunjukkan rata-rata waktu pemisahan berkisar antara 11,8 menit hingga 32,6 menit dengan total pemisahan mencapai 1142 ml hingga 2812 ml. Efisiensi pemisahan dipengaruhi oleh kekentalan minyak yang menghambat kinerja pompa.	kuantitatif dalam satuan ppm. Penelitian saya menggunakan ESP32 yang memiliki konektivitas Wi-Fi bawaan dan menerapkan protokol MQTT untuk pengiriman data telemetri secara real-time. Selain itu, penelitian sebelumnya belum dilengkapi dengan sensor turbidity yang terkalibrasi untuk pembacaan ppm, sensor ultrasonik untuk monitoring level cairan, sensor suhu DS18B20, dan sensor tegangan INA219. Sistem saya juga memiliki fitur proteksi otomatis (pemutusan daya pompa) saat kadar minyak > 15 ppm, alarm otomatis, serta data logging digital yang terintegrasi dengan dashboard pemantauan jarak jauh, yang tidak tersedia pada penelitian sebelumnya.

B. Landasan Teori

Berdasarkan teori inilah sumber teori yang kemudian menjadi dasar penelitian. Hal ini penting karena memungkinkan pembaca untuk memahami mengapa isu atau masalah tersebut diangkat dalam penelitian ini. Selain itu, juga harus ditunjukkan secara teoritis bagaimana masalah dapat dikaitkan dengan hasil penelitian dengan informasi tambahan. Berdasarkan teori tersebut, penulis menjelaskan beberapa landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya:

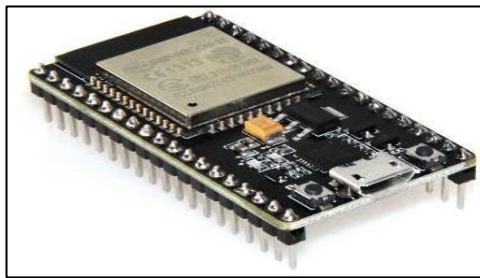
1. Oily water separator (OWS)

Oily water separator "OWS" merupakan suatu alat kapal dimana fluida yang tidak saling larut dipisahkan satu sama lainnya karena perbedaan masa jenis (densitas), dalam hal ini fluida yang dimaksud adalah air dan minyak, yang mana berat jenis air lebih besar dari pada berat jenis minyak sehingga saat proses pemisahan terjadi air akan berada di bagian bawah dan minyak akan berada dibagian atas (Trinata et al., 2021).

Separator air minyak digunakan untuk menangani air yang berasal dari bilge, di mana air *masih* bercampur dengan minyak dan harus dipisahkan sebelum dibuang ke laut. Cara kerjanya adalah dengan mengubah kecepatan dan arah fluida dari sumur, juga dikenal sebagai well, sehingga fluida dapat terpisah. OWS menggunakan Hukum Stokes untuk mendefinisikan kecepatan terapungya sebuah benda/partikel berdasarkan berat jenis dan ukurannya. Minyak akan terakumulasi di atas permukaan air oleh alat ini.

2. ESP32

Mikrokontroller ESP32 merupakan mikrokontroller yang sudah terdapat konektifitas Bluetooth serta Wi-Fi dalam satu (Ramadhan et al., 2021) tampak pada Gambar 2. 1 modul mikrokontroler terintegrasi dengan semua fitur dan kinerja yang luar biasa. Modul ini merupakan pengembangan dari ESP8266, modul WiFi populer yang juga dikenal sebagai ESP32. Modul ini memiliki dua prosesor komputasi, satu untuk mengelola jaringan WiFi dan Bluetooth, dan yang lainnya untuk menjalankan aplikasi.



Gambar 2. 1 ESP32

Sumber: Dokumen Pribadi

3. Sensor Turbidity

Sensor *turbidity* merupakan sensor mengukur tingkat kekeruhan air yang dapat dengan mudah dikombinasikan dengan mikrokontroler (Nasir & Natasya, 2020) tampak pada Gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 Sensor Turbidity

Sumber: Dokumen Pribadi

Perangkat yang digunakan untuk mengukur kekeruhan atau kabut serta konsentrasi padatan terlarut/terendap dalam suatu larutan. Sensor *turbidity* adalah sensor analitik yang mengukur kekeruhan. Sensor ini sangat berguna dan efektif untuk mengidentifikasi kejernihan dan kandungan partikel dalam suatu larutan, seperti air.

4. Power Supply

Sumber daya listrik 12V 10 ampere adalah jenis power supply yang menyediakan tegangan 12V dan arus 10 ampere. Auxiliary power supply (APS) sangat penting untuk menyediakan daya dan tegangan yang andal ke driver gerbang, pengontrol, dan sensor dalam konverter tegangan menengah (MV) (Sun et al., 2021) tampak pada Gambar 2. 3.



Gambar 2. 3 *Power Supply*
Sumber: Dokumen Pribadi

Penting untuk memilih *power supply* yang sesuai dengan kebutuhan perangkat elektronik agar tidak terjadi kerusakan akibat tegangan atau arus yang tidak stabil. Pastikan untuk memeriksa spesifikasi perangkat elektronik sebelum menggunakan *power supply* agar sesuai dengan kebutuhan dan aman digunakan.

5. Relay

Relay merupakan Komponen listrik dikenal sebagai saklar, terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian elektromagnetik (membuat kumparan medan magnet) dan bagian mekanik (membuat kontak saklar) tampak pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 Relay

Sumber: Dokumen Pribadi

Fungsi relay adalah menghubungkan atau memutuskan aliran listrik dalam rangkaian elektronik. Relay dapat digunakan untuk mengendalikan peralatan yang bertegangan AC 220V(Abdul Kadir, 2018).

6. Lampu Indikator

Lampu indikator digunakan sebagai penanda pada panel dari mana arus yang digunakan(Susanto, n.d.). Lampu indikator tanda yang berada di bagian panel listrik tampak pada Gambar 2. 5.



