

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**RANCANG BANGUN SISTEM *ALARM*
DAN *SHUTDOWN* OTOMATIS
PADA PIPA *DISCHARGE* GAS KAPAL FPSO
(*FLOATING PRODUCTION STORAGE AND OFFLOADING*)**



DEWA GEDE ADITYA BHASKARA

NIT 09.21.003.1.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**RANCANG BANGUN SISTEM *ALARM*
DAN *SHUTDOWN* OTOMATIS
PADA PIPA *DISCHARGE* GAS KAPAL FPSO
(*FLOATING PRODUCTION STORAGE AND OFFLOADING*)**



DEWA GEDE ADITYA BHASKARA

NIT 09.21.003.1.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : DEWA GEDE ADITYA BHASKARA
Nomor Induk Taruna : 09 21 003 1 07
Program Studi : TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN
KAPAL

Menyatakan bahwa Karya Ilmiah Terapan yang saya tulis dengan judul :

RANCANG BANGUN SISTEM ALARM DAN SHUTDOWN OTOMATIS PADA PIPA DISCHARGE GAS KAPAL FPSO

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam Karya Ilmiah Terapan 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, 20 JANUARI 2026



DEWA GEDE ADITYA BHASKARA
NIT. 09.21.003.1.07

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : Rancang Bangun Sistem Alarm dan Shutdown Otomatis Pada
Pipa Discharge Gas Kapal FPSO (*Floating Production
Storage Offloading*)

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : Dewa Gede Aditya Bhaskara

NIT : 0921003107

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype / Karya Ilmiah Terapan / Karya Tulis Ilmiah*~~

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 19 Agustus 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Dr. Agus Dwi Santoso, S.T., M.T., M.Pd)

NIP. 197808192000031001

Dosen Pembimbing II



(Frita Ayu Sistyana Putri, S.E., M.S.A)

NIP. 198703312010122002

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



(Dirhanisyah, S.E., M.Pd)

NIP. 197504302002121002

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : Rancang Bangun Sistem Alarm dan Shutdown Otomatis Pada
Pipa Discharge Gas Kapal FPSO (*Floating Production
Storage Offloading*)

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : Dewa Gede Aditya Bhaskara

NIT : 0921003107

Jenis Tugas Akhir : Prototype / ~~Karya Ilmiah Terapan~~ / ~~Karya Tulis Ilmiah~~*

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 21 Januari 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Dr. Agus Dwi Santoso, S.T., M.T., M.Pd)

NIP. 197808192000031001

Dosen Pembimbing II



(Frita Ayu Sistyana Putri, S.E., M.S.A)

NIP. 198703312010122002

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



(Dirham Syah, S.E., M.Pd)

NIP. 197504302002121002

PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
PROTOTYPE/PROYEK/KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN SISTEM *ALARM* DAN *SHUTDOWN* OTOMATIS PADA
PIPA *DISCHARGE* GAS KAPAL FPSO (*FLOATING PRODUCTION STORAGE
OFFLOADING*)**

Disusun oleh:

DEWA GEDE ADITYA BHASKARA
NIT. 0921003107

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 16 Agustus 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



(Diana Alia, ST., M.Eng)

NIP.199106062019022003



(Rafiq Amalia, S.Pd., M.P.d)

NIP. 198702152023212030



(Dr. Agus Dwi Santoso, S.T., M.T., M.Pd)

NIP. 197808192000031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



(Dirhamyati, S.E., M.Pd)

NIP.197504302002121002

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
PROTOTYPE/PROYEK/KARYA ILMIAH TERAPAN/KARYA TULIS
ILMIAH

RANCANG BANGUN SISTEM *ALARM* DAN *SHUTDOWN* OTOMATIS PADA
PIPA *DISCHARGE* GAS KAPAL FPSO (*FLOATING PRODUCTION STORAGE
OFFLOADING*)

Disusun oleh:

DEWA GEDE ADITYA BHASKARA
NIT. 0921003107

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 25 Januari 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



(Diana Alia, ST., M.Eng)

NIP.199106062019022003

Dosen Penguji II



(Rafiqa Amalia, S.Pd., M.P.d)

NIP. 198702152023212030

Dosen Penguji III




(Dr. Agus Dwi Santoso, S.T., M.T., M.Pd)

NIP. 197808192000031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



(Dirhamstan, S.E., M.Pd)

NIP.197504302002121002

ABSTRAK

DEWA GEDE ADITYA BHASKARA, (2025) “Rancang Bangun Sistem Alarm dan Shutdown Otomatis pada Pipa Discharge Gas Kapal FPSO”. Dibimbing oleh Bapak Dr. Agus Dwi Santoso, S.T., M.T., M.Pd dan Ibu Frita Ayu Sistyana Putri, S.E., M.S.A.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem proteksi otomatis terhadap potensi kebocoran gas dan bahaya kebakaran pada pipa discharge gas kapal FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*). Sistem ini mengintegrasikan sensor gas MQ-2 dan sensor api (*flame sensor*) dengan mikrokontroler ESP32 untuk mendeteksi kondisi abnormal secara *real-time*. Ketika kadar gas atau keberadaan api terdeteksi melebihi ambang batas aman, sistem secara otomatis memicu alarm, menyalakan indikator LED merah, dan mengaktifkan mekanisme *shutdown* dengan memutus aliran gas melalui *solenoid valve*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara responsif dan akurat dalam menjaga keamanan instalasi. Data menunjukkan kinerja sistem mencapai titik kritis saat kadar gas menyentuh angka 415 PPM sebagai pemicu *shutdown* otomatis. Sementara itu, deteksi maksimal pada sensor gas tercapai pada jarak 5 cm dengan nilai 987 PPM dan tegangan 4,92 V. Sistem juga menunjukkan kecepatan respon instan sebesar 0,52 detik saat mendeteksi api pada jarak dekat. Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi besar sebagai solusi teknis untuk meningkatkan keselamatan operasional dan mencegah kecelakaan kerja pada instalasi pipa gas maritim.

Kata Kunci: FPSO, MQ-2, *Flame Sensor*, *Shutdown* Otomatis, *Solenoid Valve*.

ABSTRACT

DEWA GEDE ADITYA BHASKARA, (2025) "Design and Development of an Automatic Alarm and Shutdown System on the Gas Discharge Pipe of an FPSO Vessel" Supervised by Dr. Agus Dwi Santoso, S.T., M.T., M.Pd and Frita Ayu Sistyana Putri, S.E., M.S.A.

This research aims to design an automatic protection system against potential gas leaks and fire hazards on the gas discharge pipes of FPSO (Floating Production Storage and Offloading) vessels. The system integrates an MQ-2 gas sensor and a flame sensor with an ESP32 microcontroller to detect abnormal conditions in real-time. When gas levels or the presence of fire exceed safe thresholds, the system automatically triggers an alarm, activates a red LED indicator, and initiates a shutdown mechanism by cutting off the gas flow via a solenoid valve.

Test results demonstrate that the system operates responsively and accurately in maintaining installation safety. Data shows the system reaches a critical point when the gas concentration hits 415 PPM, triggering an automatic shutdown. Meanwhile, maximum gas sensor detection was achieved at a distance of 5 cm with a value of 987 PPM and a voltage of 4.92 V. The system also exhibited an instantaneous response time of 0.52 seconds when detecting fire at close range. Consequently, this system holds significant potential as a technical solution to enhance operational safety and prevent industrial accidents in maritime gas pipeline installations.

