

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

**PERANCANGAN *AUTO BLOWING SYSTEM*
SEBAGAI METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN
GAS SAMPLING LINE PADA KAPAL
PGN FSRU LAMPUNG**

Oleh:

DEWA AYU NATIH SARASWATI
NRP. 565221600

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



**PERANCANGAN *AUTO BLOWING SYSTEM*
SEBAGAI METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN
GAS SAMPLING LINE PADA KAPAL
PGN FSRU LAMPUNG**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV**

Oleh:

**DEWA AYU NATIH SARASWATI
NRP. 565221591**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : DEWA AYU NATIH SARASWATI
NRP : 565221600
Program Pendidikan : Diploma IV
Jurusan : Teknika
Judul : PERANCANGAN *AUTO BLOWING SYSTEM* SEBAGAI
METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN *GAS*
SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU
LAMPUNG

Jakarta, 24 April 2026

Penulis



DEWA AYU NATIH SARASWATI

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : DEWA AYU NATIH SARASWATI
NRP : 565221600
Program Pendidikan : Diploma IV
Jurusan : Teknika
Judul : PERANCANGAN *AUTO BLOWING SYSTEM* SEBAGAI
METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN *GAS*
SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU
LAMPUNG

Pembimbing Utama

Diah Zakiah, S.T., M.T.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19790517 200604 2 015

Jakarta, 24 April 2026

Pembimbing Pendamping

Denny Istrial, S.SI., M.T.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19800727 200912 1 001

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

Dr. MARKUS YANDO, S.Si.T., M.M.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19800605 200812 1 001

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : DEWA AYU NATIH SARASWATI
NRP : 565221600
Program Pendidikan : Diploma IV
Jurusan : Teknika
Judul : PERANCANGAN *AUTO BLOWING SYSTEM* SEBAGAI
METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN *GAS*
SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU
LAMPUNG

Ketua Penguji

Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

Penguji Pendamping 1

Ronald Simanjuntak, M.T.
Pembina (IV/a)
NIP. 19750616 200604 1 001

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dengan judul:

“PERANCANGAN AUTO BLOWING SYSTEM SEBAGAI METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN GAS SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU LAMPUNG”

Skripsi ini disusun dan diajukan oleh penulis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV yang diselenggarakan oleh Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis berusaha menyampaikan hasil penelitian dan pengembangan prototipe yang telah dilakukan sebagai bentuk implementasi ilmu pengetahuan yang diperoleh selama masa pendidikan dan pengalaman praktik lapangan.

Penulis sangat berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi pengetahuan, khususnya bagi civitas akademika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia, serta dapat menjadi referensi dalam pengembangan inovasi teknologi pada bidang sistem otomasi di dunia maritim. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ilmiah ini.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyelesaian skripsi tidak terlepas dari bantuan, dukungan, doa, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar. selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia
2. Bapak Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M. selaku Ketua Jurusan Teknika
3. Ibu Diah Zakiah, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan materi, bimbingan,

serta masukan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.

4. Bapak Denny Fitrial, S.SI., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan perhatian, saran, serta koreksi yang membangun kepada penulis dalam setiap tahapan penyusunan skripsi ini, sehingga penulis dapat menyempurnakan penelitian dengan lebih baik.
5. Bapak Pargaulan Dwikora Simanjuntak, S.Si.T., M.M. sebagai Dosen Pembimbing Perancangan Alat yang dikembangkan penulis yang telah memberikan arahan, ilmu, serta bimbingan teknis kepada penulis dalam proses perancangan dan pengembangan prototipe sehingga alat penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Cinta pertama dan panutan penulis, Mama dan Ajik, yang dengan ketulusan hati, kesabaran tanpa batas, serta kasih sayang yang tak pernah terukur, senantiasa membimbing dan menguatkan penulis sejak masa kecil hingga saat ini. Terima kasih karena selalu menjadi rumah tempat penulis pulang, tempat bersandar saat lelah, dan sumber kekuatan di setiap langkah kehidupan. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus, setiap nasihat yang penuh makna, serta setiap pengorbanan yang selalu menyertai perjalanan penulis dalam menempuh pendidikan ini. Cinta dan dukungan yang diberikan menjadi alasan terbesar bagi penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan skripsi ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan keberkahan, kesehatan, dan kebahagiaan sepanjang usia kepada Mama dan Ajik. Svaha.
7. Untuk adik kecilku tercinta, Dode Marcio, terima kasih telah menjadi bagian dalam perjalanan penulis. Meskipun terpaut usia dan terkadang diwarnai perbedaan pendapat, kasih sayang dan kebersamaan selalu menjadi penguat di antara kita. Terima kasih karena telah banyak membantu di rumah, menjaga Mama dan Ajik, serta menjadi pengganti peran saat penulis tidak berada di rumah. Kehadiranmu yang hangat, saling mengingatkan, dan mendukung satu sama lain menjadi hal yang sangat berarti bagi penulis. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan kesuksesan dalam setiap langkah hidupmu, Svaha.
8. Biangtut, Om Agung, Gung Ayu, dan keluarga Cijantung, terima kasih atas kehangatan rumah yang telah menjadi tempat penulis pulang selama merantau di Jakarta. Terima kasih atas perhatian, kebaikan, serta suasana kekeluargaan yang selalu diberikan, sehingga penulis dapat merasa memiliki rumah kedua yang penuh kehangatan.

9. Kepada rekan terdekatku, Wawa, terima kasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis sejak awal masa pendidikan hingga saat ini. Terima kasih atas kehadiran yang selalu membersamai, menjadi tempat bertukar pikiran, serta memberikan banyak pelajaran berharga dalam setiap proses yang dilalui. Dukungan, kepercayaan, dan kebanggaan yang selalu diberikan menjadi salah satu kekuatan bagi penulis untuk terus berkembang dan melangkah dengan lebih percaya diri. Terima kasih telah selalu ada, menguatkan di setiap fase, serta menjadi sosok yang turut mewarnai perjalanan ini dengan penuh makna. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dalam setiap langkah ke depan.
10. Kepada Raisha, teman seperjalanan sejak masa calon taruni hingga saat ini, terima kasih atas segala kebersamaan, dukungan, dan bantuan yang selalu diberikan, khususnya selama menjalani kehidupan di perantauan. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, berkeluh kesah, serta menemani dalam berbagai proses, baik saat lelah, jatuh, maupun bangkit kembali. Segala pengalaman yang telah dilalui bersama, baik suka maupun duka, akan selalu menjadi kenangan berharga yang tidak akan terlupakan. Semoga segala kebaikan yang telah kamu berikan senantiasa kembali dalam bentuk keberkahan dan kebahagiaan dalam setiap langkah hidupmu.
11. Kepada teman-teman kamar 102 dan kelas T8A, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan cerita yang telah dilalui bersama selama masa pendidikan. Setiap momen yang tercipta, baik suka maupun duka, menjadi bagian dari perjalanan yang penuh makna dan tidak akan terlupakan. Terima kasih atas semangat, kebersamaan, serta saling menguatkan dalam menghadapi setiap tantangan. Semoga kebersamaan ini tetap terjaga dan menjadi kenangan indah yang selalu dikenang di masa mendatang.
12. Kepada rekan-rekan seperjuangan dalam organisasi sejak tingkat pertama, khususnya keluarga English Team LXV dan GSB LXV, penulis mengucapkan terima kasih atas kebersamaan serta pengalaman berharga yang telah dilalui bersama. Organisasi menjadi wadah pembelajaran yang tidak hanya mengembangkan kemampuan, tetapi juga membentuk karakter, kerja sama, dan rasa tanggung jawab. Semoga kebersamaan dan silaturahmi ini tetap terjaga di masa yang akan datang.
13. Kepada Bass Rauf, Bass Andi, Bass Karel, Bass Bima, Nior Roy, Bapak Witono, Bapak Anto, serta seluruh crew Höegh LNG, penulis mengucapkan terima kasih atas kesempatan, bimbingan, dan ilmu yang telah diberikan selama masa praktik laut. Pengalaman yang diperoleh menjadi pembelajaran berharga bagi penulis dalam

memahami dunia kerja secara langsung, yang tidak terlepas dari berbagai tantangan sekaligus pelajaran yang mendewasakan. Terima kasih atas kesediaan untuk berbagi ilmu, arahan, dan pengalaman kepada penulis sebagai cadet. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik.

14. Kepada kakak penulis, Nior Aisyah dan Nior Dewa, serta adik penulis, Adik Amritha, Adik Rani, Adik Inri, Adik Sunita, dan Adik Aulia, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan hubungan yang terjalin selama di lingkungan kampus. Terima kasih telah menjadi rekan yang selalu hadir, siap mendengarkan dan berbagi cerita, serta saling bertukar pengalaman dalam setiap proses yang dilalui. Kebersamaan yang penuh canda dan tawa menjadi bagian berharga yang tidak terlupakan dalam perjalanan penulis. Semoga silaturahmi ini senantiasa terjaga dan memberikan kebaikan bagi kita semua.
15. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan, dukungan, doa, serta kontribusi yang telah diberikan dalam proses penyusunan skripsi ini. Setiap bentuk kebaikan yang diberikan memiliki arti yang sangat besar bagi penulis. Semoga segala kebaikan tersebut mendapatkan balasan yang berlipat dari Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi penulisan maupun pengolahan materi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan karya ini. Penulis juga berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi para pembaca

Jakarta, 24 April 2026

DEWA AYU NATIH SARASWATI
NRP 565221600

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. RUMUSAN MASALAH	5
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN	5
D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
A. KAJIAN TEORI.....	8
B. PENELITIAN TERDAHULU	28
C. KERANGKA PEMIKIRAN.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN	31
B. MODEL PENELITIAN.....	31
C. SUMBER DATA	33
D. PROSEDUR PENELITIAN.....	34
E. UJI COBA PRODUK.....	37
F. DESAIN UJI COBA	39
G. SUBJEK UJI COBA	39

H.	JENIS DATA	40
I.	METODE DAN INSTRUMENT PENGUMPULAN DATA	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
A.	HASIL PENELITIAN	44
B.	PENYAJIAN DATA UJI COBA	46
C.	HASIL ANALISIS DATA	51
D.	HASIL PRODUK	52
E.	HASIL PEMBAHASAN PENELITIAN	54
F.	LUARAN PRODUK	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		59
A.	KESIMPULAN	59
B.	SARAN	60
DAFTAR PUSTAKA.....		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram aliran <i>Gas Sampling System</i> Salwico SW2020 Lite	9
Gambar 2.2 <i>Vacuum Pump</i>	12
Gambar 2.3 <i>Solenoid Valve</i>	13
Gambar 2.4 <i>Flow Meter</i>	14
Gambar 2.5 <i>Gas Detector</i>	15
Gambar 2.6 <i>Flame Trap</i>	16
Gambar 2.7 <i>Flow Switch</i>	17
Gambar 2.8 <i>Choke Valve</i>	17
Gambar 2.9 Komponen <i>Pressure Sensor</i>	20
Gambar 2.10 Komponen Mikrokontroler ESP32	21
Gambar 2.11 Komponen <i>Solenoid Valve</i>	22
Gambar 2.12 Komponen <i>Relay Module 4 Channel</i>	23
Gambar 2.13 Komponen <i>Mini Pump</i>	23
Gambar 2.14 Komponen <i>LCD Display</i>	24
Gambar 2.15 Komponen <i>Power Supply</i>	25
Gambar 2.16 Komponen <i>DC Step-Down</i>	25
Gambar 2.17 Unduh Aplikasi Arduino IDE Melalui Web	26
Gambar 2.18 Penambahan <i>Board</i> ESP32	27
Gambar 2.19 Input Kode Program.....	27
Gambar 3.1 Diagram Alur Prosedur Penelitian	34
Gambar 3.2 <i>Wiring Diagram</i> Alat Menggunakan <i>Circuit Designer</i>	35
Gambar 3.3 <i>Flowchart auto blowing system</i>	36
Gambar 4.1 Prototipe <i>Auto Blowing System</i>	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Spesifikasi Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	7
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	28
Tabel 2.2 Kerangka Pemikiran.....	30
Tabel 3.1 Keterangan Penilaian Validasi	42
Tabel 3.2 Persentase Penilaian Validasi	42
Tabel 4.1 Hasil Uji Coba.....	46
Tabel 4.2 Hasil Uji Fungsional	47
Tabel 4.3 Hasil Uji Validasi Produk Oleh Validator Pertama	48
Tabel 4.4 Hasil Uji Validasi Produk Oleh Validator Kedua	48
Tabel 4.5 Skala Likert Penilaian	49
Tabel 4.6 Persentase Penilaian Validasi	50
Tabel 4.7 Validasi Pengguna Oleh Pelaut	50

DAFTAR SINGKATAN

LNG	Liquefied Natural Gas
PGN	Perusahaan Gas Negara
FSRU	Floating Storage and Regasification Unit
LCD	Liquid Crystal Display
IoT	Internet of Things
R&D	Research and Development
DC	Direct Current
ADDIE	Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Kapal	63
Lampiran 2 <i>Ship Particular</i>	64
Lampiran 3 <i>Crew List</i>	65
Lampiran 4 Lokasi <i>Sampling Point</i>	66
Lampiran 5 Gambar Pemrograman.....	67
Lampiran 6 Pemograman.....	68
Lampiran 7 Hasil Uji Validasi Oleh Validator Pertama	78
Lampiran 8 Hasil Uji Validasi Oleh Validator Kedua.....	79
Lampiran 9 Hasil Uji Validasi Oleh Pelaut.....	80

ABSTRAK

Ayu Natih Saraswati, Dewa. 2026. “*Perancangan Auto Blowing System Sebagai Metode Otomatisasi Pembersihan Gas Sampling Line Pada Kapal PGN FSRU LAMPUNG*”

Sistem gas sampling pada kapal LNG berperan penting dalam mendeteksi keberadaan gas metana, namun dalam operasionalnya masih terdapat permasalahan berupa gangguan aliran (*flow fault*) yang menyebabkan sistem tidak bekerja secara optimal dan memerlukan penanganan manual oleh operator. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan sistem yang mampu melakukan pembersihan jalur *gas sampling line* secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe *auto blowing system* sebagai metode otomatisasi pembersihan *gas sampling line* berbasis *pressure sensor* dan mikrokontroler ESP32. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE, yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Prototipe yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan *pressure sensor* untuk mendeteksi perubahan tekanan sebagai indikator gangguan aliran. Sistem dirancang untuk mengaktifkan mekanisme *auto blowing* secara otomatis ketika tekanan mencapai nilai ambang batas sebesar -5 kPa dengan durasi *blowing* selama 10 detik. Hasil uji coba produk menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan kondisi normal dan kondisi gangguan berdasarkan perubahan tekanan yang terbaca oleh sensor. Ketika tekanan mencapai atau berada di bawah nilai *threshold* sebesar -5 kPa, sistem secara otomatis mengaktifkan proses *auto blowing*. Hasil uji fungsional juga menunjukkan bahwa seluruh komponen utama, yaitu *pressure sensor*, *OLED display*, ESP32, *relay*, *solenoid valve*, dan *mini pump*, dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Hasil validasi oleh dua validator memperoleh nilai rata-rata sebesar 88% dengan kategori “Sangat Sesuai”, sedangkan hasil penilaian responden pelaut berada pada rentang 84% hingga 96% dengan kategori yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan telah memenuhi aspek kelayakan dari segi desain, fungsi, efektivitas, konsistensi, dan keamanan. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menghasilkan prototipe *auto blowing system* yang mampu mendeteksi indikasi gangguan aliran dan melakukan pembersihan jalur secara otomatis sebagai upaya preventif. Sistem ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi ketergantungan terhadap proses pembersihan manual pada sistem *gas sampling line* di kapal LNG.