Gambar 2. 5 Lampu Indikator

Sumber: Dokumen Pribadi

Lampu ini berfungsi untuk memberikan informasi jika terjadi permasalahan pada panel. Biasanya, lampu indikator akan menyala saat dinyalakan dan kembali dalam keadaan mati sesaat kemudian.

7. Buzzer

Buzzer merupakan rangkain elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi suara (Sari et al., 2020) tampak pada Gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Buzzer

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loudspeaker, yang terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi *electromagnet*.

8. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display merupakan media yang digunakan untuk menampilkan hasil dari keluaran pada sebuah rangkaian elektronika(Auliya Saputra et al., 2020) tampak pada Gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 LCD

Sumber: Dokumen Pribadi

LCD (*Liquid Crystal Display*) media tampilan yang digunakan untuk menampilkan data, huruf, karakter, dan grafik. LCD memiliki bentuk yang tipis, sedikit memancarkan panas, dan memiliki resolusi yang tinggi.

9. Moduled LM2596

Modul Regulator Step-Down LM2596 adalah perangkat konverter daya elektronik berbasis sirkuit terintegrasi (IC) yang berfungsi untuk menurunkan tegangan searah (DC) tingkat tinggi menjadi tegangan DC yang lebih rendah dengan efisiensi konversi yang tinggi. Modul ini menerapkan metode pensaklaran gelombang (Switching Regulator atau Buck Converter) berfrekuensi tinggi (sekitar 150 kHz), di mana tegangan masukan (input voltage) tidak stabil atau berskala besar yang bersumber dari catu daya utama/baterai kapal sebesar 12V atau 24V DC akan dipotong dan diregulasi secara konstan menjadi tegangan keluaran (output voltage) kerja yang aman, seperti 5V atau 3,3V DC. Selisih penurunan tegangan tersebut dikelola melalui komponen induktor, dioda filter, dan kapasitor internal untuk meminimalkan distorsi daya (*ripple voltage*) sebelum dialirkan menuju pin distribusi daya mikrokontroler ESP32.

Karakteristik modul regulator LM2596 yang dilengkapi dengan fitur

proteksi thermal (*thermal shutdown*) dan batasan arus (*current limit*) membuatnya sangat ideal untuk menyuplai daya ke sirkuit monitoring sensitif di *lingkungan* ruang mesin (*engine room*). Suplai daya yang kontinu, stabil, dan bebas dari lonjakan tegangan (*voltage spike*) ini memastikan mikrokontroler beserta seluruh modul sensor (seperti sensor ultrasonik dan sensor minyak) dapat beroperasi mendeteksi kondisi kritis secara *real-time* tanpa risiko kegagalan sistem akibat *overheating* atau *undervoltage*. Dengan demikian, keandalan modul ini dalam menjaga stabilitas elektrik sangat krusial agar logika interlok proteksi OWS tetap aktif bekerja demi mencegah terjadinya tumpahan limbah hidrokarbon di sekitar kapal.



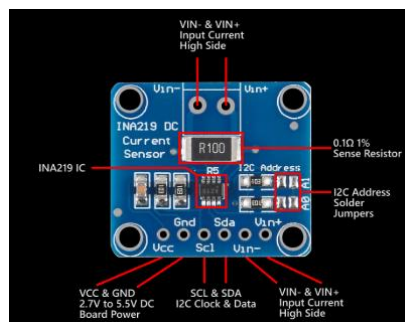
Gambar 2. 8 Module LM2596

Sumber: <https://share.google/3gLbk2GMjYrnDLbVM> (Diakses pada tanggal 03 November 2025)

10. Sensor Tegangan INA219

Sensor INA219 merupakan modul pemantau arus dan tegangan dua arah (*bi-directional*) berbasis antarmuka I2C yang digunakan untuk mengukur nilai *tegangan* serta konsumsi daya pada sistem kelistrikan baterai OWS (*Oilyy Water Separator*). Modul ini bekerja dengan memanfaatkan sebuah resistor pirau (*shunt resistor*) presisi tinggi terintegrasi untuk mengukur penurunan tegangan (*shunt voltage drop*) yang

melewatinya, sekaligus mengukur tegangan bus (*bus voltage*) dari terminal catu daya secara bersamaan. Data analog yang diperoleh kemudian dikonversi secara digital oleh sirkuit internal IC INA219 menjadi data digital siap pakai sebelum dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 melalui jalur komunikasi serial data (SDA) dan serial clock (SCL). Penggunaan sensor INA219 dalam sistem proteksi memberikan keuntungan berupa tingkat akurasi pembacaan parameter tegangan baterai yang sangat tinggi dan stabil jika dibandingkan dengan metode pembagi tegangan (*voltage divider*) konvensional, sehingga kondisi kesehatan maupun kapasitas daya cadangan penyokong alat dapat termonitor secara *real-time*.



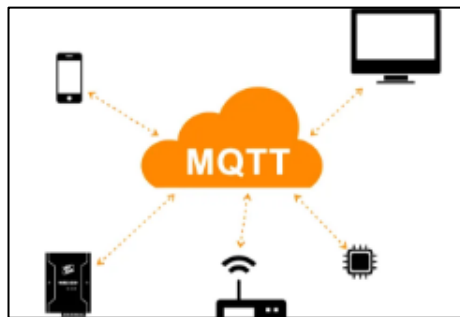
Gambar 2. 9 Sensor Tegangan

Sumber: <https://share.google/yn2iOvZOWY6CbEZLO> (Diakses pada tanggal 03 November 2025)

11. Protokol Komunikasi MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) adalah protokol komunikasi data berbasis standar ISO yang beroperasi di atas arsitektur TCP/IP dan dirancang khusus untuk keperluan pengiriman data ringan pada perangkat IoT (*Internet of Things*). Protokol ini menerapkan metode *Publish/Subscribe*, di mana perangkat pengirim (ESP32 sebagai *Publisher*) mempublikasikan data telemetri sensor ke topik tertentu, dan aplikasi pemantau (seperti *dashboard* jarak jauh sebagai *Subscriber*) akan menerima

data tersebut melalui bantuan sebuah penengah yang disebut *MQTT Broker*. Karakteristik MQTT yang hemat pita lebar (*bandwidth*) dan memiliki *overhead* paket data yang sangat kecil membuatnya sangat ideal untuk mentransmisikan data status proteksi OWS, nilai ppm hidrokarbon, serta indikasi alarm secara cepat dan andal, bahkan pada kondisi jaringan internet kapal yang tidak stabil di lingkungan maritim.