Keywords: *FPSO, MQ-2, Flame Sensor, Automatic Shutdown, Solenoid Valve.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala limpah rahmat, kasih karunia dan berkat yang diberikan, sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul

“RANCANG BANGUN SISTEM ALARM DAN SHUTDOWN OTOMATIS PADA PIPA DISCHARGE GAS KAPAL FPSO ”

Penelitian tugas akhir ini untuk menyelesaikan program studi Diploma 4 di Politeknik Pelayaran Surabaya. Peneliti menyadari adanya kekurangan dalam penyajian materi dan teknik penelitian dalam karya ilmiah terapan ini. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan koreksi dan saran untuk meningkatkan kualitas tugas akhir ini. Pada kesempatan ini peneliti ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Moejiono, MT. M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah menyediakan sarana dan prasarana untuk kelancaran penyelesaian KIT.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd. selaku Ketua Prodi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal sebagai penunjang kelancaran dalam segala kegiatan akademik.
3. Bapak Dr. Agus Dwi Santoso, S.T.,M.T., M.Pd dan ibu Frita Ayu Sistyana Putri, S.E., M.S.A. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan serta bimbingan mengenai penelitian saya.
4. Kedua Orang tua bapak Dewa Made Suarjana dan Ibu Desak Putu Sumetri yang selalu memberikan dukungan berupa doa, moral dan material.
5. Saudara saya yang telah memberikan motivasi dan pembelajaran kepada peneliti.
6. Seluruh Civitas Akademika Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan proposal ini.
7. Kelompok *Capstone Design* yang selalu memberi semangat dan bantuan antar anggotanya.
8. Rekan seperjuangan taruna – taruni Politeknik Pelayaran Surabaya Angkatan 40 yang telah memberikan dukungan serta memberikan motivasi dan semangat sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir.

Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian tugas akhir ini. Kritik dan saran yang membangun sangat peneliti harapkan dan semoga penelitian ini akan bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya,.....2026

Dewa Gede Aditya Bhaskara
NIT. 09.21.003.1.07

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHI.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Manfaat Bagi Perusahaan FPSO	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Review Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori.....	8
C. Kerangka Berpikir	15

BAB III METODE PENELITIAN	16
A. Jenis Penelitian.....	16
B. Perancangan sistem	18
C. Model Perancangan Alat	21
D. Rencana Pengujian Coba Produk.....	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	30
A. Hasil Pengujian	30
B. Uji Dinamis	39
1. Pengujian Dinamis dengan Sensor MQ-2.....	39
2. Pengujian Dinamis dengan <i>Flame</i> Sensor.....	40
3. Pengujian keseluruhan	42
BAB V PENUTUP.....	47
A. Kesimpulan	47
B. SARAN	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Review Penelitian Sebelumnya	6
Tabel 3.1: Pin rangkaian wiring perancangan alat	24
Tabel 3.2: Pengujian Pressure Transmitter	28
Tabel 4.1: Sensor MQ-2.....	31
Tabel 4.2: <i>Flame</i> Sensor	32
Tabel 4.3: Pengujian Alarm	37
Tabel 4.4: Pengujian Solenoid Valve.....	38
Tabel 4.5: Pengujian Dinamis Sensor MQ-2	40
Tabel 4.6: Pengujian Dinamis <i>Flame</i> Sensor.....	41
Tabel 4.7: Pengujian Keseluruhan	42
Tabel 4.8: Data Pengujian dengan Sensor MQ2	44
Tabel 4.9: Data Pengujian dengan <i>Flame</i> Sensor.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Mikrocontroller ESP 32	9
Gambar 2.2: <i>Relay</i>	10
Gambar 2.3: <i>Solenoid Valve</i>	11
Gambar 2.4: <i>Buzzer</i> Aktif	12
Gambar 2.5: LCD.....	13
Gambar 2.6: Pilot LED	14
Gambar 2.7: Kerangka Berfikir.....	15
Gambar 3.1: <i>Flowchart</i> Penelitian	17
Gambar 3.2: Blok Diagram Perancangan Sistem.....	19
Gambar 3.3: <i>Software</i> Arduino IDE.....	21
Gambar 3.4: <i>Flowchart</i> Rancangan	22
Gambar 3.5: <i>Software Fritzing</i>	23
Gambar 3.6: Wiring Perancangan Alat	23
Gambar 4.1: Pengujian Sensor MQ-2	30
Gambar 4.2: Pengujian <i>Flame</i> Sensor.....	31
Gambar 4.3: Pengujian Mikrokontroler ESP 32	33
Gambar 4.4: Pengujian LED Indikator	35
Gambar 4.5: Pengujian LCD.....	36
Gambar 4.6: Pengujian Alarm.....	37

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem perpipaan gas bertekanan tinggi merupakan salah satu komponen kritis dalam industri minyak dan gas, terutama pada fasilitas seperti *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO). FPSO berfungsi untuk menerima, memproses, menyimpan, dan menyalurkan minyak atau gas dari sumur bawah laut ke tangki penyimpanan atau ke kapal pengangkut. Dalam operasionalnya, FPSO sangat bergantung pada sistem pipa *discharge* gas yang mengalirkan gas dari unit pemrosesan ke *flare system* atau unit lanjutan lainnya.

Namun, keberadaan tekanan tinggi dalam pipa *discharge* gas dapat menjadi ancaman serius bagi keselamatan kerja apabila tidak diawasi secara ketat. Tekanan berlebih yang tidak terdeteksi secara dini dapat menyebabkan kerusakan pipa, kebocoran gas, hingga potensi ledakan yang mengancam keselamatan awak kapal dan mengganggu operasional FPSO. Untuk menghindari hal tersebut, diperlukan suatu sistem proteksi yang mampu mendeteksi tekanan berlebih dan merespons secara otomatis dalam waktu cepat.

Menurut penelitian Wahyudianto et al. (2021), kondisi abnormal seperti lonjakan tekanan dan gangguan sistem distribusi gas harus segera direspons guna menjaga kestabilan dan keselamatan operasional sistem. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem otomatis yang mampu memutus aliran gas saat kondisi abnormal terdeteksi, disertai alarm yang memperingatkan operator agar dapat melakukan evaluasi segera.

Urgensi pengembangan sistem keselamatan ini semakin diperkuat oleh pengalaman nyata yang peneliti alami pada 7 September 2023 di kapal MT Prima Lautan 1 yang saat itu sedang berlokasi/berlabuh jangkar di Karang Jamuang. Pada sekitar pukul 12.00 WIB, Bosun sudah mencium bau gas dari area tangki nomor 1, namun tidak segera dilakukan tindakan pengamanan yang memadai. Sesuai prosedur, area tersebut seharusnya di-inert melalui sistem Inert Gas Generator, namun tindakan tersebut tidak terlaksana sebelum terjadinya insiden. Selain itu, terdapat unsur kecerobohan dari bosun, yang saat itu membiarkan gerinda dalam keadaan tercolok, sehingga berpotensi menimbulkan percikan listrik.

Pada pukul 13.00 WIB, terjadi ledakan hebat pada mainhole 1 kiri, yang memicu kebakaran besar akibat tersulutnya gas dari kebocoran tangki nomor 1 oleh percikan listrik dari gerinda tersebut. Dalam kejadian tersebut, peneliti turut menjadi korban langsung, mengalami luka bakar sebesar 13% pada bagian tubuh akibat paparan api. Insiden ini tidak hanya menimbulkan kerusakan fisik, tetapi juga memperlihatkan secara nyata tingginya risiko kebakaran apabila gas bertekanan tinggi tidak dimonitor dengan baik dan tidak dilengkapi sistem perlindungan otomatis.

Kejadian tersebut memberikan pembelajaran penting mengenai perlunya penerapan sistem monitoring tekanan, alarm dini, serta mekanisme shutdown otomatis yang bekerja secara cepat dan akurat untuk mencegah kebocoran gas maupun meminimalkan dampaknya jika terjadi kondisi abnormal.