Kata Kunci: *Auto Blowing System, Gas Sampling Line, ESP32, Pressure Sensor, Otomatisasi*

ABSTRACT

Ayu Natih Saraswati, Dewa. 2026. *“Design of an Auto Blowing System for Automated Cleaning of Gas Sampling Lines on PGN FSRU LAMPUNG”*

The gas sampling system on LNG vessels plays an important role in detecting the presence of methane gas. However, during operation, it may experience flow disturbances (flow faults) that can reduce system performance and require manual intervention by operators. This condition indicates the need for a system capable of automatically cleaning the gas sampling line. This study aims to design an auto blowing system prototype as an automated method for cleaning gas sampling lines using a pressure sensor and an ESP32 microcontroller. The research method employed in this study was Research and Development (R&D) using the ADDIE model, which consists of the analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The developed prototype utilizes an ESP32 microcontroller integrated with a pressure sensor to detect pressure changes as an indication of flow disturbances. The system was designed to automatically activate the auto blowing mechanism when the pressure reaches a threshold value of -5 kPa, with a blowing duration of 10 seconds. The product testing results showed that the system was able to distinguish between normal and disturbed conditions based on pressure changes detected by the sensor. When the pressure reached or fell below the threshold value of -5 kPa, the system automatically activated the auto blowing process. Functional testing results also demonstrated that all major components, including the pressure sensor, OLED display, ESP32, relay, solenoid valve, and mini pump, operated according to their intended functions. Validation results from two expert validators produced an average score of 88%, categorized as “Highly Appropriate,” while assessments from seafarer respondents ranged from 84% to 96% within the same category. These results indicate that the developed prototype meets the feasibility requirements in terms of design, functionality, effectiveness, consistency, and safety. Therefore, this study successfully developed an auto blowing system prototype capable of detecting indications of flow disturbances and automatically cleaning the sampling line as a preventive measure. The system has the potential to be further developed to improve operational efficiency and reduce dependence on manual cleaning procedures in LNG vessel gas sampling systems.

Keywords: *Auto Blowing System, Gas Sampling Line, ESP32, Pressure Sensor, Automation*

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sistem pendeteksian kebocoran gas merupakan salah satu elemen penting dalam menjaga keselamatan operasional kapal LNG. Keberadaan gas metana (CH_4) yang mudah terbakar menuntut adanya sistem pemantauan yang mampu bekerja secara andal dan berkesinambungan, khususnya pada area-area yang memiliki potensi kebocoran. Untuk mendukung hal tersebut, kapal LNG dilengkapi dengan *gas sampling system* yang berfungsi mengambil sampel gas dari berbagai *sampling point* dan mengalirkannya menuju alat pendeteksi guna memastikan tidak adanya kebocoran gas.

Gas sampling system menggunakan jalur pipa berdiameter kecil dengan panjang yang bervariasi, sehingga kelancaran aliran gas menjadi faktor penting dalam menjamin keandalan pembacaan sistem. Jalur gas sampling memiliki peran penting dalam proses pemantauan gas karena berfungsi mengalirkan sampel gas menuju alat analisis. Gangguan seperti kerusakan atau penyumbatan pada *gas sampling line* dapat menyebabkan ketidakakuratan pembacaan gas bahkan kegagalan sistem monitoring dalam mendeteksi gas secara tepat (Ramakumar et al., 2021).

Dalam operasionalnya, gangguan pada aliran gas sampling dapat ditandai dengan munculnya *flow fault* alarm, sehingga proses pengambilan sampel tidak dapat dilakukan secara normal. Namun, *flow fault* tidak secara spesifik mengidentifikasi penyebab gangguan aliran tersebut. Gangguan aliran dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti adanya kontaminasi, debu atau partikel halus, kondensasi uap air, hambatan pada jalur sampling, maupun faktor lain yang meningkatkan resistansi aliran. Ketika *flow fault* terjadi, sistem gas sampling akan melewati (skip) titik sampling yang mengalami gangguan dan memerlukan tindakan pemeriksaan serta pembersihan jalur sampling secara manual oleh kru kapal.

Berdasarkan *manual book gas sampling system*, pemeliharaan jalur gas sampling, khususnya pada bagian pipa sampling, masih dilakukan secara manual sebagai bagian dari prosedur perawatan sistem. Proses pembersihan ini dilakukan secara preventif untuk menjaga kelancaran aliran gas di dalam jalur sampling serta mencegah terjadinya gangguan pada sistem pengambilan sampel. Namun demikian, metode pemeliharaan yang masih bergantung pada tindakan manual memiliki keterbatasan karena sangat bergantung pada intervensi operator, sehingga konsistensi dan keberlanjutan kinerja sistem tidak selalu dapat terjamin, terutama pada sistem yang beroperasi secara terus-menerus (Smith & Zappe, 2017).

Pada sistem gas sampling yang bekerja secara berkelanjutan, ketergantungan terhadap pembersihan manual menunjukkan adanya peluang pengembangan sistem yang lebih efisien. Jalur pipa dengan diameter kecil berpotensi mengalami akumulasi kontaminan, kondensasi, maupun residu tertentu seiring waktu, meskipun belum menimbulkan gangguan operasional secara langsung. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kelancaran aliran fluida di dalam sistem perpipaan apabila tidak dilakukan pengendalian atau pemeliharaan yang tepat. Oleh karena itu, penerapan pemeliharaan preventif berbasis otomasi menjadi salah satu pendekatan yang dapat meningkatkan keandalan sistem dengan mengurangi ketergantungan terhadap intervensi operator serta menjaga kinerja sistem secara lebih konsisten (Mobley, 2019; Lee et al., 2015).

Dalam pelaksanaannya di kapal PGN FSRU LAMPUNG, sistem gas sampling bekerja secara terus-menerus dan bergantian pada setiap titik pengambilan sampel. Kondisi ini menyebabkan jalur gas sampling memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kelancaran proses pendeteksian. Namun, berdasarkan pengalaman penulis selama menjalani praktik laut sebagai *cadet*, ditemukan bahwa pada *sampling point* mengalami kendala karena tidak dilengkapinya sistem dengan mekanisme *auto blowing* sebagai pembersih jalur secara otomatis.

Sistem gas sampling pada kapal LNG umumnya dirancang sesuai dengan standar keselamatan dan teknologi yang berlaku pada saat kapal dibangun. Pada periode sebelum tahun 2015, regulasi dan pedoman klasifikasi lebih menekankan pada keandalan fungsi pendeteksian gas dibandingkan dengan otomasi pemeliharaan jalur sampling. Beberapa panduan keselamatan dan standar pada periode tersebut

tidak mensyaratkan adanya sistem pembersihan otomatis, sehingga pembersihan jalur gas sampling masih diperlakukan sebagai bagian dari prosedur perawatan manual oleh operator. Selain itu, paradigma pemeliharaan sistem pada periode tersebut masih didominasi oleh pendekatan manual dan periodik. Oleh karena itu, ketiadaan sistem *auto blowing* pada kapal yang dibangun sekitar tahun 2012 dapat dipahami sebagai konsekuensi dari kondisi teknologi dan standar desain pada masanya, sehingga pengembangan sistem otomasi dalam penelitian ini diposisikan sebagai upaya peningkatan berbasis perkembangan teknologi terkini.

Tidak tersedianya sistem *auto blowing* membuat penanganan pembersihan jalur bergantung pada proses manual. Pembersihan jalur sampling umumnya dilakukan saat gangguan terdeteksi, sehingga sistem tidak memiliki kemampuan untuk menjaga kebersihan jalur secara mandiri. Situasi ini berdampak pada keandalan pendeteksian gas metana, karena aliran sampel yang tidak bekerja secara maksimal sehingga sistem melakukan *skip* pada *sampling point*. Selain itu, kondisi tersebut juga berpengaruh terhadap efektivitas dan efisiensi kerja, karena kru kapal perlu meluangkan waktu dan tenaga tambahan untuk memastikan sistem kembali bekerja dengan normal. Meskipun terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi kinerja *gas sampling system*, penulis memfokuskan pada permasalahan *manual cleaning*.

Seiring dengan perkembangan teknologi otomasi, pemanfaatan sensor sebagai perangkat pemantauan kondisi sistem semakin banyak diterapkan pada berbagai sistem industri. Salah satu parameter yang umum digunakan dalam pemantauan sistem perpipaan adalah tekanan aliran. Perubahan tekanan dalam suatu jalur pipa dapat menjadi indikator awal terjadinya gangguan aliran, seperti adanya hambatan, penurunan laju aliran, maupun indikasi awal penyumbatan pada sistem. Pemantauan tekanan memungkinkan kondisi tersebut terdeteksi lebih awal karena perubahan tekanan biasanya terjadi sebelum gangguan aliran berkembang menjadi masalah operasional yang lebih serius (Bogue, 2016)

Selain itu, penggunaan mikrokontroler modern seperti ESP32 semakin berkembang dalam sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis sensor. Mikrokontroler ini banyak dimanfaatkan pada berbagai aplikasi sistem tertanam karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang cepat serta mendukung integrasi dengan berbagai jenis sensor. Integrasi antara sensor tekanan dengan mikrokontroler

memungkinkan terbentuknya sistem monitoring yang mampu membaca perubahan tekanan secara *real-time* dan memberikan respon pengendalian terhadap aktuator secara otomatis. Sistem semacam ini banyak digunakan dalam aplikasi pemantauan kondisi sistem industri karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap intervensi operator serta meningkatkan efisiensi proses pengendalian sistem (Kolban, 2019). Konsep tersebut sejalan dengan kebutuhan pengembangan *auto blowing system*, di mana perubahan tekanan pada *gas sampling line* dapat dimanfaatkan sebagai pemicu untuk melakukan pembersihan jalur secara otomatis.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu pengembangan sistem yang mampu mendeteksi gangguan aliran pada *gas sampling line* secara otomatis serta melakukan tindakan pembersihan jalur secara mandiri. Salah satu solusi yang dapat dikembangkan adalah penerapan *auto blowing system* yang bekerja berdasarkan pembacaan tekanan oleh *pressure sensor* dan dikendalikan secara otomatis menggunakan mikrokontroler. Sistem ini dirancang untuk melakukan pembersihan jalur gas sampling ketika terdeteksi adanya perubahan tekanan.

Sejalan dengan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan *gas sampling system* dengan penambahan *auto blowing system* sebagai metode pembersihan jalur sampling secara otomatis. Fokus utama penelitian bukan pada pembuktian terjadinya gangguan atau penyumbatan di kapal, melainkan pada pembuktian konsep bahwa *auto blowing system* dapat dirancang dan bekerja secara otomatis sebagai bagian dari pengembangan sistem gas sampling. Meskipun prototipe masih berada pada tahap model percontohan (*proof of concept*), prinsip kerja dan konsep sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk diterapkan pada sistem gas sampling di kapal serta mendukung sistem kerja yang lebih efektif di kapal PGN FSRU LAMPUNG. Berdasarkan uraian tersebut, maka skripsi ini diberi judul:

“PERANCANGAN AUTO BLOWING SYSTEM SEBAGAI METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN GAS SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU LAMPUNG”

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian pengembangan ini adalah bagaimana konsep merancang *auto blowing system* sebagai metode otomatisasi pembersihan *gas sampling line* pada kapal PGN FSRU Lampung?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN

1. Tujuan pengembangan

Merancang dan mengembangkan konsep *auto blowing system* sebagai metode otomatisasi pembersihan jalur sampling untuk mengurangi ketergantungan terhadap proses pembersihan manual.

2. Manfaat Pengembangan

Manfaat yang diharapkan dari pengembangan sistem ini meliputi manfaat praktis dan manfaat akademis sebagai berikut:

a. Manfaat Praktis

Penerapan sistem pembersihan jalur yang bekerja secara otomatis dapat menjadi alternatif solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap proses pembersihan manual. Dengan adanya mekanisme pembersihan otomatis, kebersihan jalur gas sampling dapat dijaga secara lebih konsisten dan berkelanjutan, sehingga mendukung keandalan sistem gas sampling dalam melakukan pemantauan gas metana.

Selain itu, pengembangan sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi kerja kru kapal, karena waktu dan tenaga yang sebelumnya digunakan untuk kegiatan pembersihan manual dapat dialihkan untuk mendukung kegiatan operasional lainnya. Hasil pengembangan ini juga diharapkan dapat menjadi referensi awal dalam penerapan dan pengembangan sistem otomatisasi pemeliharaan *gas sampling line* yang lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan operasional kapal LNG.

b. Manfaat Akademis

Dari sisi akademis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem gas sampling dan teknologi pembersihan otomatis pada kapal LNG maupun kapal sejenis. Selain itu, penelitian ini dapat

memberikan gambaran penerapan pendekatan *Research and Development* (R&D) dalam pengembangan sistem keselamatan kapal.

D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa sistem *auto blowing* yang dirancang sebagai alat bantu pendukung pada *gas sampling system* dengan metode otomatisasi pembersihan *gas sampling line*. Sistem ini dikembangkan dalam bentuk alat atau prototipe, yang merepresentasikan konsep pembersihan jalur sampling secara otomatis dengan memanfaatkan udara tekan sebagai media pembersih.

Auto blowing system dikembangkan dengan tujuan membuktikan konsep sistem pembersihan jalur sampling yang bekerja secara otomatis berdasarkan parameter tekanan, sehingga dapat mendukung proses pemeliharaan *gas sampling line* yang sebelumnya dilakukan secara manual. Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan, sistem ini memiliki spesifikasi fungsional di mana sistem mampu menjalankan beberapa fungsi utama sebagai berikut:

1. Melakukan pembersihan jalur gas sampling secara otomatis dengan cara menghembuskan udara tekan ke dalam *gas sampling line*.
2. Mencegah terjadinya penyumbatan pada *gas sampling line* yang disebabkan oleh partikel halus, debu, kondensasi uap air, maupun kontaminan lain.
3. Menjaga kelancaran aliran sampel gas sehingga proses pengambilan sampel tidak terganggu dan *sampling point* tidak mengalami *skip* akibat kegagalan pembacaan.
4. Bekerja sebagai sistem pendukung dan tidak mengganggu fungsi utama *gas sampling system* dalam mendeteksi kebocoran gas metana.
5. Sistem dirancang untuk mengurangi ketergantungan terhadap proses pembersihan jalur sampling secara manual oleh kru kapal.