Gambar 2. 10 Protokol Komunikasi MTQQ

Sumber: <https://share.google/WAEIDLc2ODOCm6NuP> (Diakses pada tanggal 03 November 2025)

12. Sensor Ultrasonic

Sensor *Ultrasonic* (seperti tipe HC-SR04) adalah perangkat transduser elektronik yang berfungsi untuk mengukur jarak suatu objek dengan memanfaatkan pancaran dan pantulan gelombang akustik berfrekuensi tinggi (di atas 20 kHz, melampaui batas pendengaran manusia). Sensor ini menerapkan metode pengukuran *Non-Contact* (tanpa sentuhan fisik *langsung*), di mana komponen pemancar (*Transmitter/Trigger*) menembakkan pulsa ultrasonik ke arah permukaan cairan di dalam tangki OWS, dan komponen penerima (*Receiver/Echo*) menangkap kembali gelombang pantulnya. Selisih waktu tempuh perjalanan gelombang (*Time of Flight*) tersebut kemudian dikonversi oleh mikrokontroler ESP32 menjadi data linear satuan jarak (sentimeter)

menggunakan konstanta kecepatan rambat suara di udara. Karakteristik sensor ultrasonik yang sangat sensitif terhadap perubahan volume cairan serta bebas dari risiko korosi akibat kontak langsung dengan fluida membuatnya sangat ideal untuk memonitor ketinggian akumulasi minyak atau air di dalam separator chamber. Data pengukuran memastikan mikrokontroler dapat mendeteksi kondisi kritis (tangki penuh atau kosong) secara real-time, sehingga sistem mampu mengeksekusi logika interlok proteksi—seperti memutus arus pompa atau mengaktifkan alarm—secara cepat demi mencegah terjadinya tumpahan limbah hidrokarbon yang berpotensi mencemari lingkungan maritim di sekitar kapal.



Gambar 2. 11 Sensor *Ultrasonic*

Sumber: <https://share.google/vsQ6AZKsE95bkiJeP> (Diakses pada tanggal 03 November 2025)

13. Sensor Suhu DS18B20

Sensor Suhu *DS18B20* adalah sensor suhu digital yang memiliki tingkat akurasi tinggi dan menggunakan komunikasi *One Wire*, sehingga hanya membutuhkan satu pin data. Sensor ini digunakan untuk memantau suhu lingkungan atau cairan dalam sistem.

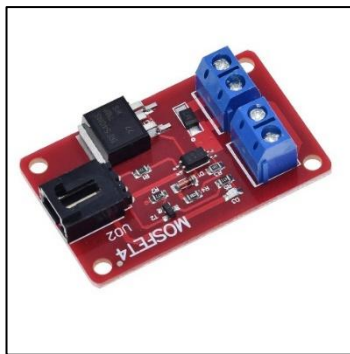


Gambar 2. 12 Sensor Suhu DS18B20

Sumber: <https://share.google/iURGOLhZu5Kie75kZ> (Diakses pada tanggal 03 November 2025)

14. Driver Mosfet IRF540

IRF540 merupakan transistor tipe MOSFET yang digunakan sebagai driver untuk mengendalikan beban dengan arus besar, seperti pompa. MOSFET ini bekerja sebagai saklar elektronik yang dikontrol oleh sinyal dari mikrokontroler, sehingga memungkinkan pengendalian beban secara efisien dan cepat.



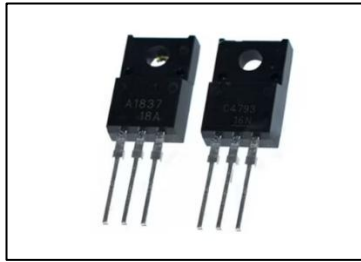
Gambar 2. 13 Driver Mosfet IRF540

Sumber: <https://share.google/5zMWMjFiDUpekjifB> (Diakses pada tanggal 03 November 2025)

15. Driver Transistor

Driver transistor digunakan sebagai penguat arus untuk mengendalikan komponen yang membutuhkan arus lebih besar dari kemampuan output mikrokontroler. Komponen ini biasanya digunakan

untuk mengaktifkan relay, buzzer, atau beban kecil lainnya.