Salah satu pendekatan inovatif untuk mengatasi tantangan tersebut adalah dengan membangun sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis berbasis

mikrokontroler. Dengan menggunakan sensor tekanan yang mampu membaca kebocoran gas dan adanya api di sekitar pipa secara akurat dan *real-time*, sistem ini akan memberikan sinyal ke mikrokontroler ESP32 untuk mengaktifkan *buzzer*, LED indikator, serta memutus aliran gas melalui *relay* dan *solenoid valve* jika tekanan melebihi ambang batas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti mengambil judul “**Rancang Bangun Sistem Alarm dan Shutdown Otomatis Pada Pipa Discharge Gas FPSO**” sebagai langkah preventif untuk meningkatkan keselamatan kerja dan mencegah potensi kebakaran.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang bangun sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas kapal FPSO untuk mendeteksi kondisi tekanan berlebih?
2. Bagaimana kinerja sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas kapal FPSO?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan luasnya permasalahan dalam pembahasan penelitian ini, peneliti membatasi beberapa hal berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di lingkungan laboratorium menggunakan pipa simulasi bertekanan, bukan pada sistem pipa *discharge* gas di kapal FPSO yang sebenarnya.

2. Pengujian dilakukan menggunakan tekanan udara dari kompressor dalam skala kecil sebagai pengganti gas proses di FPSO untuk alasan keamanan dan kemudahan uji coba.
3. Sistem hanya menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor tekanan *pressure transmitter* untuk mendeteksi tekanan berlebih, dengan respon lokal berupa LED, *buzzer*, dan *solenoid valve*.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam naskah penulisan penelitian ini antara lain :

1. Merancang dan membangun sistem alarm dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas kapal FPSO yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi berbahaya dan menghentikan aliran gas secara otomatis.
2. Menguji dan menganalisis kinerja sistem alarm dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas kapal FPSO untuk memastikan efektivitas dan keandalannya dalam meningkatkan keselamatan operasional.

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini peneliti berharap akan bermanfaat bagi pembaca, Adapun manfaat penelitian ini antara lain:

1. Menyediakan solusi sistem proteksi aktif berbasis mikrokontroler untuk sektor perminyakan, khususnya pada sistem perpipaan gas bertekanan tinggi di FPSO.
2. Meningkatkan keselamatan kerja dengan meminimalkan risiko kecelakaan akibat tekanan gas berlebih melalui sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis.

3. Memberikan kontribusi nyata terhadap upaya pencegahan kebakaran di instalasi migas dengan penerapan teknologi berbasis sensor tekanan dan katup otomatis.

F. Manfaat Bagi Perusahaan FPSO

1. Meningkatkan Keselamatan Operasional

Sistem alarm dan *shutdown* otomatis mampu memberikan peringatan dini serta menghentikan aliran gas saat terdeteksi kondisi berbahaya, sehingga mencegah kecelakaan kerja, kebakaran, maupun ledakan di kapal FPSO.

2. Memenuhi Standar Keselamatan dan Meningkatkan Reputasi Penerapan

Sistem ini membantu perusahaan memenuhi regulasi keselamatan internasional sekaligus menunjukkan komitmen terhadap *safety*, sehingga meningkatkan citra dan kepercayaan klien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Tinjauan pustaka sebelumnya merupakan uraian temuan dari Teori, dan sumber penelitian lain yang bersumber dari referensi Teori merupakan kegiatan penelitian dalam menetapkan kerangka yang jelas untuk merumuskan masalah yang akan diteliti. Tinjauan pustaka adalah presentasi ilmiah tentang suatu masalah tertentu. Tinjauan literatur mencakup ulasan, ringkasan, dan pemikiran tentang berbagai sumber perpustakaan (artikel, buku, informasi dari Internet, dll) tentang topik yang dibahas. Tinjauan pustaka atau tinjauan penelitian seperti dijelaskan pada Tabel 2.1 di bawah ini merupakan rujukan yang digunakan sebagai informasi, bahan referensi, bahan penelitian, atau sebagai pembelajaran dalam penelitian ini.

Tabel 2.1: Review Penelitian Sebelumnya

No.	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
1.	Diah Retnowati et al. (2023) Jurnal Teknik Elektro dan Instrumentasi, Vol. 11	Rancang Bangun Sistem Monitoring Tekanan dan Suhu Gas Berbasis ESP32	Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring tekanan dan suhu yang <i>real-time</i> dengan kemampuan transmisi data menggunakan <i>Wi-Fi</i> . Data tekanan dan suhu dikirim ke server untuk dipantau dari jarak jauh, menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem berhasil mendeteksi perubahan suhu dan tekanan secara dinamis dan responsif.	Relevan dengan sistem monitoring gas berbasis ESP32, namun belum mencakup fitur <i>shutdown</i> otomatis sebagai langkah mitigasi risiko.
2.	Indra Purnama & Ariyanto (2021) Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sistem, Vol. 9(2)	Desain Proteksi <i>Overpressure</i> pada Jaringan Gas Industri Menggunakan <i>Solenoid Valve</i>	Studi ini mengembangkan sistem perlindungan jaringan gas dari tekanan berlebih menggunakan sensor tekanan dan aktuator <i>solenoid</i> . Ketika tekanan melebihi batas tertentu, sistem memutus aliran gas secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan	Sangat relevan dengan penelitian ini karena menggunakan prinsip <i>shutdown</i> otomatis, namun tidak

No.	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
			bahwa sistem bekerja secara cepat dan akurat dalam mengendalikan tekanan berlebih.	menggunakan platform ESP32 atau fitur monitoring jarak jauh.
3.	Fadillah & Syarifudin (2022) Jurnal Teknik Elektro dan Informatika, Vol. 7(1)	Sistem <i>Alarm</i> dan Pemutus Arus Otomatis untuk Pencegahan Kebakaran Gas LPG	Penelitian ini merancang sistem berbasis sensor tekanan dan sensor api untuk mendeteksi potensi kebakaran akibat kebocoran gas LPG. Sistem dilengkapi <i>relay</i> yang akan memutus aliran gas dan membunyikan alarm. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat merespons secara cepat dan mengurangi risiko kebakaran secara signifikan.	Mirip dengan sistem yang dirancang dalam penelitian ini, namun fokus penerapannya pada rumah tangga, bukan pada instalasi industri FPSO.
4.	Sutrisno, D. & Maulana, R. (2020) Jurnal Teknologi Terapan dan Inovasi, Vol. 4(3)	Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Keamanan Pipa Gas Menggunakan Mikrokontroler ESP32	Sistem keamanan pipa gas berbasis ESP32, mampu memutus aliran otomatis saat tekanan abnormal dan mengirim notifikasi lewat internet.	Penelitian ini lebih sederhana dan fokus pada pengujian lokal, tanpa implementasi IoT atau pengiriman data ke server.
5.	Rahmat Hidayat & Yusuf Ramadhan (2021) Jurnal Otomasi dan Kontrol, Vol. 5(2)	Implementasi Sistem Monitoring dan Kontrol Tekanan Gas Berbasis IoT untuk Keselamatan Industri	Sistem berbasis ESP32 dan IoT untuk monitoring dan kontrol tekanan gas. Sistem terbukti dapat meningkatkan keselamatan operasional dengan proteksi tekanan otomatis.	Penelitian ini tidak difokuskan pada lingkungan FPSO dan tidak menekankan fungsi <i>shutdown</i> fisik menggunakan <i>relay</i> dan <i>solenoid valve</i> .