Tabel 1.1
Spesifikasi perangkat keras (*hardware*).

Komponen	Spesifikasi
Nama Alat	Prototipe <i>Auto Blowing System</i>
Fungsi Alat	Otomatisasi pembersihan <i>gas sampling line</i> berdasarkan perubahan tekanan
Jenis Sistem	Sistem pneumatik terkontrol elektronik
Sensor Tekanan	<i>Pressure Sensor</i>
Mikrokontroler	ESP32
Sistem Kontrol	Pembacaan tekanan → pemrosesan logika → pengendalian <i>solenoid valve</i>
Aktuator	<i>Solenoid valve</i> 12 V DC
Sistem Monitoring	LCD (menampilkan nilai tekanan dan status sistem)
Mode Kerja	Monitoring tekanan dan <i>auto blowing</i>
Jenis Produk	Prototipe / model pengembangan
Aplikasi	<i>Gas sampling line</i> pada sistem pendeteksian gas kapal LNG (konseptual)

BAB II

LANDASAN TEORI

A. KAJIAN TEORI

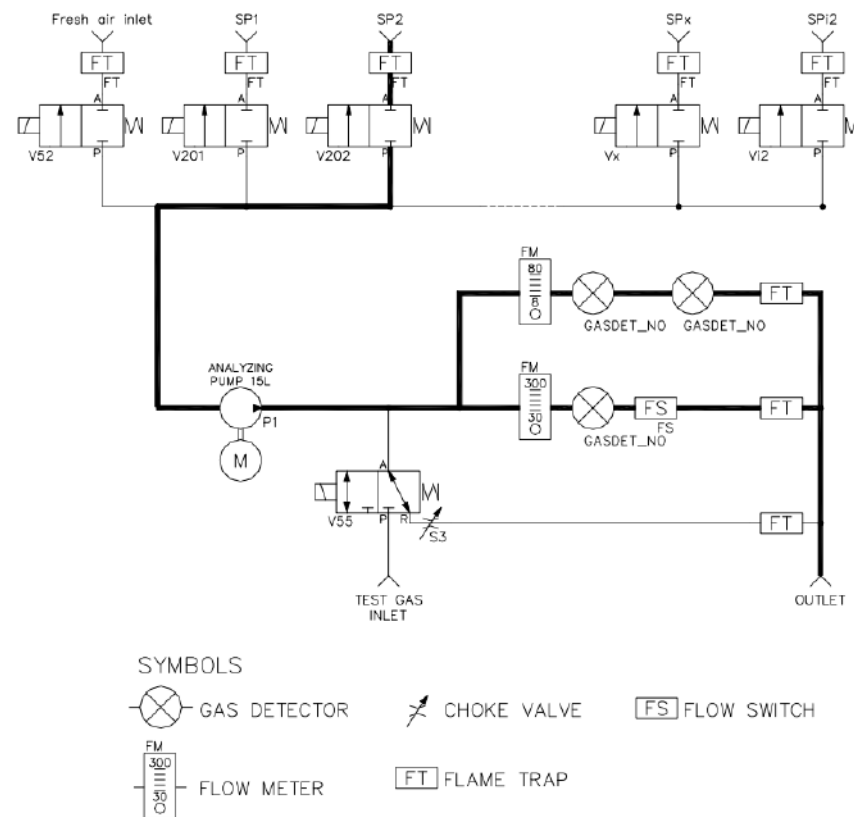
Pada bab ini, landasan teori yang digunakan menjadi sumber utama bagi penelitian ini. Sumber tersebut memberikan kerangka kerja yang sistematis untuk memahami latar belakang permasalahan yang diangkat

1. *Gas Sampling System*

Gas sampling system merupakan salah satu sistem keselamatan yang digunakan pada kapal LNG untuk memantau keberadaan gas metana (CH_4) pada area-area tertentu yang memiliki potensi kebocoran gas. Sistem ini dirancang untuk mengambil sampel gas dari 31 titik pengambilan (*sampling point*) yang tersebar pada area-area penting di kapal, seperti ruang mesin, ruang kargo, maupun ruang tertutup lainnya yang memiliki kemungkinan terpapar gas. Sampel gas yang diambil kemudian dialirkan melalui jalur pipa sampling menuju alat analisis gas (*gas analyzer*) yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan serta konsentrasi gas metana di udara. Melalui proses pemantauan ini, sistem mampu memberikan peringatan dini apabila terdeteksi adanya kebocoran gas sehingga tindakan penanganan dapat segera dilakukan oleh awak kapal.

Dalam sistem operasional kapal LNG, sistem deteksi gas dan pengambilan sampel gas merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem keselamatan kapal. Sistem ini berfungsi untuk memastikan bahwa setiap indikasi kebocoran gas dapat terdeteksi sedini mungkin sehingga dapat mencegah terjadinya potensi bahaya yang lebih besar. Oleh karena itu, keberadaan sistem pemantauan gas yang bekerja secara berkelanjutan menjadi salah satu persyaratan penting dalam standar keselamatan kapal yang menggunakan bahan bakar gas. *American Bureau of Shipping* (ABS, 2020) menyatakan bahwa sistem deteksi gas merupakan komponen penting dalam sistem keselamatan kapal LNG yang digunakan untuk memantau adanya gas mudah terbakar di berbagai area di kapal.

Selain itu, *International Maritime Organization* melalui *International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-Flashpoint Fuels* (IGF Code) juga menegaskan bahwa kapal yang menggunakan gas sebagai bahan bakar harus dilengkapi dengan sistem deteksi gas yang mampu memberikan peringatan dini terhadap kemungkinan terjadinya kebocoran gas (*International Maritime Organization*, 2016). Untuk mendukung pemahaman terhadap mekanisme kerja *gas sampling system* pada kapal PGN FSRU LAMPUNG, gambar 2.1 menampilkan diagram aliran yang menggambarkan alur pengambilan sampel gas dari beberapa *sampling point* hingga menuju alat analisis gas.



Gambar 2.1 Diagram aliran *Gas Sampling System* Salwico SW2020 Lite
Sumber: *Manual Book Gas Sampling System Sw2020*

Gas sampling system pada kapal LNG bekerja menggunakan prinsip vakum (tekanan negatif) yang dihasilkan oleh sebuah *analyzing pump* (*vacuum pump*) untuk menarik gas dari beberapa *sampling point* menuju unit analisis. Berdasarkan diagram aliran *Gas Sampling System* Salwico SW2020 Lite, satu buah *analyzing pump* digunakan untuk melayani beberapa jalur sampling secara bergantian melalui pengaturan *solenoid valve*. Gas yang terisap dialirkan melalui

komponen pendukung seperti *flame trap*, *flow meter*, dan *gas detector* sebelum akhirnya dibuang ke *outlet*.

Dalam sistem ini, pengawasan kondisi jalur sampling tidak dilakukan dengan mengukur nilai tekanan secara langsung, melainkan melalui *flow switch* yang berfungsi mendeteksi keberadaan dan kontinuitas aliran gas. Apabila laju aliran berada di bawah batas yang telah ditentukan, sistem akan menghasilkan alarm *flow fault* sebagai indikasi adanya gangguan aliran pada *sampling line*. Gangguan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti penyumbatan parsial akibat debu atau kotoran, kondensasi di dalam pipa, penurunan performa membran pompa, maupun kebocoran pada jalur sampling.

Meskipun sistem mampu memberikan peringatan gangguan aliran, manual sistem tidak menjelaskan nilai tekanan negatif secara kuantitatif yang terjadi di dalam *gas sampling line*. Selain itu, mekanisme penanganan gangguan aliran pada sistem ini masih mengandalkan tindakan pembersihan secara manual oleh kru kapal, seperti pemeriksaan dan penggantian filter atau pembersihan jalur sampling. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem gas sampling yang ada lebih bersifat reaktif terhadap gangguan aliran, dan belum dilengkapi dengan metode otomatis untuk menjaga kebersihan dan keandalan jalur sampling secara berkelanjutan.

Gas sampling system bekerja secara terus-menerus dengan mengambil sampel gas dari beberapa titik pengambilan (*sampling point*) secara bergantian untuk dianalisis oleh *gas analyzer*. Dalam operasionalnya, keandalan sistem gas sampling tidak hanya ditentukan oleh kemampuan alat pendeteksi gas, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi jalur penyaluran sampel gas menuju *analyzer*. Jalur gas sampling yang bersih dan terjaga akan memastikan bahwa gas sampel dapat mengalir dengan baik menuju alat analisis, sehingga hasil pemantauan yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi aktual pada titik pengambilan sampel. Dalam sistem pemantauan berbasis sensor, kualitas sampel yang diterima oleh sensor merupakan faktor penting yang mempengaruhi akurasi hasil pengukuran, sehingga kestabilan aliran fluida di dalam jalur sampling menjadi salah satu aspek yang sangat menentukan dalam menjaga keandalan sistem monitoring gas (Crowl & Louvar, 2019; Bolton, 2020).

2. *Gas Sampling Line*

Gas sampling line merupakan jalur pipa yang berfungsi menyalurkan sampel gas dari *sampling point* menuju unit *analyzer*. Jalur ini menggunakan pipa sampling berdiameter 6 mm dengan panjang yang bervariasi antara 8 hingga 273 meter, tergantung lokasi *sampling point* terhadap unit analisis. Penggunaan pipa berdiameter kecil bertujuan untuk mempercepat respons sistem terhadap perubahan konsentrasi gas pada area yang dipantau, sehingga sampel gas dapat mencapai alat analisis dengan lebih cepat dan kondisi atmosfer dapat segera terdeteksi oleh sistem monitoring. Namun demikian, jalur sampling dengan diameter kecil juga memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap gangguan aliran, karena adanya hambatan kecil seperti kontaminan, kondensasi, maupun perubahan tekanan dapat mempengaruhi kelancaran aliran gas di dalam pipa. Dalam sistem pengambilan sampel gas, kestabilan aliran sangat penting agar sampel yang dianalisis tetap merepresentasikan kondisi sebenarnya pada titik pengambilan sampel (Crowl & Louvar, 2019; Perry & Green, 2018). Oleh karena itu, jalur gas sampling umumnya dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung seperti *shut-off valve*, *flame trap*, filter, serta sambungan pipa yang dirancang untuk menjaga keamanan dan kestabilan aliran gas.

Gas sampling line dengan diameter pipa yang relatif kecil memiliki potensi mengalami penurunan laju aliran apabila terjadi hambatan pada jalur perpipaan. Penggunaan pipa berdiameter kecil memang dapat mempercepat respon sistem terhadap perubahan konsentrasi gas, namun di sisi lain membuat sistem lebih sensitif terhadap gangguan aliran seperti adanya kontaminan, kondensasi, maupun hambatan pada komponen jalur sampling. Hambatan kecil sekalipun pada pipa berdiameter kecil dapat menyebabkan peningkatan *pressure drop* yang berdampak pada perubahan laju aliran gas menuju alat analisis. Oleh karena itu, kondisi fisik serta kebersihan jalur gas sampling perlu dijaga agar sistem dapat bekerja secara optimal dan mampu memberikan hasil pemantauan yang representatif terhadap kondisi sebenarnya di lapangan (Baker, 2016).

a. Pemeliharaan *Gas Sampling Line* dan Keterbatasan Metode Manual

Pemeliharaan *gas sampling line* pada umumnya masih dilakukan secara manual dan bersifat periodik sebagai bagian dari prosedur perawatan sistem. Kegiatan pemeliharaan biasanya dilakukan melalui pemeriksaan kondisi jalur sampling serta komponen pendukung yang terdapat pada sistem

tersebut, seperti filter dan sambungan pipa. Pemeriksaan dilakukan secara berkala untuk memastikan jalur sampling tetap bersih serta mampu menyalurkan sampel gas menuju alat analisis dengan baik. Namun demikian, sistem gas sampling pada umumnya tidak dilengkapi dengan mekanisme pembersihan jalur yang bekerja secara otomatis sehingga proses pemeliharaan masih sangat bergantung pada tindakan operator untuk melakukan inspeksi maupun pembersihan jalur apabila diperlukan. Metode pemeliharaan yang masih bergantung pada tindakan manual memiliki keterbatasan karena efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh ketepatan waktu pemeriksaan dan tindakan yang dilakukan oleh operator, sehingga konsistensi kinerja sistem tidak selalu dapat terjaga secara optimal (Mobley, 2019).

b. Gangguan Aliran (*Flow Fault*) pada Gas Sampling Line

Flow fault merupakan kondisi gangguan aliran yang terdeteksi pada gas sampling system ketika laju atau kontinuitas aliran gas tidak berada dalam kondisi normal yang diprasyarkan oleh sistem. Pada sistem gas sampling kapal LNG, *flow fault* ditandai dengan munculnya alarm dan secara otomatis melewati (*skip*) *sampling point* yang mengalami gangguan untuk melanjutkan pengambilan sampel pada titik berikutnya. Akibatnya, pemantauan kebocoran gas tidak dapat dilakukan secara menyeluruh sesuai jumlah *sampling point* yang ada, sehingga kondisi *sampling fail* ini memerlukan pengecekan serta tindakan perbaikan (*rectification*) secara manual oleh kru kapal agar sistem dapat kembali beroperasi dengan baik, tanpa secara spesifik mengidentifikasi penyebab gangguan tersebut. Sistem hanya memberikan indikasi adanya ketidakwajaran aliran, sedangkan proses diagnosis lanjutan tetap memerlukan intervensi operator (Salwico, 2020).

Kondisi *flow fault* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain tersumbatnya filter pada jalur sampling, terjadinya kondensasi uap air di dalam pipa, akumulasi debu atau partikel halus, serta peningkatan resistansi aliran akibat panjang jalur sampling dan diameter pipa yang relatif kecil. Kondisi tersebut dapat meningkatkan hambatan aliran sehingga aliran gas menuju unit analisis menjadi tidak stabil (Salwico, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Lee dan Kim (2020) menjelaskan bahwa sistem gas sampling dengan metode hisap sangat sensitif terhadap perubahan tekanan dan resistansi aliran. Gangguan kecil pada jalur sampling,

seperti kondensasi atau penyempitan jalur, dapat menyebabkan perubahan tekanan yang signifikan dan memicu gangguan pengambilan sampel. Perubahan tekanan tersebut dapat digunakan sebagai indikator awal terjadinya gangguan aliran pada sistem gas sampling.