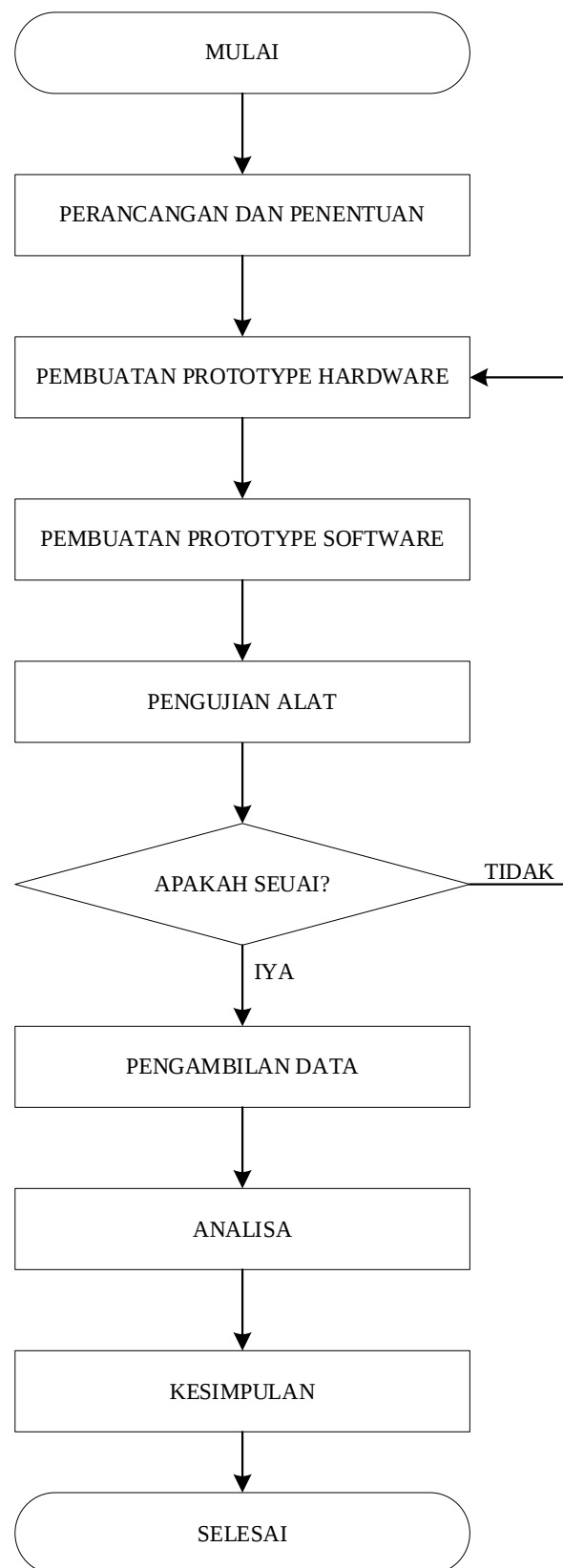


Gambar 2. 14 Driver Transistor

Sumber: <https://share.google/TvSS0IqdFIklCcWCL> (Diakses pada tanggal 03 November 2025)

C. Kerangka Penelitian

Dalam perancangan bangun, penting untuk memahami logika berpikir bagaimana menyelesaikan masalah yang ada, sehingga algoritma dan logika penelitian ini sangat penting dalam menyelesaikan masalah. Representasi algoritma dapat dibagi menjadi dua bentuk, yaitu teks dan gambar. Penulis menyajikan algoritma penelitian dalam bentuk gambar, yaitu berupa *flowchart*. *Flowchart* adalah bagan (diagram) yang menunjukkan aliran (flow) dalam suatu penelitian, atau merupakan prosedur sistematis yang logis. Format flowchart dapat dilihat pada Gambar 2. 15.



Gambar 2. 15 Kerangka Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi

BAB III

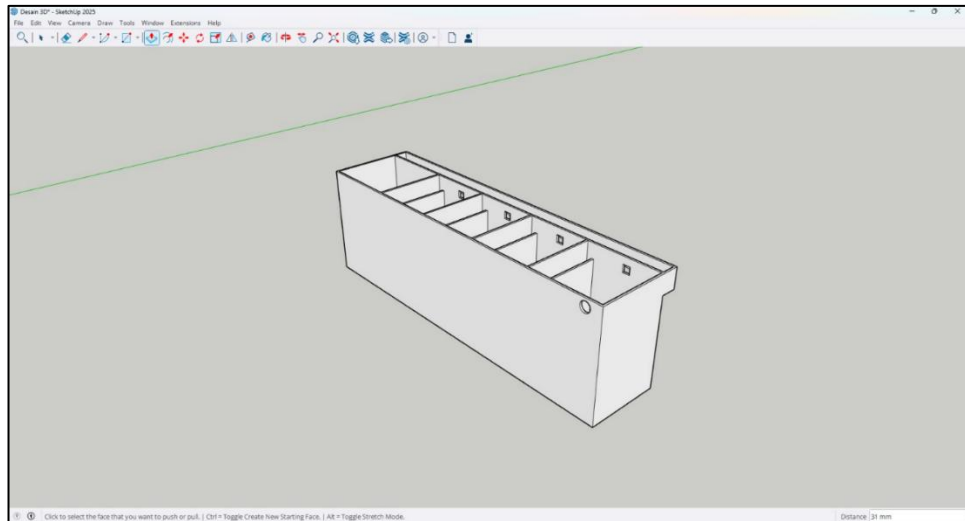
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Dengan pendekatan kuantitatif untuk merancang, mengembangkan, mengimplementasikan, dan mengevaluasi *prototype* sistem *Oily Water Separator* (OWS) berbasis *Internet of Things* (IoT). Banyak permasalahan yang dapat diselesaikan dengan penelitian atau penemuan para peneliti sangat berdampak pada kemajuan pengetahuan dan teknologi dimasa yang akan datang. Penggunaan metode kuantitatif, peneliti dapat menentukan hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel tertentu. Dalam metode ini, peneliti akan merancang, membangun, dan menguji alat atau instrumen tersebut sebelum digunakan dalam pengumpulan data.