Sumber: Dokumen Pribadi

Review jurnal pada Tabel 2.1 menunjukkan bahwa terdapat beberapa perbedaan antara penelitian ini dengan lima jurnal yang dijadikan acuan. Jurnal pertama membahas sistem monitoring tekanan dan suhu gas berbasis mikrokontroler ESP32 dengan pengiriman data secara *real-time* melalui *Wi-Fi*, sedangkan jurnal kedua mengkaji proteksi tekanan berlebih pada jaringan gas industri menggunakan *solenoid valve* untuk memutus aliran gas secara

otomatis. Jurnal ketiga merancang sistem alarm dan pemutus arus otomatis untuk mendeteksi kebakaran akibat kebocoran gas LPG dengan kombinasi sensor tekanan dan sensor api. Jurnal keempat mengembangkan sistem keamanan pipa gas berbasis ESP32 yang mampu memutus aliran gas dan mengirim notifikasi saat tekanan abnormal, sedangkan jurnal kelima fokus pada implementasi sistem monitoring dan kontrol tekanan berbasis IoT untuk keselamatan industri, namun tanpa fungsi *shutdown* fisik. Dari kelima jurnal tersebut, penelitian ini mengambil pendekatan yang lebih spesifik, yaitu merancang sistem proteksi tekanan gas berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan *alarm* otomatis LED dan *buzzer* serta mekanisme *shutdown* menggunakan *relay* dan *solenoid valve*, yang diaplikasikan pada pipa *discharge* gas kapal FPSO guna meningkatkan keselamatan kerja dan mencegah kebakaran.

B. Landasan Teori

Landasan landasan teori yang berkaitan dengan perancangan sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas yang diangkat oleh peneliti sebagai berikut:

1. Sistem *Alarm* dan *Shutdown* Otomatis pada Pipa *Discharge* Gas FPSO

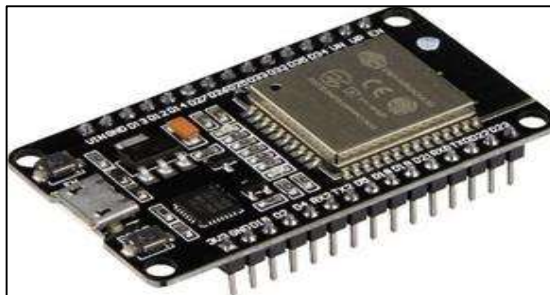
Pipa *discharge* gas pada kapal *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO) mengalirkan gas bertekanan tinggi sehingga memiliki risiko terjadinya tekanan berlebih (*overpressure*) yang dapat menyebabkan kerusakan pipa, kebakaran, maupun ledakan. Untuk meminimalkan risiko tersebut, diperlukan sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis sebagai bagian

dari sistem proteksi keselamatan pada fasilitas produksi minyak dan gas lepas pantai (Yunus et al., 2024).

Sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis bekerja dengan menggunakan sensor tekanan (pressure transmitter) untuk memantau tekanan gas secara kontinu. Data tekanan diproses oleh mikrokontroler berbasis ESP32 dan dibandingkan dengan nilai set point yang telah ditetapkan. Ketika tekanan mendekati atau melebihi batas aman, sistem akan mengaktifkan alarm visual dan alarm suara sebagai peringatan dini. Apabila tekanan melewati set point, sistem shutdown otomatis akan menutup katup solenoid untuk menghentikan aliran gas sehingga potensi bahaya dapat dicegah (Adriansyah, 2024; Syaifullah et al., 2024).

2. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler dengan kemampuan pemrosesan tinggi dan konektivitas *Wi-Fi* terintegrasi, sehingga sangat cocok digunakan sebagai pusat kendali dalam sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas FPSO. ESP32 mengatur logika deteksi tekanan dan kebocoran gas, mengaktifkan *alarm* visual dan suara, serta mengendalikan *relay* untuk memutus aliran gas melalui *solenoid valve* secara otomatis saat kondisi berbahaya terdeteksi (Musawa et al., 2023; Hilmi et al., 2018).



Gambar 2.1: Mikrocontroller ESP 32

Sumber: <https://www.conrad.com/en/p/joy-it-development-board-node>

Keunggulan ESP32 terletak pada kemampuannya untuk menghubungkan sistem monitoring dengan aplikasi *IoT*, sehingga data tekanan dan status alarm dapat dipantau secara real-time melalui platform seperti *Telegram* atau *Blynk*. Selain itu, ESP32 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE atau ESP-IDF, memudahkan pengembangan dan integrasi dengan berbagai sensor seperti MQ-2 untuk gas dan pressure transmitter untuk tekanan (Musawa et al., 2023).

3. Relay

Relay digunakan sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler dalam sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas FPSO. Saat sensor api atau gas mendeteksi kondisi berbahaya seperti kebocoran dan adanya api, mikrokontroler mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan *relay*. *Relay* kemudian memutus arus listrik yang mengalir ke *solenoid valve*, sehingga aliran gas dapat dihentikan secara cepat dan efektif untuk mencegah kecelakaan seperti kebocoran atau kebakaran (Lorenza, 2019).



Gambar 2.2: Relay

Sumber: <https://id.shp.ee/XhWwPeD>

Pada gambar 2.3 Relay, Penggunaan *relay* memungkinkan isolasi antara rangkaian kontrol bertegangan rendah pada mikrokontroler dengan perangkat bertegangan tinggi seperti *solenoid valve*, sehingga

meningkatkan keamanan dan keandalan sistem. Selain itu, *relay* juga memiliki kemampuan *switching* yang cepat dan tahan lama, sehingga cocok untuk aplikasi proteksi kritis pada FPSO.

4. *Solenoid Valve*

Solenoid valve merupakan katup otomatis yang dikendalikan oleh sinyal listrik melalui *relay* atau sistem kontrol elektronik. Ketika *solenoid valve* diaktifkan, kumparan elektromagnetik menghasilkan medan magnet yang menggerakkan plunger untuk menutup jalur aliran gas. Dengan demikian, *solenoid valve* dapat menghentikan aliran gas bertekanan tinggi yang berpotensi membahayakan sistem dan operator, terutama dalam aplikasi keselamatan seperti pada kapal FPSO. Fungsi ini sangat penting untuk mencegah kebocoran gas dan risiko kebakaran, sehingga *solenoid valve* menjadi komponen kunci dalam sistem *shutdown* otomatis dan *alarm* keselamatan [Agung Wibowo., 2017].



Gambar 2.3: *Solenoid Valve*

Sumber: <https://id.shp.ee/vYM2GeU>

5. Sistem *Alarm*

Sistem *alarm* merupakan perangkat yang dirancang untuk memberikan peringatan secara visual dan audio kepada operator ketika terjadi kondisi yang melebihi batas aman, seperti tekanan yang melebihi ambang batas. Sistem ini biasanya menggunakan lampu *LED* sebagai

indikator visual dan buzzer sebagai indikator suara, sehingga operator dapat dengan cepat mengenali adanya masalah dan mengambil tindakan pengamanan yang diperlukan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sihombing et al. (2020), penggunaan *LED* dan *buzzer* sebagai indikator alarm efektif memberikan peringatan langsung kepada pengguna saat terdeteksi adanya gas berlebih, sehingga meningkatkan respon terhadap potensi bahaya. Selain itu, sistem *alarm* dengan sensor PIR yang terintegrasi dengan *buzzer* juga telah diterapkan untuk keamanan ruangan dengan hasil yang efektif dalam mendeteksi gerakan dan memberikan notifikasi audio-visual (Jupiter Jurnal Teknologi Informatika & Komputer, 2022).



Gambar 2.4: *Buzzer* Aktif

Sumber : <https://id.shp.ee/WvHeiRA>

Dengan sistem alarm berbasis *LED* dan *buzzer*, peringatan dini dapat diberikan secara efektif untuk meningkatkan keselamatan kerja dan mencegah kecelakaan akibat tekanan berlebih atau kebakaran.