Pada sistem yang digunakan saat ini, fungsi *gas sampling system* umumnya terbatas pada pemantauan dan pemberian alarm ketika *flow fault* terdeteksi. Tindakan pembersihan jalur sampling masih dilakukan secara manual setelah alarm muncul, sehingga sistem belum memiliki kemampuan untuk merespons gangguan aliran secara otomatis. Kondisi ini menyebabkan ketergantungan pada tindakan operator dan berpotensi menurunkan efisiensi operasional, terutama apabila gangguan terjadi berulang.

Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem pendukung yang tidak hanya mendeteksi adanya gangguan aliran, tetapi juga mampu memberikan respons otomatis terhadap kondisi tersebut. Pemantauan perubahan tekanan pada jalur sampling menggunakan *pressure sensor* dapat dimanfaatkan sebagai dasar untuk mengaktifkan sistem *auto blowing*. Pendekatan ini diharapkan mampu mengurangi ketergantungan pada pembersihan manual serta meningkatkan keandalan *gas sampling system* secara keseluruhan.

3. Komponen Gas Sampling System

a. Analyzing Pump (vacuum pump)



Gambar 2.2 Vacuum Pump

Sumber: <https://www.usathomas.com/107cdc20.html>

Vacuum pump merupakan komponen yang berfungsi untuk menghasilkan tekanan hisap dalam sistem gas sampling sehingga gas sampel dapat ditarik dari berbagai *sampling point* menuju unit analisis gas. Pada sistem Salwico SW2020 Lite, pompa yang digunakan adalah tipe Thomas 107 CCD20, yaitu pompa membran yang dirancang untuk menghasilkan kinerja yang efisien dalam aplikasi vakum. Pompa ini dirancang untuk beroperasi secara kontinu dan dilengkapi dengan komponen seperti katup *stainless steel*, serta *valve plate* berbahan aluminium yang mendukung keandalan dan stabilitas operasional dalam jangka panjang.

Vacuum pump bekerja dengan menciptakan tekanan negatif pada jalur sampling sehingga gas dari berbagai titik sampling dapat dialirkan melalui pipa menuju sistem deteksi gas. Kapasitas aliran pompa ini dapat mencapai sekitar 19 L/min pada kondisi *free flow*, lalu sekitar 14 L/min pada tekanan vakum -0,2 bar dan 9 L/min -0,4 bar sehingga mampu memastikan gas sampel mengalir secara kontinu dalam sistem sampling.

b. *Solenoid Valve*



Gambar 2.3 *Solenoid Valve*

Sumber: <https://usedindustrialparts.com/products/burkert-6013-137537-2-2-way-solenoid-valve>

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan secara elektrik untuk mengatur pembukaan dan penutupan jalur aliran gas dalam sistem sampling. Komponen ini memungkinkan sistem untuk memilih jalur sampling tertentu dari beberapa *sampling point* yang tersedia. Dengan bantuan *solenoid valve*, *gas sampling system* dapat mengambil sampel gas

secara bergantian dari berbagai titik pengukuran tanpa memerlukan pengoperasian manual. Pengaturan ini memungkinkan sistem melakukan pemantauan gas secara otomatis pada beberapa area yang berbeda dalam satu sistem.

c. *Flow Meter*



Gambar 2.4 *Flow Meter*

Sumber: <https://www.imssupply.com/catalog/brooks/brooks-mite27-2700-series.html>

Flow meter berfungsi untuk mengukur laju aliran gas yang melewati jalur sampling. Informasi mengenai laju aliran gas sangat penting untuk memastikan bahwa gas sampel yang diambil dari *sampling point* dapat mengalir dengan baik menuju unit analisis gas. Apabila laju aliran gas berada di luar kondisi normal, maka hasil pembacaan *gas analyzer* dapat menjadi tidak akurat. Oleh karena itu, *flow meter* digunakan sebagai indikator untuk memantau kestabilan aliran gas dalam sistem sampling.

d. *Gas Detector*



Gambar 2.5 *Gas Detector*

Sumber: *Manual Book Gas Sampling System Sw2020*

Gas detector merupakan komponen utama dalam *gas sampling system* yang berfungsi untuk mendeteksi serta mengukur konsentrasi gas

yang terdapat dalam sampel gas yang diambil dari berbagai *sampling point*. Pada sistem gas sampling Salwico SW2020, detektor yang digunakan adalah IR *Gas Detector* tipe Salwico Optima Plus, yang bekerja menggunakan metode *infrared absorption* untuk mendeteksi gas hidrokarbon seperti metana (CH_4). Metode ini memanfaatkan prinsip penyerapan radiasi inframerah oleh molekul gas tertentu, sehingga perubahan konsentrasi gas dapat diidentifikasi melalui perubahan intensitas sinyal inframerah yang diterima oleh sensor. *Gas detector* ini biasanya dipasang pada bagian *analyzing* unit dan menerima gas sampel yang telah dialirkan melalui jalur *gas sampling line*. Setelah gas sampel masuk ke dalam *flow house detector*, sensor akan melakukan proses analisis untuk menentukan konsentrasi gas yang terdapat dalam sampel tersebut. Hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke sistem kontrol untuk ditampilkan pada panel monitoring serta memicu alarm apabila konsentrasi gas melebihi batas yang telah ditentukan.

e. *Flame Trap*



Gambar 2.6 *Flame Trap*
Sumber: *Manual Book Gas Sampling System Sw2020*

Flame trap merupakan komponen keselamatan yang dipasang pada jalur gas sampling untuk mencegah penyebaran api melalui sistem perpipaan. Pada sistem gas sampling Salwico SW2020, komponen yang digunakan adalah Salwico FTH-1/4 *flame trap*, yang dirancang untuk memenuhi persyaratan perlindungan terhadap penetrasi ledakan pada dinding pembatas antara area aman dan area berbahaya. Komponen ini dipasang pada jalur pipa sampel dan pipa buang pada sistem sampling dan deteksi gas. *Flame trap* bekerja dengan cara menghambat propagasi api melalui elemen filter di dalam perangkat sehingga api tidak dapat merambat ke bagian sistem lainnya.

Dengan demikian, perangkat ini berfungsi sebagai pengaman tambahan untuk mencegah risiko kebakaran atau ledakan yang dapat terjadi akibat adanya gas mudah terbakar dalam sistem sampling.

f. *Flow Switch*



Gambar 2.7 *Flow Switch*

Sumber: https://www.imssupply.com/catalog/chemtec-equipment-company-inc/_lph-125-5a.html

Flow switch merupakan perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi aliran gas dalam jalur sampling. Komponen ini bekerja dengan memonitor keberadaan atau kontinuitas aliran gas dalam sistem. Apabila aliran gas tidak berada dalam kondisi normal atau terjadi gangguan aliran, *flow switch* akan mengirimkan sinyal kepada sistem kontrol sehingga muncul alarm *flow fault*. Dalam kondisi tersebut, sistem akan melewati sampling point yang mengalami gangguan dan melanjutkan proses pengambilan sampel pada titik berikutnya.

g. *Choke Valve*



Gambar 2.8 *Choke Valve*

Sumber: <https://shop.fluidaiautomation.com/>

Choke valve merupakan komponen yang digunakan untuk mengatur atau membatasi aliran gas dalam jalur sampling. Katup ini memungkinkan pengaturan tekanan serta kestabilan aliran gas agar sistem sampling dapat bekerja dengan lebih optimal. Dengan adanya *choke valve*, aliran gas dapat disesuaikan sehingga tekanan dalam sistem tetap berada pada kondisi yang diinginkan dan tidak mengganggu proses analisis gas.

4. Konsep *Auto Blowing System*

Auto blowing system merupakan pengembangan dari metode pembersihan pipa berbasis udara tekan yang dirancang untuk bekerja secara otomatis. Sistem ini mengintegrasikan sensor kondisi aliran dan sistem kendali untuk melakukan pembersihan jalur pipa ketika terdeteksi adanya gangguan aliran. Lee dan Kim (2020) menyatakan bahwa sistem pembersihan otomatis yang diaktifkan berdasarkan kondisi aktual aliran lebih efektif dibandingkan metode pembersihan manual yang bersifat reaktif.

Dalam konteks penelitian ini, *auto blowing system* dikembangkan sebagai sistem pendukung *gas sampling system* yang berfungsi menjaga kebersihan *gas sampling line*. Dengan adanya sistem otomatis, pembersihan jalur sampling dapat dilakukan secara cepat dan konsisten.

a. *Pressure Sensor* sebagai Indikator Gangguan Aliran

Pressure sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan dalam suatu sistem tertutup. Dalam konteks *gas sampling system*, *pressure sensor* dapat dimanfaatkan untuk memantau perubahan tekanan pada jalur sampling sebagai indikator adanya gangguan aliran.

Perubahan tekanan pada sistem perpipaan berdiameter kecil dapat digunakan sebagai parameter yang efektif untuk mendeteksi adanya hambatan aliran di dalam pipa (Rahman et al., 2022). Pada sistem perpipaan dengan diameter relatif kecil, gangguan kecil seperti akumulasi partikel, kondensasi, maupun penyempitan jalur dapat menyebabkan perubahan tekanan yang cukup signifikan terhadap kondisi aliran. Ketika terjadi gangguan aliran, tekanan pada jalur pipa akan mengalami perubahan yang dapat dideteksi oleh sensor tekanan dan dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem kontrol otomatis.

Dalam konteks penelitian ini, *pressure sensor* tidak digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas, melainkan sebagai indikator perubahan kondisi aliran pada *gas sampling line*. Perubahan tekanan yang terdeteksi oleh sensor digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengaktifkan sistem pembersihan jalur secara otomatis.

b. Mikrokontroler ESP32 dalam Sistem Otomatis

Otomatisasi dalam sistem pemeliharaan bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem dengan mengurangi ketergantungan terhadap tindakan manual. Penggunaan mikrokontroler memungkinkan integrasi antara sensor, logika kontrol, dan aktuator dalam satu sistem yang bekerja secara mandiri. Wibowo et al. (2021) menyebutkan bahwa mikrokontroler ESP32 banyak digunakan dalam sistem monitoring dan kontrol karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik serta fleksibilitas dalam pengembangan sistem otomatis.

Dalam penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pengendali utama untuk membaca data tekanan dari *pressure sensor*, membandingkan nilai tekanan dengan batas ambang yang telah ditentukan, serta mengendalikan aktuator berupa *solenoid valve* untuk mengaktifkan proses *auto blowing* secara otomatis. ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam sistem otomasi karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, konsumsi daya rendah, serta kemudahan dalam pemrograman. ESP32 mampu membaca data dari berbagai sensor, memproses logika kontrol, dan mengendalikan aktuator secara *real-time*.

c. Prinsip Pembersihan Pipa Menggunakan Udara Tekan (*Blowing*)

Pembersihan jalur gas sampling menggunakan udara tekan (*blowing*) merupakan salah satu metode yang diterapkan dalam sistem perpipaan industri untuk mengatasi gangguan aliran akibat akumulasi partikel, residu, maupun kontaminan lain di dalam pipa. Metode ini bekerja dengan memanfaatkan aliran udara bertekanan yang dialirkan ke dalam pipa sehingga partikel atau kontaminan yang menempel pada dinding pipa dapat terdorong keluar dari jalur aliran. Dengan demikian, jalur perpipaan dapat kembali berfungsi secara normal dan mempertahankan kelancaran aliran fluida di dalam sistem. Menon (2019) menjelaskan bahwa metode pembersihan menggunakan udara tekan dinilai efektif pada sistem perpipaan berdiameter kecil karena aliran udara

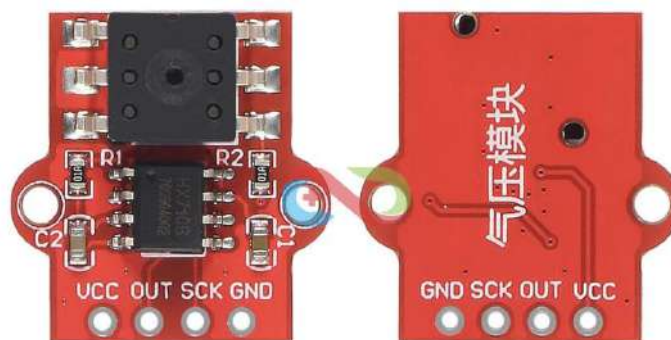
bertekanan mampu menjangkau bagian dalam pipa dan melepaskan partikel yang tidak mudah dibersihkan melalui metode manual.

Dalam konteks sistem gas sampling, penerapan metode *blowing* memiliki peran penting karena jalur sampling umumnya memiliki diameter kecil dan panjang tertentu, sehingga rentan mengalami gangguan aliran. Siregar (2020) menjelaskan bahwa metode *blowing* dapat digunakan sebagai tindakan korektif untuk memulihkan kondisi aliran tanpa memerlukan pembongkaran jalur pipa, sehingga lebih efisien dari segi waktu dan operasional. Namun, proses pembersihan jalur masih dilakukan secara manual setelah gangguan terdeteksi, sehingga respons terhadap gangguan aliran tidak bersifat cepat dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pengembangan sistem *auto blowing* menjadi relevan sebagai upaya untuk mengotomatisasi proses pembersihan jalur gas sampling agar dapat bekerja secara lebih efektif dan andal.

5. Konfigurasi Prototipe Auto Blowing System

a. Konfigurasi *Pressure Sensor*

Pressure sensor digunakan untuk mendeteksi perubahan tekanan pada jalur simulasi *gas sampling line*. Sensor ini berfungsi sebagai indikator kondisi aliran, di mana perubahan tekanan tertentu akan diproses oleh mikrokontroler sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengaktifkan sistem *blowing*.



Gambar 2.9 Komponen *Pressure Sensor*

Sumber: <https://11nq.com/1bk3dii>

Spesifikasi *Pressure Sensor* yang digunakan:

Operating Pressure Range : -300 Kpa hingga 80 Kpa

Supply voltage : 3.3V - 5V DC

Output Type : Analog Output

Application : Monitoring tekanan pada jalur sampling

Modul sensor ini dilengkapi dengan empat pin utama, yaitu VCC, OUT, SCK, dan GND. Pin VCC berfungsi sebagai sumber tegangan kerja sensor, sedangkan GND merupakan jalur *ground* sistem. Pin OUT menghasilkan sinyal tegangan analog yang nilainya meningkat seiring bertambahnya tekanan. Sinyal analog tersebut kemudian dibaca oleh mikrokontroler melalui pin input analog untuk selanjutnya diproses dalam logika kontrol sistem. Pin SCK digunakan sebagai bagian dari komunikasi modul sesuai konfigurasi rangkaian yang digunakan.

b. Konfigurasi Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah ESP32 *Board* CH340 *Type-C* dengan *expansion base plate*. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang membaca data dari *pressure sensor*, memproses logika kontrol berdasarkan batas tekanan yang telah ditentukan, serta mengaktifkan aktuator berupa *solenoid valve* melalui modul *relay* secara otomatis.