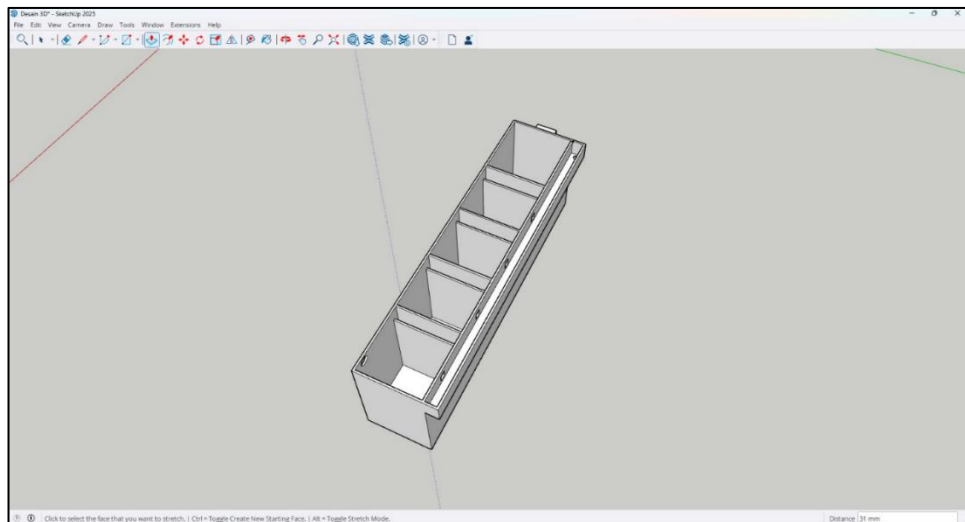
A. Perancangan Sistem

1. Perancangan mekanik (3D Desain & Dimensi)

Perancangan dan penyusunan desain sistem merupakan tahap awal dalam proses perencanaan, yang bertujuan untuk menentukan struktur alat yang akan dibuat serta memahami cara kerjanya. Pada tahap ini, disajikan gambaran umum mengenai sistem yang akan dikembangkan.



Gambar 3. 1 OWS tampak samping
Sumber: Dokumen Pribadi



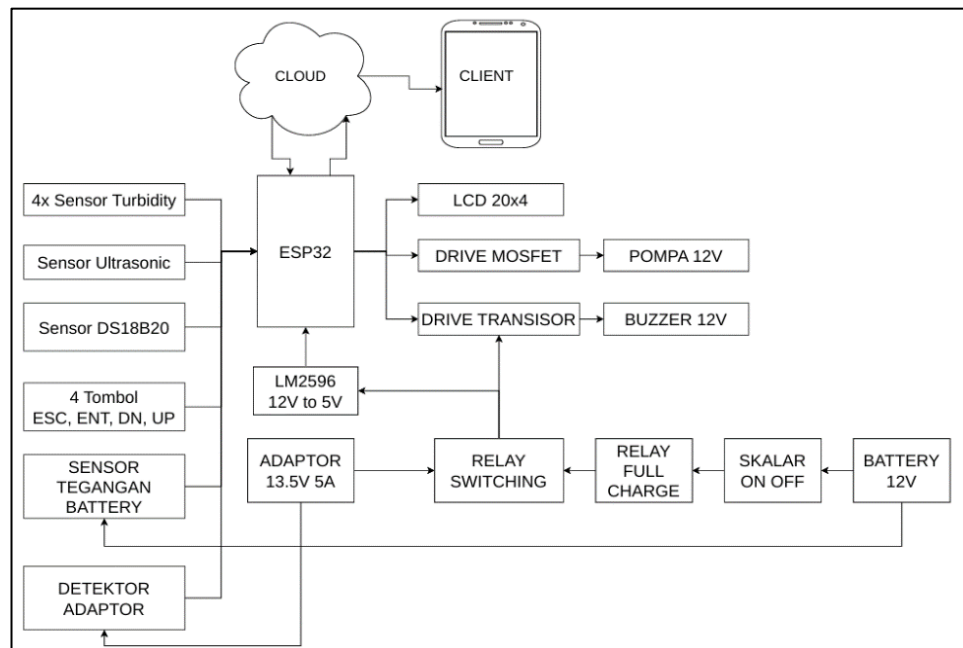
Gambar 3. 2 OWS tampak atas
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan rancangan mekanik yang telah dibuat, Gambar 3.3 menampilkan visualisasi 3D dari sistem *Oilyy Water Separator* (OWS) yang dirancang menggunakan perangkat lunak pemodelan 3D. Visualisasi ini mempresentasikan struktur fisik dan geometri dari tangki pemisah berbentuk persegi panjang memanjang secara presisi untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai bentuk luar dan susunan kompartemen di bagian dalam sebelum proses pabrikasi dilakukan. Pada gambar bagian atas

yang menunjukkan tampak samping, terlihat tangki OWS memiliki dinding luar yang solid dengan lubang melingkar di salah satu ujung bawahnya sebagai jalur masukan (*inlet*) atau keluaran (*outlet*) fluida, serta dilengkapi profil tepian (*flange*) pada bagian atas sebagaiudukan penutup atau penguat struktur.

Sementara itu, pada gambar bagian bawah yang memperlihatkan tampak perspektif atas, terlihat struktur bagian dalam tangki yang terbagi menjadi beberapa kompartemen secara seri menggunakan pelat sekat (*baffle*) melintang. Sekat-sekat ini berfungsi krusial untuk menahan serta memecah laju aliran fluida guna memberikan waktu retensi (*retention time*) yang cukup bagi campuran air dan minyak agar dapat terpisah secara gravitasi. Selain itu, di sepanjang sisi bagian dalam tangki terdapat saluran memanjang yang terintegrasi dengan setiap kompartemen melalui lubang persegi kecil, yang dirancang khusus untuk memfasilitasi aliran spesifik, baik sebagai jalur distribusi fluida maupun sebagai jalur limpahan (*overflow*) minyak yang terapung di permukaan menuju ruang penampungan akhir. Secara keseluruhan, rancangan dimensi dan pembagian ruang pada model 3D ini telah disesuaikan dengan prinsip kerja fluida dinamis untuk memastikan proses pemisahan dapat berjalan secara efisien dan optimal.