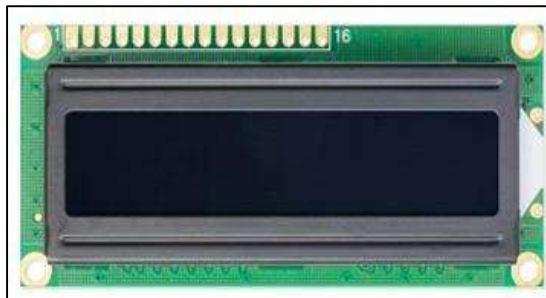
6. Keselamatan Kerja pada FPSO

Lingkungan FPSO memiliki risiko tinggi terhadap bahaya seperti tekanan berlebih, kebakaran, dan ledakan yang memerlukan penerapan sistem keselamatan kerja yang efektif dan terintegrasi. Implementasi program keselamatan seperti *Permit to Work (PTW)*, *Task Risk Assessment*

(TRA), dan *STOP* Program terbukti mampu meningkatkan pengendalian risiko dan keselamatan kerja secara signifikan di lingkungan FPSO. Penelitian oleh Rahman dan Hariastuti (2025) menunjukkan bahwa integrasi ketiga program ini dapat menjelaskan hingga 81% efektivitas K3 di FPSO, dengan peran *STOP* Program sebagai mediator yang memperkuat hubungan antara PTW dan TRA terhadap keselamatan kerja. Selain itu, penerapan metode *Hazard and Operability (HAZOP)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)* juga efektif dalam meminimalkan bahaya di lingkungan kerja FPSO (Paridi et al., 2024).

7. *Liquid Crystal Display (LCD)*

Seperti yang dikemukakan Muhammad Fiqar dkk (2022:3), LCD merupakan perantara *output* paling sering dipakai untuk *display* atau tampilan pada aplikasi mikrokontroler. LCD merupakan singkatan dari *Liquid Crystal Display* yang berfungsi yaitu komponen elektronika yang mampu menampilkan angka, huruf, kata, simbol sehingga dapat dilihat secara visual menjadikan tampilan LCD lebih rapi, lebih bagus untuk dilihat dan juga serbaguna dibandingkan dengan penampilan LED *seven segment* pada umumnya.



Gambar 2.5: LCD

Sumber : <https://images.search.yahoo.com/images>

8. Pilot LED

Pilot LED (*Light Emitting Diode*) adalah komponen indikator optik yang berfungsi sebagai penanda kondisi atau status sistem secara visual. Dalam sistem elektronik industri, khususnya sistem proteksi dan pengendalian otomatis seperti pada proyek Rancang Bangun Sistem *Alarm* dan *Shutdown* Otomatis pada Pipa *Discharge* Gas Kapal FPSO, LED digunakan untuk memberikan informasi secara cepat dan jelas kepada operator mengenai keadaan operasional sistem.

LED bekerja berdasarkan prinsip elektroluminesensi, yaitu kemampuan bahan semikonduktor untuk memancarkan cahaya ketika dialiri arus listrik dalam kondisi bias maju. Pada saat arus mengalir, elektron dari pita konduksi bertemu dengan *hole* di pita valensi dalam *junction* PN, menghasilkan energi dalam bentuk foton atau cahaya (Sedra & Smith, 2020).



Gambar 2.6: Pilot LED

Sumber : <https://images.search.yahoo.com/images>

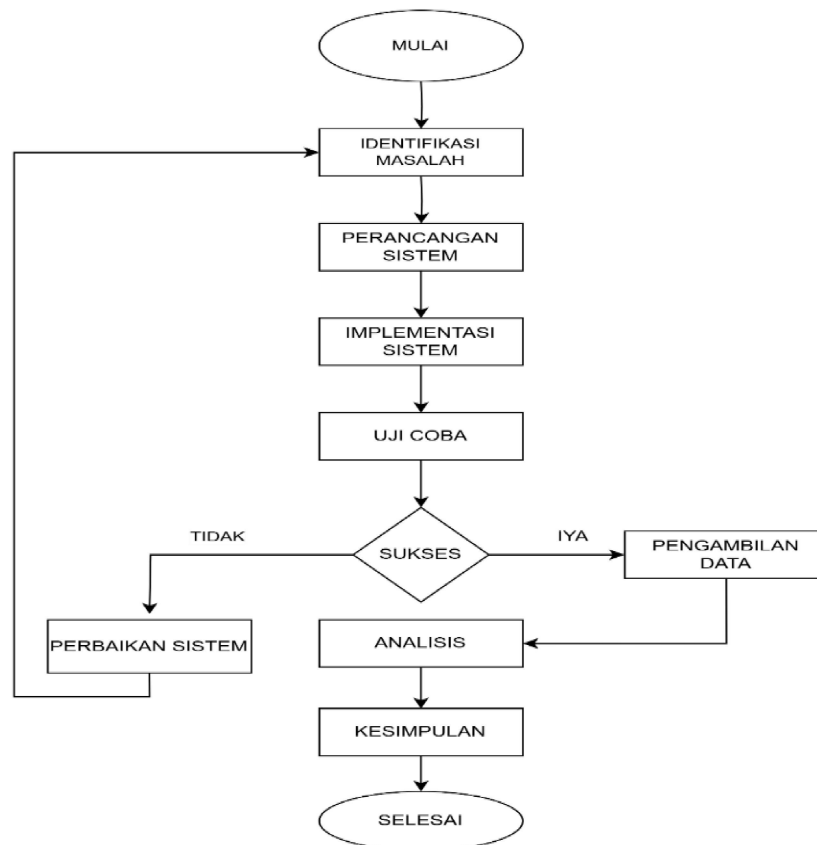
Dalam implementasi sistem ini, digunakan dua buah Pilot LED dengan warna berbeda, yaitu:

- a. LED hijau berfungsi sebagai indikator sistem dalam kondisi normal, yaitu saat tekanan gas dalam pipa discharge masih berada di bawah ambang batas aman.

- b. LED merah berfungsi sebagai indikator kondisi tidak normal atau darurat, yaitu ketika tekanan gas melebihi batas maksimum yang telah ditentukan. Saat kondisi ini terjadi, LED merah akan menyala bersamaan dengan aktifnya sistem alarm dan perintah shutdown otomatis untuk menghindari risiko kebakaran atau ledakan.

C. Kerangka Berpikir

Kerangka berfikir dibawah ini dibuat untuk mempermudah tahapan-tahapan penelitian dalam melaksanakan penelitian. Demikian kerangka berfikir peneliti dituangkan pada gambar 2.9



Gambar 2.7: Kerangka Berfikir
Sumber Dokumen Pribadi

BAB III

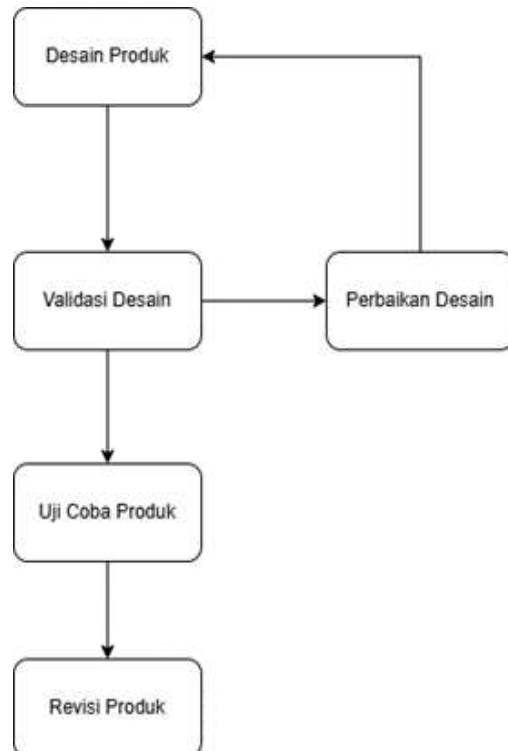
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini, penulis menggunakan metode penelitian *Research and Development (R&D)*. Penelitian *Research and Development* merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk tertentu serta menguji keefektifan produk tersebut dalam menyelesaikan masalah nyata di lapangan. Metode ini sangat sesuai digunakan dalam perancangan dan pengembangan sistem keselamatan otomatis, seperti pada penelitian ini yang difokuskan pada sistem proteksi tekanan dan kebakaran pada instalasi pipa *discharge* gas di kapal FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*).