Gambar 2.10 Komponen Mikrokontroler ESP32

Sumber: <https://11nq.com/w4312xd>

Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 yang digunakan:

<i>Microcontroller</i>	: Dual-Core ESP32
<i>Serial Chip</i>	: CH340
<i>Operating Voltage</i>	: 3.3V
<i>Flash Memory</i>	: 4 MB
<i>Digital I/O Pin</i>	: 25 Pin
<i>Wireless Feature</i>	: WiFi 2.4 GHz & Bluetooth v4.2

ESP32 ini dilengkapi dengan *chip USB-to-Serial* CH340 yang memudahkan proses pemrograman melalui kabel *USB Type-C*.

c. Konfigurasi *Solenoid Valve*

Solenoid valve yang digunakan dalam prototipe ini berfungsi sebagai aktuator dalam sistem *auto blowing*. Tipe yang digunakan adalah *Normally Open* (NO), yang berarti dalam kondisi tanpa tegangan jalur berada dalam keadaan terbuka. Ketika tegangan diberikan, posisi *valve* akan berubah sesuai konfigurasi kontak. Dalam sistem yang dikembangkan, *solenoid valve* dikendalikan oleh ESP32 melalui modul *relay*. Ketika mikrokontroler mendeteksi tekanan berada di luar batas yang ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan *relay* sehingga *solenoid valve* menerima tegangan dan melakukan proses sesuai logika sistem.



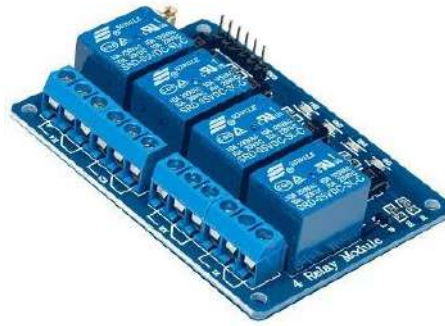
Gambar 2.11 Komponen *Solenoid Valve*
Sumber: <https://s11nk.com/h90310d>

Spesifikasi *solenoid valve* yang digunakan:

<i>Model</i>	: <i>Air Micro Solenoid Valve</i>
<i>Type</i>	: <i>Normally Open (NO)</i>
<i>Power Consumption</i>	: $< 2W$
<i>Material</i>	: <i>Engineering Plastic</i>
<i>Pressure Environment</i>	: <i>Low Pressure</i>
<i>Applicable Medium</i>	: Udara
<i>Weight</i>	: 7 gram

d. Konfigurasi *Relay Module 4 Channel*

Relay module digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler ESP32 dan komponen aktuator, khususnya *solenoid valve* dan pompa mini. Modul ini memungkinkan ESP32 yang bekerja pada tegangan rendah (3.3V) untuk mengendalikan perangkat dengan tegangan dan arus yang lebih tinggi secara aman.



Gambar 2.12 Komponen *Relay Module 4 Channel*

Sumber: <https://s11nk.com/gcbf64j>

Spesifikasi *relay module* yang digunakan:

Jumlah Channel : 4 Channel

Working Voltage : 5V DC

Trigger Type : Active LOW

Maximum Load : AC 250V / 10A, DC 30V / 10A

e. Konfigurasi *Mini Pump*

Pada prototipe *auto blowing system* yang dikembangkan dalam penelitian ini digunakan dua unit *mini pump* DC 3–6V. *Mini pump* pertama berperan sebagai simulasi *analyzing pump* pada *gas sampling system* kapal, yaitu menghasilkan tekanan negatif pada jalur simulasi *gas sampling line*. Sementara itu, *mini pump* kedua digunakan sebagai sumber aliran udara untuk proses *auto blowing*. Ketika sistem mendeteksi tekanan di luar ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan pompa *blowing* sehingga udara dialirkan ke jalur sampling untuk membantu mengurangi hambatan aliran.



Gambar 2.13 Komponen *Mini Pump*

Sumber: <https://acesse.one/q8vrkon>

Spesifikasi *Mini pump* yang digunakan:

Tipe : Mini DC *Vacuum Pump*

Tegangan Kerja : DC 3–6V
Arus Kerja : $\pm 0.62\text{A}$
Flow Rate : $\pm 2.5\text{ LPM}$
Diameter *Outlet* : $\pm 4\text{ mm}$

f. Konfigurasi *LCD Display*

OLED *display* pada prototipe ini berfungsi sebagai media monitoring visual untuk menampilkan nilai tekanan yang terbaca oleh *pressure sensor* serta status sistem secara *real-time*, seperti kondisi normal atau proses *auto blowing* aktif.



Gambar 2.14 Komponen *LCD Display*

Sumber: <https://11nq.com/9wb3ghr>

Spesifikasi *LCD Display* yang digunakan:

Tipe : OLED 0.96 inch
Resolusi : 128 x 64 pixel
Interface : I2C (3.3V / 5V logic level)
Tegangan Kerja : DC 3.3V – 5V
Sudut Pandang : $>160^\circ$
Ukuran Modul : 2.7 x 2.7 cm

g. Konfigurasi *Power Supply*

Power supply adaptor 12V 5A digunakan sebagai sumber catu daya utama dalam sistem prototipe *auto blowing*. Tegangan 12V disuplai untuk mengoperasikan komponen yang membutuhkan daya lebih besar seperti *mini pump* dan *modul relay*, sedangkan untuk komponen dengan kebutuhan

tegangan lebih rendah seperti ESP32 dan OLED *display* digunakan modul penurun tegangan (DC *step-down*)



Gambar 2.15 Komponen *Power Supply*

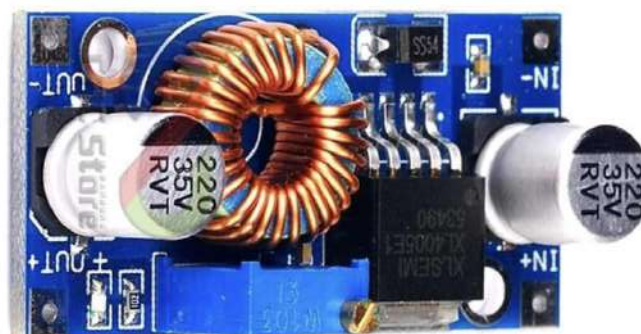
Sumber: <https://11nq.com/m0ad9x5>

Spesifikasi *power supply* yang digunakan:

Tipe	: Adaptor DC 12V 5A
<i>Input Voltage</i>	: AC 230V 50–60Hz
<i>Output Voltage</i>	: DC 12V 5A
Daya Maksimum	: 60W
<i>Jack Output</i>	: 5.5 / 2.1 mm

h. Konfigurasi DC *Step-Down*

Dalam prototipe *auto blowing system* ini digunakan tiga modul DC *step-down* tipe XL4005 untuk menyesuaikan tegangan dari *power supply* 12V agar sesuai dengan kebutuhan masing-masing komponen. Modul ini bekerja dengan prinsip *buck converter*, yaitu menurunkan tegangan *input* menjadi tegangan *output* yang lebih rendah secara efisien.



Gambar 2.16 Komponen DC *Step-Down*

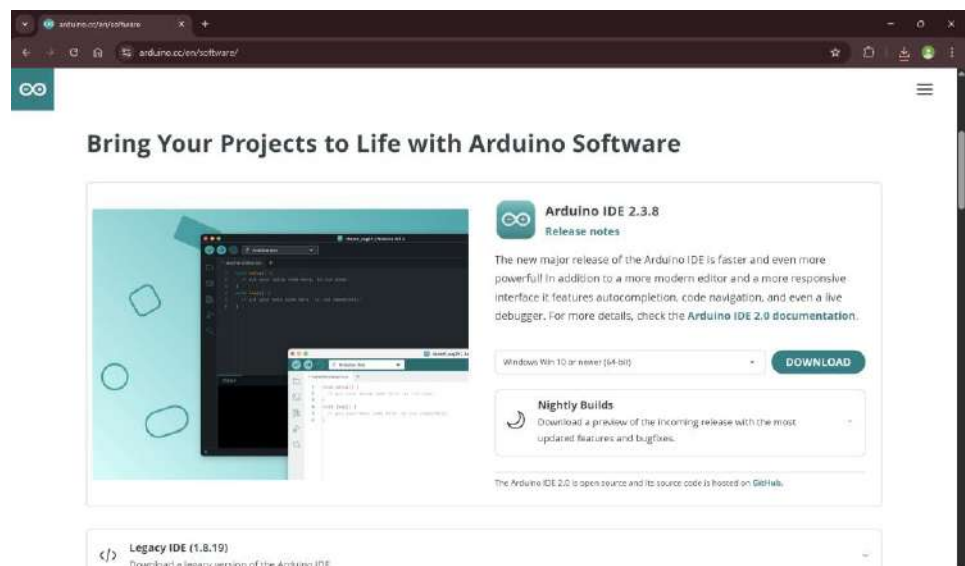
Sumber: <https://sl1nk.com/n4jhpmz>

Spesifikasi DC *Step-down* yang digunakan:

Tipe Modul	: DC <i>Step-Down (Buck Converter) Non-Isolated</i>
Model IC	: XL4005
<i>Input Voltage</i>	: DC 4V – 38V
<i>Output Voltage</i>	: DC 1.25V – 32V (<i>Adjustable</i>)
<i>Output Current</i>	: 0 – 5A
<i>Output Power</i>	: Maksimum 75W

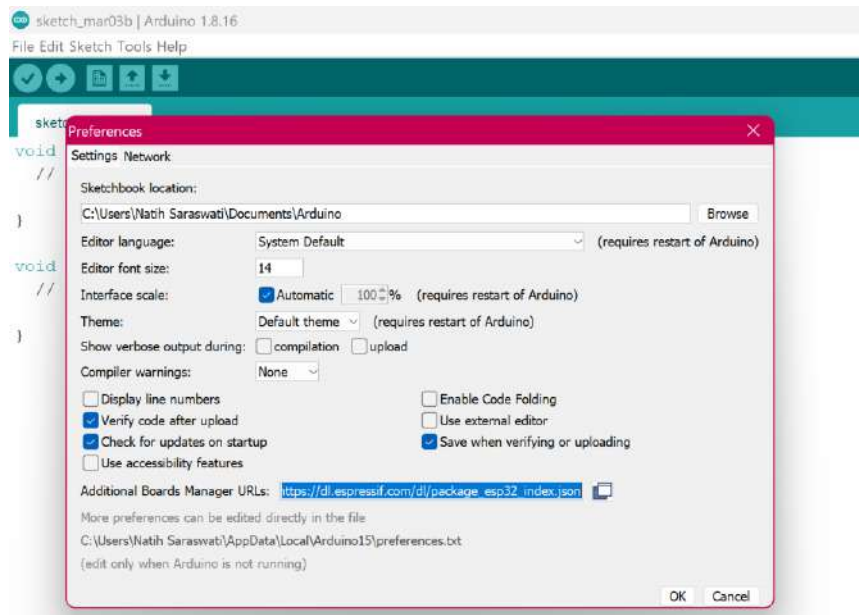
i. Konfigurasi *Software*/Perangkat Lunak

Pengembangan perangkat lunak pada prototipe *auto blowing system* dilakukan menggunakan aplikasi Arduino IDE sebagai media pemrograman mikrokontroler ESP32. Arduino IDE dipilih karena memiliki tampilan yang sederhana, mudah digunakan, serta kompatibel dengan berbagai *board development* termasuk ESP32. Langkah awal yang dilakukan adalah mengunduh dan menginstal aplikasi Arduino IDE dari situs resmi Arduino.



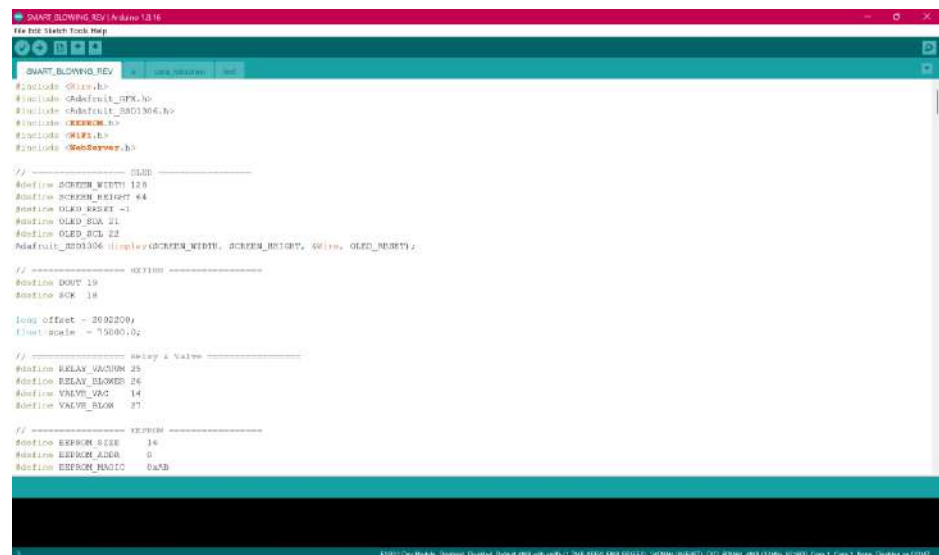
Gambar 2.17 Unduh Aplikasi Arduino IDE Melalui Web
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Setelah proses instalasi selesai, dilakukan penambahan *board* ESP32 melalui menu *Preferences* dengan memasukkan URL tambahan pada bagian *Additional Board Manager URLs*. Selanjutnya, melalui menu *Board Manager*, dipilih dan diinstal paket *board* ESP32 agar sistem dapat mengenali mikrokontroler yang digunakan. Adapun tampilan proses penambahan dan instalasi board ESP32 pada Arduino IDE dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.18 Penambahan Board ESP32
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Setelah konfigurasi *board* selesai, ESP32 dihubungkan ke komputer menggunakan kabel USB *Type-C*, kemudian pada menu *Tools* dipilih jenis *board* ESP32 yang sesuai serta *port* komunikasi (COM) yang terdeteksi. Tahap berikutnya adalah memasukkan kode program ke dalam Arduino IDE pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.19 Input Kode Program
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Selanjutnya, penulis menambahkan *library* pendukung yang digunakan dalam sistem, yaitu *Adafruit_GFX* dan *Adafruit_SSD1306* melalui

menu *Sketch* → *Include Library* → *Manage Libraries*. *Library* tersebut berfungsi untuk mendukung komunikasi data antara ESP32 dan OLED *display* berbasis I2C sehingga nilai tekanan dan status sistem dapat ditampilkan secara visual. Setelah pengaturan *board*, *port*, dan *library* disesuaikan, proses pemrograman prototipe *auto blowing system* dapat dilakukan. Program yang dirancang bertujuan untuk membaca nilai tekanan dari *sensor pressure* melalui pin input ESP32, memproses data tersebut berdasarkan batas tekanan yang telah ditentukan, serta mengaktifkan *mini pump* dan *solenoid valve* melalui *modul relay* apabila terdeteksi perubahan tekanan sebagai indikasi gangguan aliran. Hasil pembacaan tekanan dan status sistem ditampilkan pada OLED sebagai informasi visual bagi pengguna selama proses pengujian berlangsung.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu disajikan untuk memberikan gambaran mengenai hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dikembangkan. Kajian terhadap penelitian terdahulu bertujuan untuk mengidentifikasi pendekatan, metode, serta temuan yang relevan sebagai dasar pengembangan penelitian ini. Dengan menelaah penelitian-penelitian sebelumnya, diharapkan dapat diperoleh pemahaman mengenai posisi penelitian yang dilakukan serta perbedaan dan kebaruan yang ditawarkan dalam pengembangan *auto blowing system* pada *gas sampling line*.