2. Blok Diagram



Gambar 3. 3 Blok Diagram

Sumber: Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.3 blok diagram digambarkan prinsip kerja yang dimulai dengan menunjukkan bagaimana perancangan dan sistem proteksi OWS bekerja secara keseluruhan. Sensor oily content, sensor level cairan, dan sensor tekanan berfungsi sebagai input utama untuk mengetahui kondisi aktual dari OWS. Ketiga sensor tersebut mengirimkan data ke ESP32 untuk diproses dan dianalisis. Jika terjadi kondisi abnormal seperti kadar minyak melebihi ambang batas, level cairan terlalu tinggi, atau tekanan berlebih, maka ESP32 akan mengaktifkan sistem proteksi. Bentuk proteksi yang diberikan dapat berupa alarm buzzer, notifikasi sistem, maupun *shutdown* pompa menggunakan relay atau pengendalian valve untuk menghentikan aliran fluida.

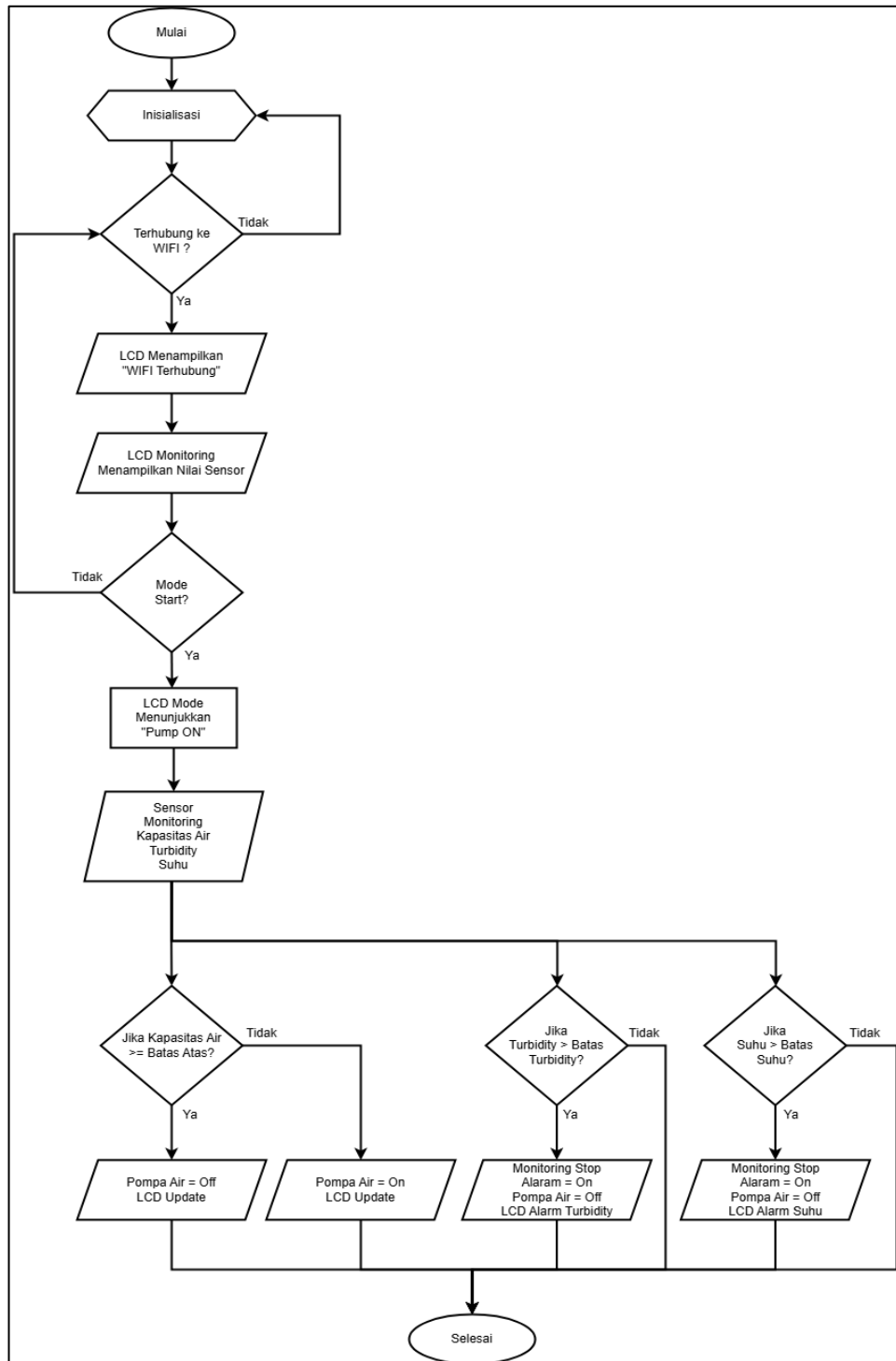
Pada saat yang sama, seluruh data kondisi OWS akan dicatat melalui modul logging atau web untuk keperluan audit maupun analisis performa

unit. ESP32 juga mengirimkan data secara real-time menggunakan jaringan Wi-Fi ke aplikasi dashboard seperti Kodular atau platform IoT lainnya. Data ini dapat divisualisasikan untuk memudahkan pemantauan jarak jauh oleh operator kapal. Melalui integrasi ini, sistem memungkinkan pemantauan *real-time* terhadap parameter kadar minyak, level cairan, dan tekanan, serta memberikan respons proteksi otomatis ketika terdeteksi kondisi berbahaya. Dengan penggunaan IoT dan data logging, sistem ini membantu meningkatkan keamanan, efisiensi operasional, serta kepatuhan terhadap standar lingkungan kapal.