Penelitian ini bersifat terapan karena melibatkan tahapan pengembangan teknologi berbasis mikrokontroler ESP32 untuk memantau dan merespons kondisi berbahaya seperti kebocoran gas, dan api, melalui sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis. Sistem ini diharapkan mampu memberikan kontribusi langsung terhadap peningkatan keselamatan kerja di lingkungan industri kelautan.

Metode penelitian ini adalah penelitian untuk menghasilkan produk baru. Dalam penelitian *Research and Development* memiliki sepuluh tahap menurut Sugiyono (2023) dalam buku Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif dan RnD. Pada Penelitian ini penulis menggunakan lima dari Sepuluh tahap, yang dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1: *Flowchart* Penelitian
Sumber : Dokumentasi Pribadi

1. Desain produk, yaitu tahapan untuk merencanakan penelitian, menentukan tujuan, dan menentukan langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penelitian. Hasil dari langkah ini adalah desain produk baru lengkap beserta spesifikasinya.
2. Validasi Desain, yaitu tahap untuk menilai apakah rancangan produk anak efektif dan efisien.
3. Perbaikan Desain, desain yang sudah divalidasi oleh ahli dan diketahui kelemahannya selanjutnya diperbaiki dan dikembangkan lagi.
4. Uji Coba Produk, yaitu tahapan untuk melakukan uji coba awal dalam skala terbatas pada desain produk. Dilakukan untuk memastikan masing-masing komponen bekerja dengan baik.

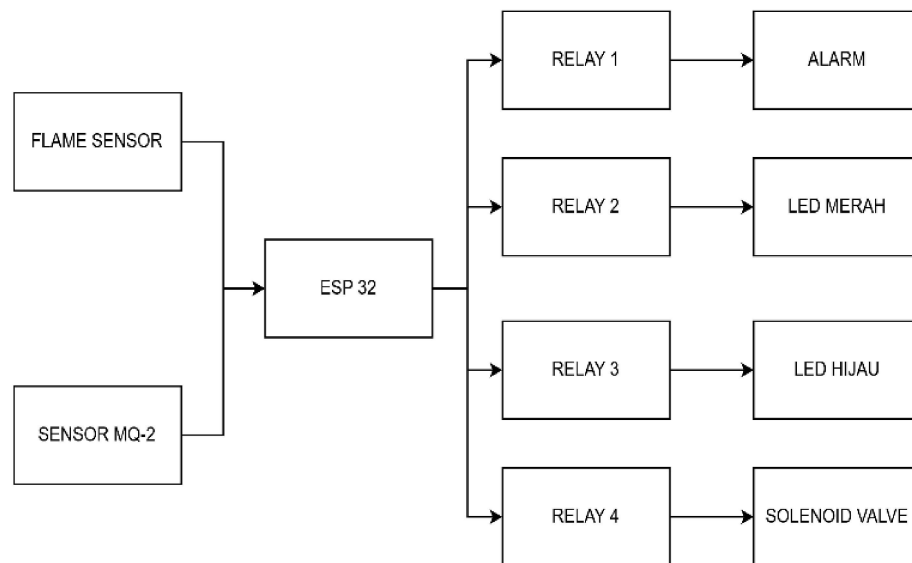
5. Revisi Produk, yaitu melakukan perbaikan terhadap produk awal yang dihasilkan berdasarkan hasil uji coba awal. Perbaikan ini dapat dilakukan dengan mengkalibrasi ulang komponen yang belum sesuai.

Pada penelitian ini, setiap komponen seperti mikrokontroler ESP32, sensor gas MQ-2, *flame* sensor, LCD, dan pilot LED digunakan dalam proses perancangan dan implementasi sistem alarm serta *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas kapal FPSO. Rancangan sistem ini disusun agar dapat mendeteksi secara dini berbagai kondisi berbahaya seperti tekanan gas yang melebihi ambang batas, kebocoran gas, serta munculnya api pada area pipa *discharge*. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang memproses data dari sensor dan mengirimkan perintah ke *relay* untuk mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan dini dan *solenoid valve* sebagai penutup aliran gas untuk mencegah kebakaran atau ledakan. Seluruh rangkaian sistem dirancang secara terintegrasi dan disesuaikan dengan karakteristik lingkungan kerja kapal FPSO yang rawan bahaya. Pengujian dilakukan secara berkala untuk memastikan akurasi pembacaan sensor tekanan, gas, dan api, serta keandalan respons dari *buzzer*, *solenoid valve*, pilot LED, dan tampilan informasi pada LCD, sehingga sistem ini mampu bekerja secara otomatis, akurat, dan responsif dalam menangani potensi bahaya secara *real-time*.

B. Perancangan sistem

Perancangan alat yang dibahas dalam penelitian ini mencakup beberapa komponen penting yang dirancang untuk mendeteksi dan merespons kondisi bahaya seperti tekanan berlebih, kebocoran gas, dan keberadaan api pada pipa

discharge gas kapal FPSO. Sistem ini dirancang agar dapat bekerja secara otomatis dan terintegrasi guna meningkatkan keselamatan kerja dan mencegah potensi kebakaran. Terdapat dua aspek utama dalam perancangan sistem, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), yang dirancang untuk saling mendukung dalam proses monitoring dan pengendalian kondisi darurat.



Gambar 3.2: Blok Diagram Perancangan Sistem
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Keterangan :

1. Mikrokontroler ESP 32 digunakan untuk memproses data sensor dan mengendalikan *output* sistem.
2. Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas dan mengirimkan sinyal ke ESP32.
3. LCD digunakan untuk menampilkan data tekanan, status gas, dan notifikasi secara *real-time*.
4. Pilot LED digunakan untuk menunjukkan status sistem, LED hijau kondisi Normal dan Merah dalam kondisi bahaya.

5. *Relay* digunakan untuk menghubungkan atau memutus arus ke *buzzer* dan *solenoid valve* berdasarkan perintah ESP 32 jika dalam kondisi bahaya.
6. *Solenoid Valve* digunakan untuk menutup aliran gas secara otomatis saat terdeteksi kondisi bahaya.
7. *Buzzer* Aktif digunakan untuk memberikan alarm suara sebagai tanda peringatan dini.

Seluruh alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dirancang secara khusus dan disesuaikan dengan diagram blok sistem yang dapat ditemukan pada Gambar 3.1. Diagram ini memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana setiap komponen saling terhubung dan bekerja secara sinergis untuk mencapai tujuan utama sistem, yaitu meningkatkan keselamatan kerja dan mencegah kebakaran pada pipa *discharge* gas kapal FPSO. Maka dari itu, seluruh rancangan disusun sesuai dengan fungsinya masing-masing dan membutuhkan pengujian berkala untuk memastikan setiap sensor dan aktuator bekerja secara akurat dan responsif terhadap kondisi nyata di lapangan.

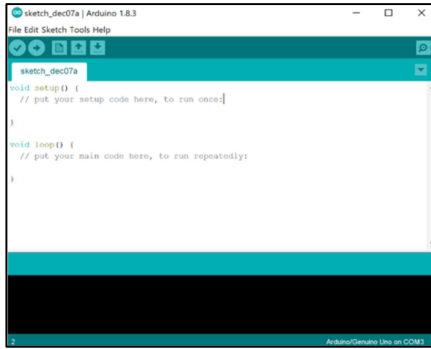
Alur pengujian dinamis sistem ini dimulai dengan proses pemantauan secara *real-time* oleh mikrokontroler ESP terhadap input dari sensor MQ-2, dan *flame* sensor pada pipa *discharge* gas FPSO. Saat terdeteksi adanya kebocoran gas dan api, mikrokontroler secara instan mengeksekusi perintah *emergency shutdown* dengan mengaktifkan *buzzer* serta memutus arus pada *solenoid valve* sehingga katup menutup secara otomatis demi keamanan fasilitas.