Tabel 2.1
Penelitian terdahulu.

No	Judul Penelitian	Penulis dan Tahun	Hasil Penelitian
1.	<i>Ensuring LNG Liquefaction Facility's System Cleanliness: Pipe Air Blowing as a Build-It-Clean Attribute</i>	Nirmal Surendran Menon (2019)	Penelitian ini menunjukkan bahwa metode pembersihan pipa menggunakan udara tekan (<i>air blowing</i>) efektif menjaga kebersihan pipa pada fasilitas LNG dalam tahap pre-commissioning,

			dengan tujuan memastikan tidak ada kontaminan yang tersisa di dalam jalur pipa sebelum pengoperasian sistem gas dimulai.
2.	Sistem monitoring pengujian tekanan pada pipa air PVC berbasis Arduino dan IoT	Zaldi, Subiyanto & Nugraha (2022)	Menggunakan sensor tekanan untuk mendeteksi penurunan tekanan pada sistem perpipaan air PVC sebagai indikator adanya gangguan aliran fluida. Namun, sistem yang dikembangkan masih terbatas pada fungsi monitoring tanpa memberikan respons otomatis ketika perubahan tekanan terdeteksi.
3.	<i>A hidden gas sampling line fault</i>	Ramakumar, Biswas, Gupta, Tyagi & Ittoop (2021)	Menunjukkan bahwa kerusakan dan hambatan pada jalur gas sampling line menyebabkan ketidakakuratan pembacaan sistem analisis gas. Penelitian ini membuktikan bahwa gangguan hambatan aliran pada jalur sampling dapat mengakibatkan kegagalan pembacaan. Namun, penanganan yang dilakukan masih bersifat manual, yaitu mengganti jalur sampling setelah gangguan terdeteksi, tanpa mekanisme pencegahan atau pembersihan otomatis

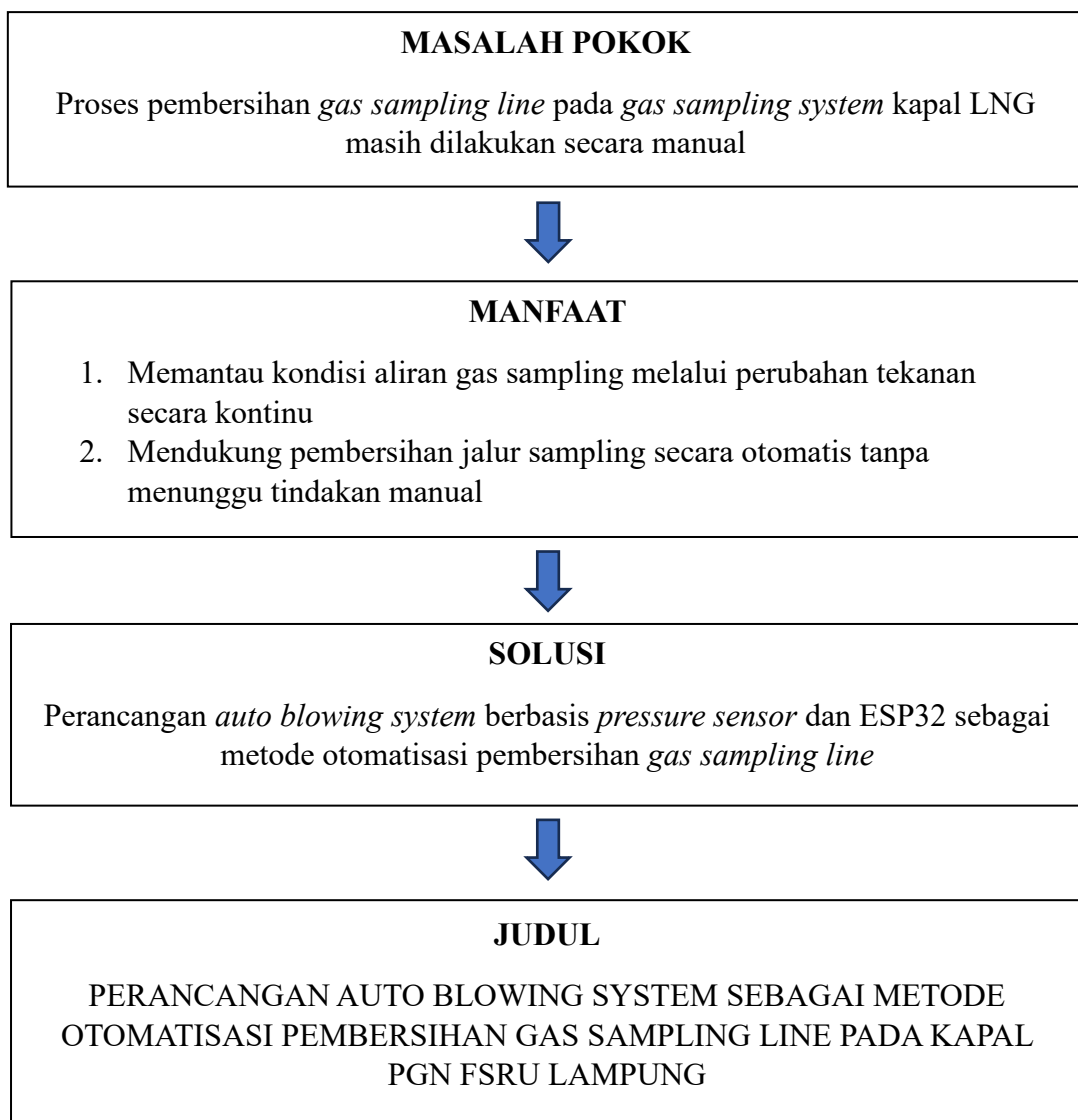
Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pembersihan

pipa, pemantauan kondisi aliran, serta penerapan sensor dan sistem otomatisasi. Namun, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengembangkan sistem *auto blowing* berbasis *pressure sensor* dan mikrokontroler ESP32 pada *gas sampling line* kapal LNG sebagai metode pemeliharaan.

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Dalam skripsi ini, penulis bertujuan menjelaskan perancangan *auto blowing system* untuk mengatasi penyumbatan *gas sampling line* pada PGN FSRU Lampung sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem keselamatan kapal. Selain itu, penulis berupaya menemukan solusi otomatis yang efektif untuk menggantikan *manual blowing* yang masih dilakukan. Untuk memudahkan pembahasan skripsi ini, penulis menyusun kerangka pemikiran seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2
Kerangka Pemikiran



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe *auto blowing system* berbasis *pressure sensor* dan mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan direalisasikan sebagai model percontohan (*proof of concept*). Berdasarkan hasil uji coba produk, sistem mampu membedakan kondisi normal dan kondisi gangguan berdasarkan nilai tekanan yang terbaca oleh *pressure sensor*. Ketika tekanan berada di atas nilai *threshold* sebesar 5 kPa, sistem hanya melakukan monitoring (vacuum) dan menampilkan nilai tekanan pada OLED display. Namun ketika tekanan mencapai atau berada di bawah nilai *threshold*, ESP32 secara otomatis mengaktifkan relay sehingga *solenoid valve* dan *mini pump* menjalankan proses *auto blowing* sesuai logika kontrol yang telah dirancang.

Hasil uji fungsional juga menunjukkan bahwa seluruh komponen utama pada prototipe, yaitu *pressure sensor*, OLED display, ESP32, *relay*, *solenoid valve*, dan *mini pump*, dapat bekerja sesuai dengan fungsi masing-masing. Selain itu, hasil validasi oleh dua validator memperoleh nilai rata-rata sebesar 88% dengan kategori “Sangat Sesuai”, sedangkan hasil penilaian responden pelaut dan praktisi kapal berada pada rentang 84% hingga 96% dengan kategori yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan telah memenuhi aspek desain, fungsi, efektivitas, konsistensi, dan keamanan. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menghasilkan prototipe yang mampu mengintegrasikan sistem monitoring tekanan dengan mekanisme *auto blowing* otomatis sebagai metode otomatisasi pembersihan *gas sampling line* dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut menuju penerapan pada sistem gas sampling di kapal.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyadari bahwa prototipe *auto blowing system* yang dirancang masih memiliki keterbatasan sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut pada penelitian berikutnya, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan prototipe *auto blowing system* perlu dilakukan dengan menggunakan komponen yang memiliki spesifikasi industri agar lebih mendekati kondisi operasional nyata pada kapal.
2. Perlu dilakukan peningkatan pada aspek keamanan sistem agar prototipe dapat dikembangkan menuju implementasi yang lebih aman dan andal dalam penggunaan di lapangan.
3. Pengembangan sistem monitoring *real-time* perlu dilakukan dengan memanfaatkan fitur komunikasi seperti *bluetooth* atau *WiFi* pada mikrokontroler, sehingga sistem dapat dipantau dan dikontrol melalui perangkat *smartphone* serta mampu menampilkan data secara langsung.

Dengan demikian, seluruh saran yang telah dipaparkan di atas diharapkan dapat menjadi acuan dan landasan bagi pengembangan lebih lanjut prototipe *auto blowing system*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping (ABS). (2020). Guide for Building and Classing Liquefied Gas Carriers. American Bureau of Shipping.
- Baker, R. C. (2016). Flow Measurement Handbook: Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Bogue, R. (2016). Smart sensors: Applications in industry and the Internet of Things. *Sensor Review*, 36(2), 116–120. <https://doi.org/10.1108/SR-12-2015-0235>
- Bolton, W. (2020). Instrumentation and Control Systems (3rd ed.). Elsevier.
- Branch, R. M. (2009). Instructional Design: The ADDIE Approach. Springer.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). Research Methods in Education (7th ed.). Routledge.
- Creswell, J. W. (2018). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (5th ed.). SAGE Publications.
- Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2019). Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications (4th ed.). Prentice Hall.
- International Maritime Organization. (2016). International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-Flashpoint Fuels (IGF Code). IMO Publishing.
- Kolban, N. (2019). Kolban's Book on ESP32. Neil Kolban. <https://leanpub.com/kolban-ESP32>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lee, S., & Kim, J. (2020). Pressure-based detection of flow disturbances in gas sampling systems. *Journal of Industrial Instrumentation and Control*, 12(3), 45–58.
- Liu, Y., Zhang, H., Wang, X., & Chen, R. (2025). Study on the Application of Automatic Cleaning Technology of the Inner Wall of Pipeline. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 16(1), 04024051. <https://doi.org/10.1061/JPSEA2.PSENG-1710>
- Menon, E. S. (2019). Pipe Air Blowing as a Build-It-Clean Attribute. In *Pipeline Planning and Construction Field Manual* (2nd ed., pp. 321–338). Elsevier.
- Mobley, R. K. (2019). An Introduction to Predictive Maintenance (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (2018). Perry's Chemical Engineers' Handbook (9th ed.). McGraw-Hill Education.

- Rahman, A., Hidayat, T., & Prakoso, B. (2021). Application of Pressure Sensors for Pipeline Monitoring Systems. *Journal of Instrumentation and Automation Systems*, 8(2), 77–85.
- Rahman, A., Hidayat, T., & Prakoso, B. (2022). Pressure-based flow monitoring in small diameter piping systems. *Indonesian Journal of Instrumentation and Control Engineering*, 5(1), 12–21.
- Ramakumar, N., Biswas, S., Gupta, P., Tyagi, N., & Ittoop, A. L. (2021). A hidden gas sampling line fault. *Anaesthesia Reports*, 9(1), 67–68. <https://doi.org/10.1002/anr3.12105>
- Saddik, A., Khairoun, M., & Tari, A. (2021). ESP32-based IoT system for industrial monitoring and control. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(6), 234–241.
- Salwico. (2020). Manual Book Gas Sampling System SW2020 Lite. Consilium Marine & Safety AB.
- Siregar, R. (2020). Penerapan Metode Blowing pada Sistem Perpipaan Berdiameter Kecil untuk Pemulihan Aliran. *Jurnal Teknik Mesin dan Industri*, 7(2), 88–97.
- Smith, R. L., & Zappe, R. W. (2017). *Valve Selection Handbook: Engineering Fundamentals for Selecting the Right Valve Design for Every Industrial Flow Application* (5th ed.). Elsevier.
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development / R&D)* (4th ed.). Alfabeta.
- Wibowo, A., Nugroho, S., & Santoso, T. (2021). Implementasi Mikrokontroler ESP32 pada Sistem Monitoring dan Kontrol Berbasis Sensor. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 4(1), 55–64.
- Wibowo, A., Putra, D., & Saputra, H. (2022). Penerapan Sistem Pembersihan Pipa Berbasis Pneumatik pada Industri Proses. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 6(2), 101–110.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. FOTO KAPAL



LAMPIRAN 2. SHIP PARTICULAR

SHIP'S PARTICULARS

OWNER	Hoegh LNG AS	
SHIP'S NAME	PGN FSRU LAMPUNG	
IMO NUMBER	9629524	
CALL SIGN	JZRX	
NATIONALITY	INDONESIA	
PORT OF REGISTRY	JAKARTA	
SHIP BUILDER	HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.	
LAUNCHED DATE	JULY 05, 2013	
LENGTH O. A.	302.66 m	
LENGTH B. P.	282.00 m	
BREADTH (moulded)	46.00 m	
DEPTH (moulded)	26.00 m	
SUMMER DRAFT (extr.)	12.621 m	
DEADWEIGHT (summer)	94399 mt	