3. Sistem Kerja

Penelitian ini juga menjelaskan dalam sistem kerjanya agar lebih detail peneliti juga menambahkan flowchart diagram untuk menjelaskan suatu sistem. Sistem kerja ini menggunakan perintah pemrograman, perintah tersebut berbentuk suatu bahasa dan bahasa yang digunakan yaitu bahasa C++. Bahasa C++ adalah bahasa pemrograman yang diorientasikan pada struktural dan procedural tampak pada Gambar 3. 3. *flowchart* tersebut menunjukkan alur penelitian yang dimulai dari tahap identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Setiap tahapan dalam flowchart merepresentasikan proses penelitian yang saling berkaitan dan disusun secara sistematis. Pada setiap tahapan terdapat data dan aktivitas yang terperinci sesuai dengan fokus penelitian, sehingga keseluruhan proses penelitian dapat tercakup secara menyeluruh. Dengan adanya alur penelitian ini, peneliti dapat lebih mudah dalam melakukan perancangan, pengujian, serta analisis sistem proteksi pada *Oily Water Separator* (OWS). Oleh

karena itu, pelaksanaan penelitian dilakukan secara bertahap dan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan pada *flowchart* agar penelitian dapat berjalan dengan terstruktur, efektif, dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan



Gambar 3. 4 *Flowchart*

Sumber: Dokumen Pribadi

B. Model Perancangan *Software* dan Desain

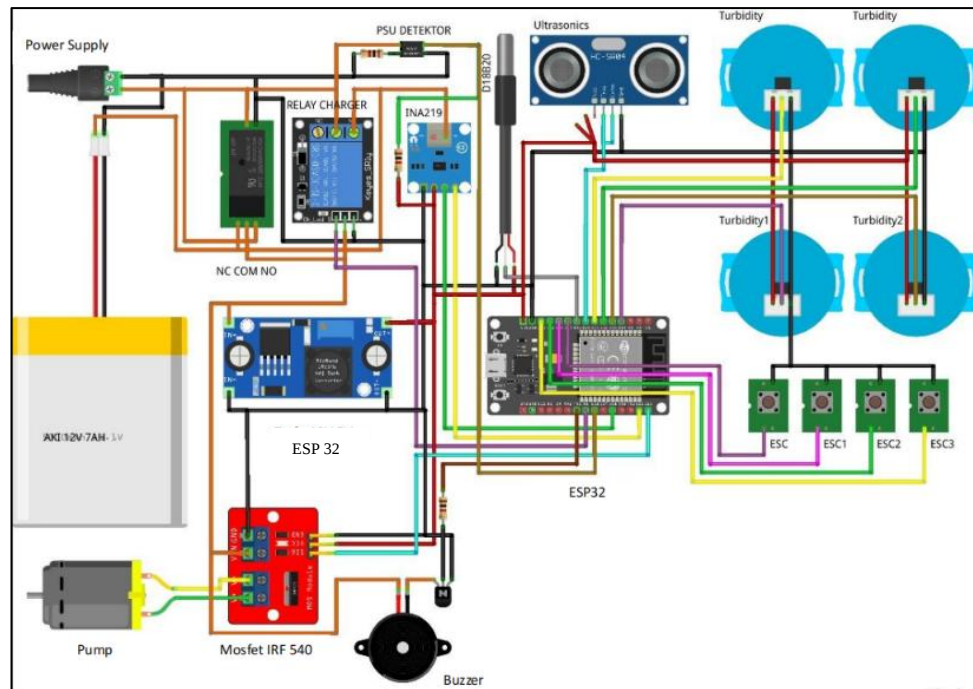
1. Identifikasi Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan sistem, yang bertujuan untuk mengidentifikasi semua kebutuhan yang diperlukan oleh sistem yang akan dikembangkan. Tahap ini penting untuk memastikan sistem yang dibangun memiliki keandalan yang tinggi dengan memperhatikan setiap komponen penyusunnya. Berikut ini adalah daftar alat yang diperlukan dalam penelitian ini:

Tabel 3. 1 Daftar Komponen

No	Komponen	Jumlah	Satuan
1.	Mikrokontroler ESP32	1	Unit
2.	Sensor Ultrasonic	1	Unit
3.	Sensor Turbidty	4	Unit
4.	Sensor Suhu DS18B20 (opsional)	1	Unit
5.	Modul IoT (MQTT/Blynk/HTTP)	1	Paket
6.	Pompa AIR 12V	1	Unit
7	Sensor INA219	1	Unit
8	Buzzer Alarm	1	Unit
9	Lampu Indikator Alarm	3	Unit
10	LCD/OLED Display	1	Unit
11	Driver Transistor	1	Unit
12	Power Supply 12V – 5V	1	Unit
13	IRF540	1	Unit
14	Relay + Driver	1	Unit
15	Battery 12V 7AH	1	Unit
16	Kabel Merah/Hitam	1	Unit
17	Header Female 1x40	1	Unit
18	Terminal Screw 2p	1	Unit
19	Connector	1	Unit
20	Charger Aki 13.4V 5A	1	Unit
21	Akrilik/Pipa/Selang	1	Unit