C. Model Perancangan Alat

Perancangan sistem *software* dibagi menjadi tiga bagian, yaitu program arduino, *flowchart* dan aplikasi *Fritzing* yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Program Arduino IDE

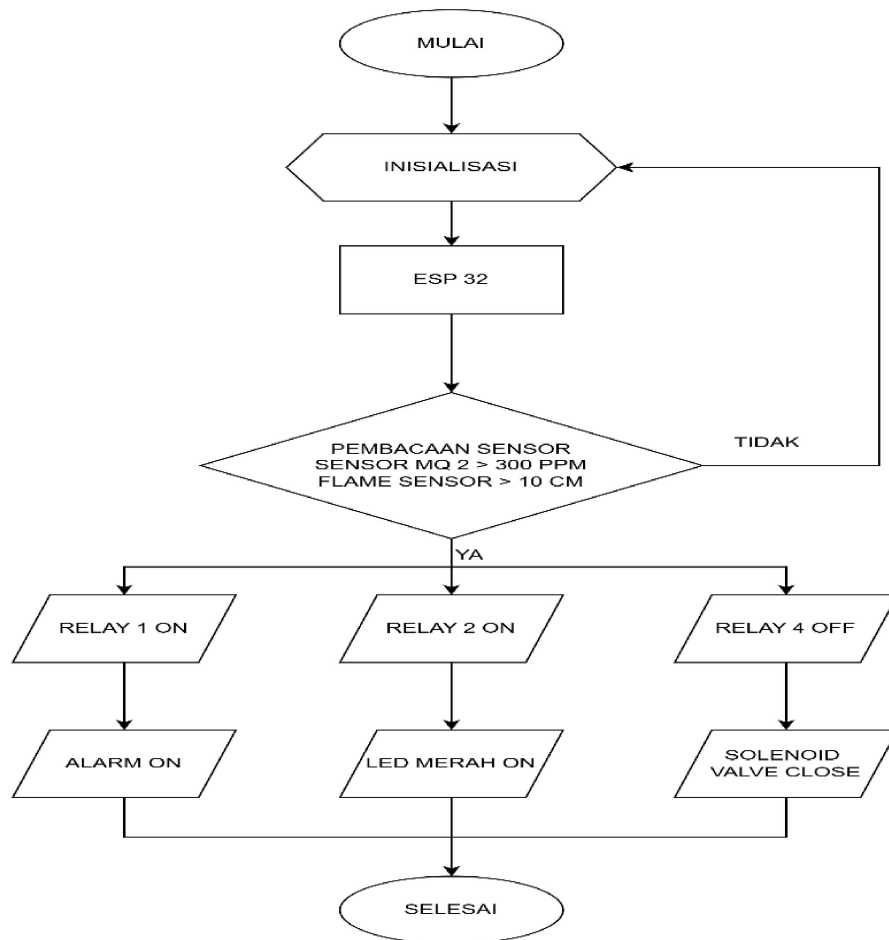
Arduino IDE sebagai lingkungan pengembangan perangkat lunak (*Integrated Development Environment*) yang dirancang khusus untuk memprogram mikrokontroler Arduino (Banzi dan Shiloh, 2022). Mereka menekankan bahwa Arduino IDE mendukung bahasa pemrograman C/C++ dan menyediakan berbagai pustaka (*library*) yang memudahkan pengguna dalam mengembangkan proyek-proyek elektronik.



Gambar 3.3: *Software* Arduino IDE
Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. *Flowchart*

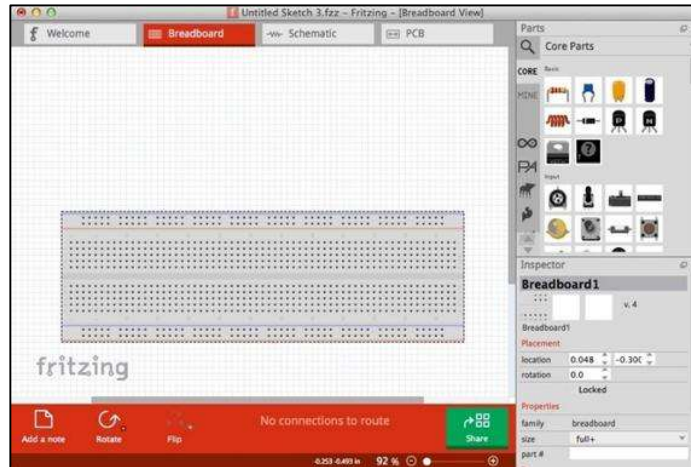
Flowchart pemrogram seperti pada gambar 3.3, dimana program akan dimulai dengan menginisialisasi sensor, setelah menginisialisasi sistem akan aktif, apabila tekanan gas melebihi batas normal, maka *buzzer* akan aktif dan memberikan sinyal bahaya, *relay* akan memutus dan *solenoid valve* akan tertutup otomatis dan lampu indikator atau LED Merah akan aktif.



Gambar 3.4: *Flowchart* Rancangan
Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. *Fritzing*

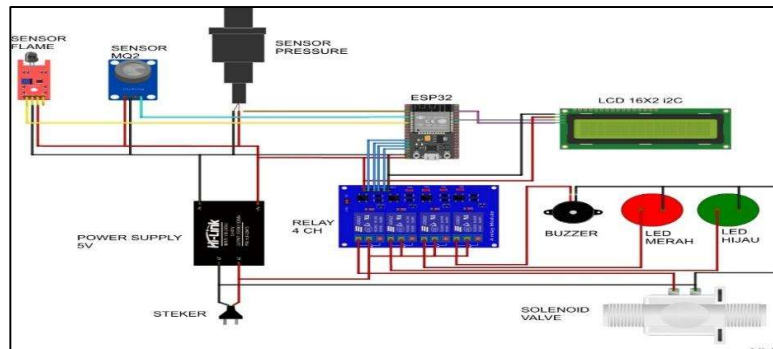
Fritzing adalah perangkat lunak *open-source* yang mempermudah pembuatan dan dokumentasi prototipe sirkuit elektronik. Dengan *Fritzing*, pengguna dapat merancang rangkaian secara visual menggunakan komponen elektronik grafis, dan membuat diagram *breadboard*, skematik, serta layout PCB. Tersedia untuk *Windows*, *MacOS*, dan *Linux*, *Fritzing* cocok digunakan oleh pemula maupun profesional. Selain itu, *Fritzing* memiliki komunitas pengguna yang luas dan pustaka komponen yang terus diperbarui, serta menyediakan panduan visual untuk membantu memahami penghubungan komponen dalam rangkaian.



Gambar 3.5: *Software Fritzing*
Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. *Wiring* Rangkaian Perancangan Alat

Penulisan perancangan sistem alat menggunakan aplikasi *Fritzing* untuk membuat rangkaian alat, aplikasi ini menunjang aspek- aspek untuk mendesain secara teknis dan fungsional untuk menciptakan hasil yang sesuai dengan tujuan dan hasil yang telah ditentukan. Sistematis rangkaian keseluruhan dapat



dilihat pada gambar 3.5.