TONNAGE

	GROSS	NET
INTERNATIONAL 1969	109671	36732
SUEZ CANAL	111099.89	96351.11

LAMPIRAN 3. CREW LIST

CREW LIST

Arrival			Departure		Page 1 of	
1. Name of Ship			2. Port of arrival		3. Date of arrival	
PGN FSRU Lampung			Panjang, Indonesia			
4. Nationality of Ship			5. Last Port of Call		6. Name and No. of	
INDONESIA			Ulsan, South Korea		Identity Document	
7. No.	8. Family name, given names	9. Rank or rating	10. Nationality	11. Date and place of birth	Passport No.	Expire Date
MARITIME POSITIONS						
1	Kurniawan, Rival	Master	Indonesian	04/08/1988, Lubuk Basung	C8425351	14/12/2026
2	Nugroho, Juniarto	Chief Officer	Indonesian	08/06/1983, Banyumas	X1914681	4/1/2033
3	Manullang, Apul Junaben	Chief Officer	Indonesian	11/05/1988, Gunung Sitoli	C8544321	30/03/2027
4	Chrisna, Mahzulliza	2nd Officer	Indonesian	08/05/1995, Jakarta	X1004590	16/03/2025
5	Habib, Faisal Rizki	2nd Officer	Indonesian	14/03/1991, Labuhan Ruku	X3825859	29/08/2034
6	Hendrawan, Krisna	3rd Officer	Indonesian	15/10/1998, Palembang	X2134047	15/06/2033
7	Ryandana, Jhonny	Bosun	Indonesian	12/06/1962, Jakarta	E3585624	30/05/2033
8	Sitepu, Chandra	AB	Indonesian	31/03/1974, Medan	X1085318	06/11/2025
9	Relyandi	AB	Indonesian	20/11/1972, Kota Agung	E1160842	27/10/2032
10	Radjah, Marthin Luter Lodowyk	AB	Indonesian	06/05/1973, Jakarta	E5123033	03/10/2033
11	Hamma, Susanto	AB	Indonesian	06/05/1969, Cilallang	E7168472	18/03/2034
12	Hasan, Harry Soesanto	OS	Indonesian	09/05/1985, Jakarta	E2597688	30/01/2033
13	Hermanto	OS	Indonesian	16/02/1983, Bangkalan	C9297975	08/06/2027
14	Rochman, M. Taufiqur	OS	Indonesian	04/09/1991, Surabaya	C6084190	30/06/2025
15	Amin, Yusran	Chief Engineer	Indonesian	20/11/1979, Jakarta	C7793035	10/03/2026
16	Rauf, Abdul	2nd Engineer	Indonesian	14/03/1985, Jakarta	C8427526	26/01/2027
17	Allagan, Yosua Edgar Saragi	CSE	Indonesian	03/04/1989, Surabaya	X2783542	07/02/2034
18	Mandani, Mohamad Iqbal	CSE	Indonesian	23/03/1991, Jakarta	X1039822	26/10/2025
19	Atmanegara, Bimakarta	3rd Engineer	Indonesian	16/11/1992, Jakarta	E6623139	13/03/2034
20	Karellian, Taruna	3rd Engineer	Indonesian	13/12/1992, Tangerang	C7575146	12/01/2026
21	Zulkarnain, Muhammad	3rd Engineer	Indonesian	13/10/1991, Bandung	C8425343	14/12/2026
22	Nurwidigdo, Arinda	ETO	Indonesian	14/09/1980, Surakarta	E0791089	17/11/2032
23	Mukminun, Mohammad Yusuf	Electrician	Indonesian	29/03/1999, Batam	X2575743	03/11/2033
24	Sulardi	Fitter	Indonesian	14/10/1975, Wonogiri	C7797115	03/02/2026
25	Oetama, Eka Sapta Indra	Fitter	Indonesian	22/05/1965, Bondowoso	C7050831	26/08/2025
26	Arifin, Arianto	Oiler	Indonesian	23/05/1974, Soppeng	C7028567	26/06/2025
27	Lewaney, Zadrak	Oiler	Indonesian	01/01/1966, Ambon	E0788455	17/10/2032
28	Siswoyo, Ery	Chief Cook	Indonesian	27/12/1976, Pasuruan	E6774875	01/02/2034
29	Ajis, Abdul	Chief Cook	Indonesian	19/08/1977, Pemalang	X1125276	23/09/2025
30	Padly, Achmad	Catering Assistant	Indonesian	08/04/1977, Jakarta	C6371971	13/01/2025
31	Pratama, Azydien Sony	Catering Assistant	Indonesian	20/11/1982, Jakarta	C6606132	20/02/2025
32	Martinovic, Kristian	Master Advisor	Croatian	15/03/1979, Rijeka	158916573	18/07/2028
33	Sagrestano, Mauro	Chief Engineer Advisor	Croatian	12/11/1969, Dubrovnik	050619338	07/12/2030
34	Hafidz, Muhamad	Deck Cadet	Indonesian	04/01/2004, Jakarta	E5597002	24/02/2034
35	Saraswati, Dewa Ayu Natih	Engine Cadet	Indonesian	14/10/2001, Denpasar	E5596832	23/02/2034
36	Sagib, Muhammad	Sup. Num / PLI MTS	Indonesian	23/02/1974, Batang	E3511912	15/06/2033
37						
38						
39						
40						

Capt. Rival Kurniawan
Master

10-Sep-24

LAMPIRAN 4. LOKASI *SAMPLING POINT*

No.	Location Name	Tube Length (m)	Sample time (s)	Warning	Alarm	Remark
1	No.1 INTERBAR. SPACE FOR GAS DOME	214	95	15% VOL	30% VOL	
2	No.2 INTERBAR. SPACE FOR GAS DOME	160	15	15% VOL	30% VOL	
3	No.3 INTERBAR. SPACE FOR GAS DOME	110	40	15% VOL	30% VOL	
4	No.4 INTERBAR. SPACE FOR GAS DOME	60	15	15% VOL	30% VOL	
5	No.1 INSULATION SPACE FOR GAS DOME	217	93	15% LEL	30% LEL	
6	No.2 INSULATION SPACE FOR GAS DOME	163	15	15% LEL	30% LEL	
7	No.3 INSULATION SPACE FOR GAS DOME	113	40	15% LEL	30% LEL	
8	No.4 INSULATION SPACE FOR GAS DOME	63	15	15% LEL	30% LEL	
9	No.1 INTERBAR. SPACE FOR LIQ. DOME	311	151	15% VOL	30% VOL	
10	No.2 INTERBAR. SPACE FOR LIQ. DOME	171	15	15% VOL	30% VOL	
11	No.3 INTERBAR. SPACE FOR LIQ. DOME	121	44	15% VOL	30% VOL	
12	No.4 INTERBAR. SPACE FOR LIQ. DOME	71	15	15% VOL	30% VOL	
13	No.1 VENT MAST	218	94	15% LEL	30% LEL	
14	No.2 VENT MAST	164	15	15% LEL	30% LEL	
15	No.3 VENT MAST	113	40	15% LEL	30% LEL	
16	No.4 VENT MAST	84	15	15% LEL	30% LEL	
17	PASSAGE WAY PORT FWD	273	129	15% LEL	30% LEL	
18	PASSAGE WAY PORT MID	167	15	15% LEL	30% LEL	
19	PASSAGE WAY PORT AFT	32	15	15% LEL	30% LEL	
20	PASSAGE WAY STBD FWD	212	91	15% LEL	30% LEL	
21	PASSAGE WAY STBD MID	126	15	15% LEL	30% LEL	
22	PASSAGE WAY STBD AFT	28	15	15% LEL	30% LEL	
23	CARGO COMPRESSOR RM No.1	70	22	15% LEL	30% LEL	
24	CARGO COMPRESSOR RM No.2	75	18	15% LEL	30% LEL	
25	GAS VENT DRAIN TANK	70	20	15% LEL	30% LEL	DRAIN SEPERATOR FILTER
26	PIPE DUCT FWD	231	95	15% LEL	30% LEL	
27	PIPE DUCT AFT	8	15	15% LEL	30% LEL	
28	F.W EXPANSION TANK IN ENGINE ROOM	60	23	15% LEL	30% LEL	
29	SEAWATER DISCHARGE FROM THE REGASIFICATION PLANT	79	19	15% LEL	30% LEL	DRAIN SEPERATOR FILTER
30	AFTER COOLER OUTLET LINE	75	21	15% LEL	30% LEL	
31	INSIDE GAS SAMPLING CABINET		15	15% LEL	30% LEL	IF THE SYSTEM DETECTS MORE THAN 30% LEL INSIDE CABINET THE SYSTEM AUTOMATICALLY SHUTS DOWN

LAMPIRAN 5. GAMBAR PEMROGRAMAN



```
SMART_BLOWING_REV | Arduino 1.8.18
File Edit Sketch Tools Help

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <EEPROM.h>
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>

// ----- OLED -----
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
#define OLED_SDA 21
#define OLED_SCL 22
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

// ----- I2C -----
#define I2C_ADDR 0x3C
#define I2C_FREQ 100000
#define I2C_TIMEOUT 1000

// ----- Relay & Valve -----
#define RELAY_VACUUM 25
#define RELAY_BLOWER 26
#define VALVE_VAC 14
#define VALVE_BLOW 27

// ----- EEPROM -----
#define EEPROM_SIZE 16
#define EEPROM_ADDR 0
#define EEPROM_MAGIC 0xAB
```

LAMPIRAN 6. PEMOGRAMAN

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <EEPROM.h>
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>
// ===== OLED =====
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
#define OLED_SDA 21
#define OLED_SCL 22
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);
// ===== HX710B =====
#define DOUT 19
#define SCK 18
long offset = 2002200;
float scale = 75000.0;
// ===== Relay & Valve =====
#define RELAY_VACUUM 25
#define RELAY_BLOWER 26
#define VALVE_VAC 14
#define VALVE_BLOW 27
// ===== EEPROM =====
#define EEPROM_SIZE 16
#define EEPROM_ADDR 0
#define EEPROM_MAGIC 0xAB
// ===== WiFi AP =====
const char* AP_SSID = "AutoBlowSystem";
const char* AP_PASS = "12345678";
WebServer server(80);
// ===== Settings =====
float threshold = -50.0;
unsigned long blowDuration = 2000;
// ===== State =====
enum Mode { VACUUM, BLOWING };
Mode currentMode = VACUUM;
unsigned long blowStartTime = 0;
// =====
// EEPROM
// =====
void saveSettings() {
  uint8_t magic = EEPROM_MAGIC;
  EEPROM.put(EEPROM_ADDR, magic);
  EEPROM.put(EEPROM_ADDR + 1, threshold);
  EEPROM.put(EEPROM_ADDR + 5, blowDuration);
  EEPROM.commit();
}
```

```

    Serial.printf("Settings disimpan | Thr: %.2f kPa | Delay: %lu ms\n", threshold,
blowDuration);
}
void loadSettings() {
    uint8_t magic;
    EEPROM.get(EEPROM_ADDR, magic);
    if (magic == EEPROM_MAGIC) {
        EEPROM.get(EEPROM_ADDR + 1, threshold);
        EEPROM.get(EEPROM_ADDR + 5, blowDuration);
        Serial.printf("Settings dimuat | Thr: %.2f kPa | Delay: %lu ms\n", threshold,
blowDuration);
    } else {
        threshold = -50.0;
        blowDuration = 2000;
        Serial.println("EEPROM kosong, pakai default.");
    }
}
// =====
// WEB SERVER - HTML
// =====
String buildHTML() {
    String html = R"rawliteral(
<!DOCTYPE html>
<html lang="id">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <title>Auto Blow System</title>
    <style>
        * { box-sizing: border-box; margin: 0; padding: 0; }
        body {
            font-family: 'Segoe UI', sans-serif;
            background: #0f172a;
            color: #e2e8f0;
            min-height: 100vh;
            display: flex;
            align-items: center;
            justify-content: center;
            padding: 20px;
        }
        .card {
            background: #1e293b;
            border-radius: 16px;
            padding: 32px;
            width: 100%;
            max-width: 460px;
            box-shadow: 0 8px 32px rgba(0,0,0,0.4);
        }
        h1 {
            font-size: 1.4rem;

```

```

    font-weight: 700;
    color: #38bdf8;
    margin-bottom: 6px;
  }
  .subtitle {
    font-size: 0.85rem;
    color: #64748b;
    margin-bottom: 28px;
  }
  .status-grid {
    display: grid;
    grid-template-columns: 1fr 1fr;
    gap: 12px;
    margin-bottom: 28px;
  }
  .status-box {
    background: #0f172a;
    border-radius: 10px;
    padding: 16px;
  }
  .status-label {
    font-size: 0.7rem;
    color: #64748b;
    text-transform: uppercase;
    letter-spacing: 1px;
    margin-bottom: 6px;
  }
  .status-val {
    font-size: 1.6rem;
    font-weight: 700;
    color: #f59e0b;
    line-height: 1;
  }
  .status-val span {
    font-size: 0.85rem;
    color: #94a3b8;
  }
  .section-title {
    font-size: 0.8rem;
    text-transform: uppercase;
    letter-spacing: 1px;
    color: #475569;
    margin-bottom: 16px;
    padding-bottom: 8px;
    border-bottom: 1px solid #1e293b;
  }
  .form-group {
    margin-bottom: 16px;
  }
  label {

```

```

display: block;
font-size: 0.85rem;
color: #94a3b8;
margin-bottom: 8px;
}
input[type="number"] {
width: 100%;
padding: 12px 16px;
background: #0f172a;
border: 1px solid #334155;
border-radius: 8px;
color: #e2e8f0;
font-size: 1.05rem;
outline: none;
transition: border 0.2s;
}
input[type="number"]:focus { border-color: #38bdf8; }
.btn-row {
display: grid;
grid-template-columns: 1fr 1fr;
gap: 10px;
margin-top: 20px;
}
button {
padding: 13px;
font-size: 0.9rem;
font-weight: 700;
border: none;
border-radius: 8px;
cursor: pointer;
transition: background 0.2s;
}
.btn-primary { background: #38bdf8; color: #0f172a; }
.btn-primary:hover { background: #7dd3fc; }
.btn-secondary { background: #f59e0b; color: #0f172a; }
.btn-secondary:hover { background: #fbbf24; }
.btn-full { grid-column: 1 / -1; }
.alert {
display: none;
margin-top: 16px;
padding: 12px;
border-radius: 8px;
font-size: 0.9rem;
text-align: center;
}
.alert.success { background: #14532d; color: #86efac; display: block; }
.alert.error { background: #f1d1d1; color: #fca5a5; display: block; }
.divider { height: 1px; background: #334155; margin: 24px 0; }
.info { margin-top: 20px; font-size: 0.78rem; color: #475569; text-align: center; }
</style>

```

```

</head>
<body>
  <div class="card">
    <h1>#9889; Auto Blow System</h1>
    <p class="subtitle">Konfigurasi Sistem Otomatis</p>