2. Rangkaian Elektronika



Gambar 3. 5 Rangkaian Elektronika

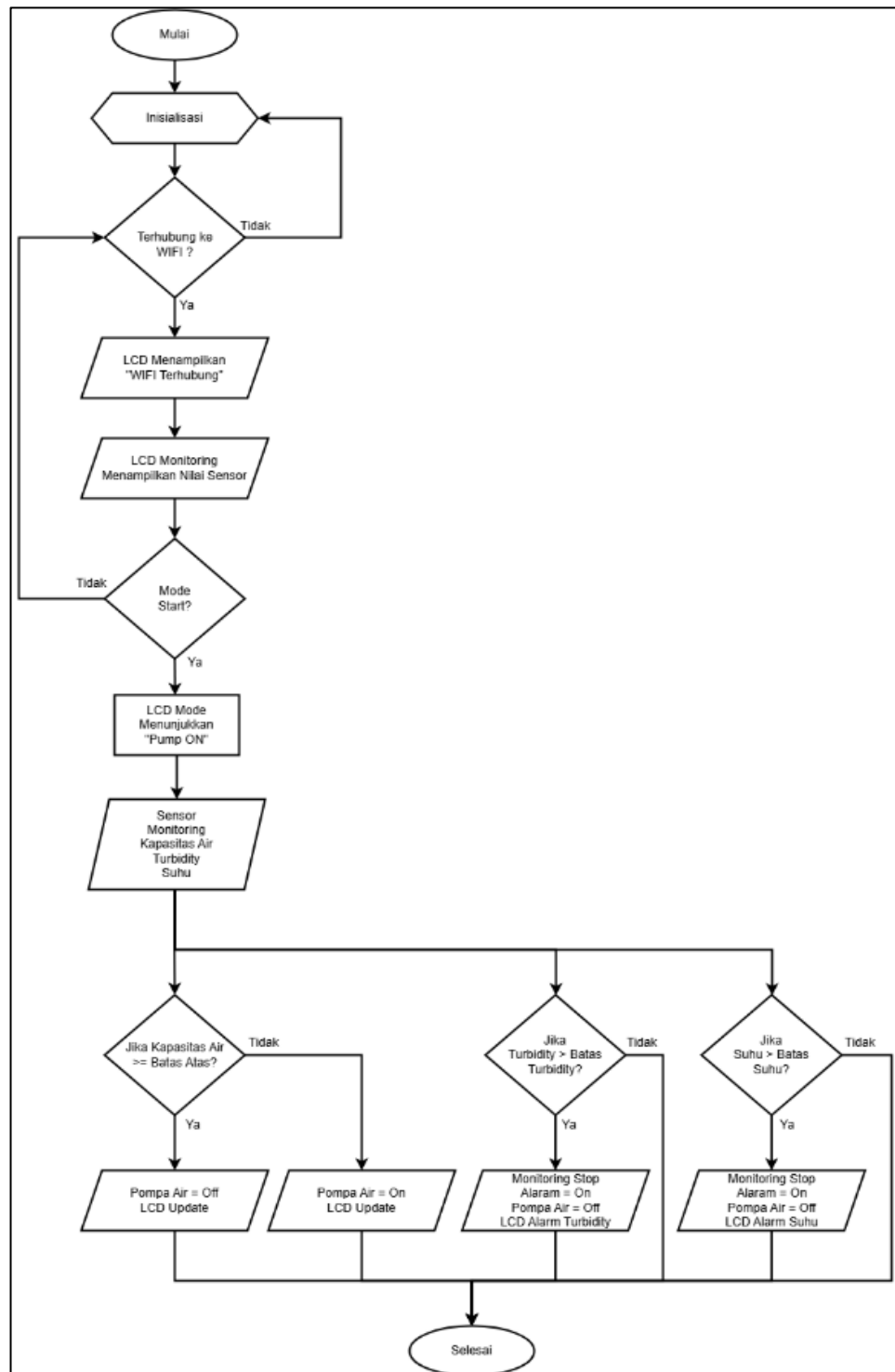
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan gambar 3. 5 rangkaian di atas, Konsep sistem dirumuskan melalui pembuatan *wiring diagram* yang menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem proteksi OWS. *Wiring diagram* ini menjelaskan jalur arus dan sinyal antara sensor, ESP32, aktuator, serta modul pendukung lainnya. Dengan adanya diagram kelistrikan, proses integrasi perangkat dapat dilakukan dengan lebih terstruktur dan meminimalkan potensi kesalahan dalam pemasangan kabel maupun konfigurasi perangkat.

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama seperti *sensor oily content* (ppm), sensor level cairan, sensor tekanan sistem, buzzer alarm, *relay* atau solenoid *valve* untuk proteksi shutdown, modul SD card untuk pencatatan data (logging), serta modul Wi-Fi bawaan ESP32 untuk koneksi ke *platform monitoring*. Semua komponen dihubungkan ke mikrokontroler

ESP32 sebagai pusat kendali yang memproses data dari sensor, mengaktifkan proteksi, serta mengirimkan data secara *real-time*.

3. Perancangan Software



Gambar 3. 6 Perancangan Software

Sumber : Dokumen pribadi

Berdasarkan gambar 3.6 diatas, Alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi pin solenoid valve, layar LCD, dan modul SD card oleh mikrokontroler ESP32, dilanjutkan dengan menghubungkan sistem ke jaringan WiFi kapal dan MQTT Broker secara berulang hingga sukses terhubung. Setelah koneksi aktif, ESP32 memasuki siklus utama untuk membaca data sensor ultrasonik (level cairan) dan sensor minyak (PPM) secara kontinu, di mana seluruh hasil pembacaan tersebut langsung dicatat secara real-time pada web sebagai fungsi data logging.

Selanjutnya, data sensor dievaluasi melalui dua tahapan logika proteksi. Pertama, jika sensor ultrasonik mendeteksi tangki dalam kondisi penuh atau kosong (abnormal), sistem seketika menutup solenoid valve, membunyikan buzzer alarm, dan mengirim notifikasi bahaya via Publish MQTT ke dashboard pemantau. Kedua, jika level tangki aman tetapi sensor minyak mendeteksi kadar hidrokarbon melebihi batas regulasi (> 15 PPM), protokol keselamatan yang sama (katup menutup dan alarm aktif) akan langsung dipicu. Sebaliknya, jika kedua parameter berada dalam kondisi aman (≤ 15 PPM dan level normal), solenoid valve tetap membuka (Open), buzzer mati, dan status aman dikirim ke pengguna sebelum program berputar kembali ke tahap pembacaan sensor.

C. Rencana Pengujian

Pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan data penelitian. Dalam pengujian alat ini dilakukan dengan cara :

1. Uji statis

Pengujian dilakukan dengan menguji setiap bagian alat berdasarkan karakteristik dan fungsinya. Setiap komponen diuji untuk memastikan kinerjanya maksimal dan sesuai dengan fungsinya, lalu hasil pengukuran dicatat dalam tabel.

2. Uji dinamis

Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan alat dalam ruangan tertutup dua kali untuk mengevaluasi kinerjanya, kemudian hasil pengukuran dicatat dalam tabel.