Gambar 3.6: *Wiring* Perancangan Alat
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Keterangan :

- a. Mikrokontroler ESP32
- b. *Pressure Transmitter*
- c. Sensor MQ-2

- d. *Solenoid Valve*
- e. *Relay Module*
- f. LCD
- g. *Lamp Indicator*
- h. *Active Buzzer*

Tabel 3.1: Pin rangkaian wiring perancangan alat

Pin Sensor MQ-2	
Pin pada Sensor MQ-2	Pin pada ESP32
A0	GPIO 34
GND	GND
VCC	5V
Pin LCD	
Pin pada LCD	Pin pada ESP32
GND	GND
VCC	5V
SDA	GPIO 21
SCL	GPIO 22
Pin Lampu <i>Indicator</i>	
Pin pada Lampu Indicator	Pin pada ESP32
(+)	GPIO 19
(-)	GND
Pin <i>Relay Module</i>	
Pin pada <i>Relay Module</i>	Pin pada ESP32
VCC	5V
GND	GND
Signal	GPIO 25
Pin <i>Active Buzzer</i>	
Pin pada <i>Active Buzzer</i>	Pin pada ESP32
(+)	GPIO 23
(-)	GND
Pin <i>Solenoid Valve</i>	
Pin pada <i>Solenoid Valve</i>	Pin pada ESP32
(+)	No Relay
(-)	GND (Via Power Eksternal)

Sumber: Dokumen Pribadi

D. Rencana Pengujian Coba Produk

Proses perancangan alat akan lebih baik dengan adanya pengujian terhadap alat yang telah dibuat. Rencana pengujian merupakan metode untuk menemukan masalah-masalah yang ada. Supaya dapat mengidentifikasi masalah pada prototipe yang dibangun, maka peneliti menggunakan metode pengujian seperti pengujian statis dan dinamis. Cara pengujian statis dan dinamis akan diuraikan sebagai berikut:

1. Waktu dan tempat pengujian

Penelitian dilakukan oleh peneliti pada semester VIII untuk membuat sebuah proyek dan mengumpulkan data penelitian. Lokasi penelitian dengan judul "RANCANG BANGUN SISTEM *ALARM* DAN *SHUTDOWN* OTOMATIS PADA PIPA *DISCHARGE* GAS KAPAL FPSO (*FLOATING PRODUCTION STORAGE OFFLOADING*)" dilakukan di Politeknik Pelayaran Surabaya. Untuk mendapatkan data penelitian, pengujian alat dilakukan dengan dua pengujian yaitu:

a. Uji Statis

Pengujian statis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan keandalan masing-masing komponen utama dari sistem alarm dan shutdown otomatis sebelum sistem diintegrasikan dan diuji secara dinamis. Pengujian ini dilaksanakan dalam kondisi diam atau tanpa simulasi tekanan dan gas secara langsung, bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen elektronik dan mekanik dapat berfungsi secara optimal baik secara individu maupun saat terhubung dalam sistem. Berikut adalah penjabaran komponen yang diuji secara statis:

1) Pressure Transmitter

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sensor mampu

membaca tekanan gas secara akurat dalam rentang 0–700 kPa. Sensor diuji dengan memberikan tekanan menggunakan simulator tekanan manual dan dicek output tegangannya apakah sesuai dengan spesifikasi teknis.

2) Sensor Gas MQ-2

Sensor ini diuji dengan mendekatkannya pada sumber gas LPG terbatas dalam ruang uji tertutup. Tujuannya adalah untuk melihat sensitivitas dan respon sensor terhadap keberadaan gas. Output sensor harus menunjukkan perubahan signifikan pada konsentrasi gas.

3) Flame Sensor

Pengujian flame sensor dilakukan dengan menyalakan api dari jarak tertentu untuk memastikan sensor mampu mendeteksi cahaya inframerah dari nyala api. Output akan memicu sinyal ke mikrokontroler jika nyala terdeteksi.

4) Mikrokontroler ESP32

ESP32 diuji dengan program sederhana untuk membaca input dari sensor dan mengontrol output ke *relay*, *buzzer*, LED, serta LCD. Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa mikrokontroler mampu memproses data dan mengendalikan aktuator sesuai logika yang telah diprogram.

5) *Relay* dan *Solenoid Valve*

Pengujian *relay* dilakukan dengan memberikan sinyal dari ESP32 untuk melihat apakah kontak *relay* aktif dan mampu

membuka atau menutup arus ke *solenoid valve*. Selanjutnya, *solenoid valve* diuji untuk memastikan bahwa aliran gas bisa dihentikan atau diteruskan saat *relay* aktif.

6) Buzzer Aktif dan Pilot LED

Komponen ini diuji dengan memberikan sinyal logika dari ESP32 untuk memastikan *buzzer* berbunyi dan LED indikator menyala sesuai kondisi sistem (hijau untuk normal, merah untuk bahaya).

7) LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD diuji untuk memastikan bahwa semua data seperti tekanan gas, status sistem normal/darurat, dan sensor aktif dapat ditampilkan dengan jelas dan *real-time*. Pengujian mencakup pengaturan karakter, kontras, dan integrasi dengan ESP32 melalui komunikasi I2C.

b. Uji Dinamis

Dalam penelitian ini, uji dinamis difokuskan pada pengujian sistem secara menyeluruh melalui simulasi kondisi nyata, guna mengevaluasi bagaimana sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis bekerja saat mendeteksi tekanan berlebih, kebocoran gas, dan keberadaan api. Pengujian dilakukan di lingkungan kampus Politeknik Pelayaran Surabaya sebagai lokasi yang aman dan terkendali untuk melakukan simulasi bahaya.

Proses pengujian dilaksanakan ketika sistem tidak berada pada lingkungan operasional FPSO secara langsung, tetapi disimulasikan

dengan menggunakan media pipa tekanan dan tekanan udara dalam kondisi cuaca yang stabil dan aman. Simulasi tekanan berlebih dilakukan secara bertahap dengan mengatur tekanan buatan untuk meniru kondisi *overpressure* yang mungkin terjadi di lapangan.

Sensor tekanan/pressure transmitter digunakan untuk mendeteksi tekanan dalam pipa, sedangkan sensor gas MQ-2 dan *flame* sensor digunakan untuk mendeteksi adanya kebocoran gas dan api. Ketika kondisi tidak normal terdeteksi, ESP32 akan memproses data dan mengaktifkan sistem *alarm* (LED & *buzzer*), serta memutus aliran gas melalui aktuator *relay* yang mengendalikan *solenoid valve*. Output sistem kemudian ditampilkan secara *real-time* pada layar.

Pengujian ini tidak mempertimbangkan aspek penyimpanan data maupun pengiriman jarak jauh melalui internet secara mendalam, namun difokuskan pada responsivitas, keandalan, dan efektivitas sistem proteksi terhadap kondisi berbahaya. Evaluasi dilakukan terhadap waktu reaksi, akurasi sensor, dan stabilitas sistem selama 6 kali percobaan untuk memastikan sistem bekerja secara konsisten dan aman. Selanjutnya, akan dilakukan pengumpulan data kinerja dari prototipe sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis pada pipa *discharge* gas kapal FPSO. Pengambilan data ini mencakup beberapa hal yang akan diuji melalui tabel.

Tabel 3.2: Pengujian Pressure Transmitter

No	Tekanan Udara (Bar)	Tegangan Keluaran (V)	Status Pembacaan	Keterangan

Sumber: Dokumen Pribadi

Tujuan dari rencana pengujian ini adalah untuk memperoleh data yang akurat dan dapat diandalkan mengenai kinerja sistem *alarm* dan *shutdown* otomatis yang dirancang pada pipa *discharge* gas kapal FPSO. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi tekanan gas berlebih, keberadaan gas bocor, dan munculnya api, serta menilai respons sistem dalam memberikan peringatan dini dan memutus aliran gas secara otomatis.

Melalui pengujian ini, peneliti ingin mengetahui tingkat efektivitas sistem proteksi dalam mencegah potensi kebakaran dan kecelakaan kerja. Selanjutnya, hasil pengujian akan dibandingkan dengan standar keselamatan sistem proteksi tekanan gas yang umum digunakan di industri perkapalan dan migas. Dengan demikian, dapat diperoleh kesimpulan mengenai keandalan dan kelayakan sistem yang dikembangkan untuk diterapkan pada instalasi nyata.