    <div class="status-grid">
      <div class="status-box">
        <div class="status-label">Threshold Aktif</div>
        <div class="status-val" id="curThreshold">rawliteral";
html += String(threshold, 2);
html += R"rawliteral( <span>kPa</span></div>
      </div>
      <div class="status-box">
        <div class="status-label">Delay Blowing</div>
        <div class="status-val" id="curDelay">rawliteral";
html += String(blowDuration);
html += R"rawliteral( <span>ms</span></div>
      </div>
    </div>
    <p class="section-title">#9881; Pengaturan</p>
    <div class="form-group">
      <label for="thr">Threshold Tekanan (kPa)</label>
      <input type="number" id="thr" step="0.1" placeholder="contoh: -50.0">
    </div>
    <div class="form-group">
      <label for="dly">Delay Blowing (ms)</label>
      <input type="number" id="dly" step="100" min="100" placeholder="contoh:
2000">
    </div>
    <div class="btn-row">
      <button class="btn-primary" onclick="simpanThreshold()">#128190; Simpan
Threshold</button>
      <button class="btn-secondary" onclick="simpanDelay()">#9201; Simpan
Delay</button>
      <button class="btn-full btn-primary" onclick="simpanSemua()">#128190;
Simpan Semua</button>
    </div>
    <div class="alert" id="alertBox"></div>
    <p class="info">ESP32 Access Point &bull; )rawliteral";
html += String(AP_SSID);
html += R"rawliteral(</p>
  </div>
  <script>
    function showAlert(msg, ok) {
      const a = document.getElementById('alertBox');
      a.textContent = msg;
      a.className = 'alert ' + (ok ? 'success' : 'error');
    }
    function simpanThreshold() {

```

```

const val = document.getElementById('thr').value;
if (val === "") { showAlert('Masukkan nilai threshold!', false); return; }
fetch('/set?threshold=' + val)
  .then(r => r.text())
  .then(msg => {
    document.getElementById('curThreshold').innerHTML =
parseFloat(val).toFixed(2) + ' <span>kPa</span>';
    showAlert(msg, true);
  }).catch(() => showAlert('Gagal menghubungi ESP32!', false));
}
function simpanDelay() {
const val = document.getElementById('dly').value;
if (val === "") { showAlert('Masukkan nilai delay!', false); return; }
fetch('/set?blowDelay=' + val)
  .then(r => r.text())
  .then(msg => {
    document.getElementById('curDelay').innerHTML = parseInt(val) + '
<span>ms</span>';
    showAlert(msg, true);
  }).catch(() => showAlert('Gagal menghubungi ESP32!', false));
}
function simpanSemua() {
const thr = document.getElementById('thr').value;
const dly = document.getElementById('dly').value;
if (thr === "" && dly === "") { showAlert('Isi minimal satu nilai!', false); return; }
const params = new URLSearchParams();
if (thr !== "") params.append('threshold', thr);
if (dly !== "") params.append('blowDelay', dly);
fetch('/set?' + params.toString())
  .then(r => r.text())
  .then(msg => {
    if (thr !== "") document.getElementById('curThreshold').innerHTML =
parseFloat(thr).toFixed(2) + ' <span>kPa</span>';
    if (dly !== "") document.getElementById('curDelay').innerHTML = parseInt(dly)
+ ' <span>ms</span>';
    showAlert(msg, true);
  }).catch(() => showAlert('Gagal menghubungi ESP32!', false));
}
</script>
</body>
</html>
)rawliteral";
return html;
}
void handleRoot() {
server.send(200, "text/html", buildHTML());
}
void handleSet() {
bool changed = false;
String msg = "Tersimpan: ";

```

```

if (server.hasArg("threshold")) {
    threshold = server.arg("threshold").toFloat();
    msg += "Threshold=" + String(threshold, 2) + " kPa ";
    changed = true;
}
if (server.hasArg("blowDelay")) {
    blowDuration = (unsigned long)server.arg("blowDelay").toInt();
    msg += "Delay=" + String(blowDuration) + " ms";
    changed = true;
}
if (changed) {
    saveSettings();
    server.send(200, "text/plain", msg);
    Serial.println(msg);
} else {
    server.send(400, "text/plain", "Tidak ada parameter yang valid!");
}
}
// =====
// OLED
// =====
void updateOLED(float kpa, String mode) {
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(20, 0);
    display.println("AUTO BLOW SYSTEM");
    display.drawLine(0, 10, 127, 10, SSD1306_WHITE);
    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(0, 15);
    display.print(kpa, 2);
    display.println(" kPa");
    display.setTextSize(1);
    display.setCursor(0, 38);
    display.print("Thr:");
    display.print(threshold, 1);
    display.print(" Dly:");
    display.print(blowDuration);
    display.drawLine(0, 48, 127, 48, SSD1306_WHITE);
    display.setCursor(0, 52);
    display.print("Mode: ");
    display.println(mode);
    display.display();
}
// =====
// HX710B
// =====
long readHX710B() {
    long count = 0;
    unsigned long timeout = millis();

```

```

while (digitalRead(DOUT)) {
  if (millis() - timeout > 1000) {
    Serial.println("HX710B timeout!");
    return 0;
  }
}
for (int i = 0; i < 24; i++) {
  digitalWrite(SCK, HIGH);
  count <= 1;
  digitalWrite(SCK, LOW);
  if (digitalRead(DOUT)) count++;
}
digitalWrite(SCK, HIGH);
digitalWrite(SCK, LOW);
if (count & 0x800000) count |= 0xFF000000;
return count;
}

// =====
// MODE CONTROL
// =====

void setVacuum() {
  digitalWrite(RELAY_VACUUM, LOW);
  digitalWrite(RELAY_BLOWER, HIGH);
  digitalWrite(VALVE_VAC, LOW);
  digitalWrite(VALVE_BLOW, HIGH);
}

void setBlowing() {
  digitalWrite(RELAY_VACUUM, HIGH);
  digitalWrite(VALVE_VAC, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_BLOWER, LOW);
  digitalWrite(VALVE_BLOW, LOW);
}

// =====
// SETUP
// =====

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(500);
  EEPROM.begin(EEPROM_SIZE);
  loadSettings();
  Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
  delay(100);
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println("OLED tidak ditemukan!");
    while (true);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

```

```

display.setCursor(25, 20);
display.println("Initializing...");
display.display();
delay(1000);
pinMode(DOUT, INPUT);
pinMode(SCK, OUTPUT);
pinMode(RELAY_VACUUM, OUTPUT);
pinMode(RELAY_BLOWER, OUTPUT);
pinMode(VALVE_VAC, OUTPUT);
pinMode(VALVE_BLOW, OUTPUT);
digitalWrite(RELAY_VACUUM, HIGH);
digitalWrite(RELAY_BLOWER, HIGH);
digitalWrite(VALVE_VAC, HIGH);
digitalWrite(VALVE_BLOW, HIGH);
WiFi.softAP(AP_SSID, AP_PASS);
IPAddress ip = WiFi.softAPIP();
Serial.print("AP IP: "); Serial.println(ip);
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(10, 10); display.println("WiFi: AutoBlowSystem");
display.setCursor(10, 25); display.println("Pass: 12345678");
display.setCursor(10, 40); display.print("IP: "); display.println(ip);
display.display();
delay(3000);
server.on("/", handleRoot);
server.on("/set", handleSet);
server.begin();
Serial.println("Web server aktif");
}
// =====
// LOOP
// =====
void loop() {
  server.handleClient();
  long raw = readHX710B();
  float kpa = (raw - offset) / scale;
  unsigned long now = millis();
  if (currentMode == VACUUM) {
    setVacuum();
    if (kpa < threshold) {
      currentMode = BLOWING;
      blowStartTime = now;
    }
  } else if (currentMode == BLOWING) {
    setBlowing();
    if (now - blowStartTime >= blowDuration) {
      currentMode = VACUUM;
    }
  }
}

```

```
String modeText = (currentMode == VACUUM) ? "VACUUM" : "BLOWING";  
updateOLED(kpa, modeText);  
Serial.printf("Raw: %ld | kPa: %.2f | Thr: %.2f | Delay: %lu ms\n", raw, kpa, threshold,  
blowDuration);  
delay(100);  
}
```

LAMPIRAN 7. HASIL UJI VALIDASI OLEH VALIDATOR PERTAMA

Uji Validasi Prototype Auto Blowing System Pada Gas Sampling Line

Tujuan : Prototipe *auto blowing system* ini berfungsi untuk mendukung proses pembersihan jalur *gas sampling line* secara otomatis berdasarkan perubahan tekanan yang terdeteksi oleh *pressure sensor*. Dalam pengembangannya, disusun suatu skema kerja sistem yang mengintegrasikan sensor tekanan, aktuator, dan pengendali sehingga sistem mampu bekerja secara otomatis dan konsisten dalam kondisi yang telah ditentukan.

Nama :

Keahlian :

No.	Aspek	Indikator Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Desain Alat					✓
2	Fungsi Setiap Alat				✓	
3	Efektivitas Setiap Komponen				✓	
4	Konsistensi Alat				✓	
5	Keamanan Produk				✓	

Komentar dan Saran

KEAMANAN SISTEM DI PERBAIKI

Keterangan:

1 : Tidak Sesuai

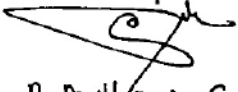
2 : Kurang Sesuai

3 : Cukup Sesuai

4 : Sesuai

5 : Sangat Sesuai

Jakarta, 10 MARE 2026.


(P. Dwikoreza S.)

LAMPIRAN 8. HASIL UJI VALIDASI OLEH VALIDATOR KEDUA

Uji Validasi Prototype Auto Blowing System Pada Gas Sampling Line

Tujuan : Prototipe *auto blowing system* ini berfungsi untuk mendukung proses pembersihan jalur *gas sampling line* secara otomatis berdasarkan perubahan tekanan yang terdeteksi oleh *pressure sensor*. Dalam pengembangannya, disusun suatu skema kerja sistem yang mengintegrasikan sensor tekanan, aktuator, dan pengendali sehingga sistem mampu bekerja secara otomatis dan konsisten dalam kondisi yang telah ditentukan.

Nama :

Keahlian :

No.	Aspek	Indikator Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Desain Alat				✓	
2	Fungsi Setiap Alat					✓
3	Efektivitas Setiap Komponen					✓
4	Konsistensi Alat					✓
5	Keamanan Produk				✓	

Komentar dan Saran

Sistem keamanan casing Sebaiknya ada, karena Sistem menggunakan komponen elektronika.

Keterangan:

1 : Tidak Sesuai

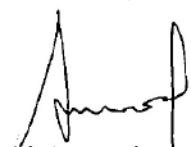
2 : Kurang Sesuai

3 : Cukup Sesuai

4 : Sesuai

5 : Sangat Sesuai

Jakarta, 17 April 2026


(.....Aditya Rinaldi.....)

LAMPIRAN 9. HASIL UJI VALIDASI OLEH PELAUT

NAMA	JABATAN DI ATAS KAPAL	Desain Alat	Fungsi Setiap Komponen	Efektivitas Setiap Komponen	Konsistensi Alat	Keamanan Produk
taruna karellian	gas engineer	5	5	4	5	4
MARISA LIKA RAHAYU	ENGINE CADET	4	5	5	5	4
NI NENGAH AMRITHA NUR MAHARANI	ENGINE CADET	5	5	5	5	4
Moh. Maftukhurizqi	Engine Cadet	4	5	5	5	4
DWI	ENGINE CADET	5	4	5	4	3
ANGELINA LUMBANTORUAN	ENGINE CADET	4	5	5	5	3
BADRUZ ZAMAN	ELECTRICIAN	4	5	5	4	4
BIMAKARTA ATMANEGARA	3E	4	5	5	5	5
F.ANDI JUHARI SEMBIRING	3/e	5	5	5	5	4
Abdul Rauf	2nd Engineer	4	4	4	5	4



Ardita

11

PERANCANGAN AUTO BLOWING SYSTEM SEBAGAI METODE OTOMATISASI PEMBERSIHAN GAS SAMPLING LINE PADA KA...

- 26S-A1-Informatik 317
- 25S-B2-Informatik 2 (Moodle PP)
- FH Kärnten Gemeinnützige Gesellschaft mbH

Dokumentdetails

Einreichungs-Nr.

trn:oid::1:3546554085

57 Seiten

Einreichungsdatum

22. Apr. 2026, 13:22 MESZ

12.024 Wörter

79.431 Zeichen

Datum des Herunterladens

22. Apr. 2026, 13:24 MESZ

Dateiname

DEWA_AYU_NATIH_SARASWATI_BAB_I_-_V_-_06_Dewa_Ayu_Natih_Saraswati.pdf

Dateigröße

1.6 MB

10% Ähnlichkeit insgesamt

Die Gesamtsumme aller Übereinstimmungen, einschließlich sich überschneidender Quell...

Topquellen

- 9%  Internetquellen
- 4%  Publikationen
- 4%  Eingereichte Arbeiten (Studentenarbeiten)



Ardita



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
JAKART A



PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI

Nama : DEWA AYU NATIH SARASWATI
N R P : 565221600
Bidang Keahlian : TEKNIKA
Semester : VII

Mengajukan Judul Skripsi Sebagai Berikut :

A. Judul :

PERANCANGAN AUTO BLOWING SYSTEM SEBAGAI METODE OTOMATISASI
PEMBERSIHAN GAS SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU LAMPUNG

B. Masalah Pokok :

1. Proses pembersihan gas sampling line pada gas sampling system masih dilakukan secara manual
2. Sistem gas sampling belum dilengkapi dengan mekanisme otomatis pembersihan jalur sampling
3. Indikasi gangguan aliran pada gas sampling line masih bergantung pada alarm flow fault tanpa informasi perubahan tekanan secara langsung.
4. Risiko keselamatan pada kru kapal

C. Pendekatan Pemecahan Masalah :

1. Melakukan studi literatur dan kajian dokumen teknis terkait sistem gas sampling, metode pembersihan pipa, serta konsep otomatisasi sistem.
2. Merancang konsep auto blowing system berbasis pressure sensor dan ESP32 sebagai metode otomatisasi pembersihan gas sampling line.
3. Mengembangkan prototipe auto blowing system dalam skala laboratorium.
4. Melakukan pengujian fungsi sistem untuk memastikan kinerja monitoring tekanan dan proses blowing otomatis berjalan sesuai perancangan.

Jakarta, 16 Desember 2025

Menyetujui,
Pembimbing Utama

(Diah Zakiah, S.T., M.T.)
NIP. 19790517 200604 2 015

Pembimbing Pendamping

(Denny Fitriani, S.Si., M.T.)
NIP. 19800727 200912 1 001

Penulis,

(Dewa Ayu Natih Saraswati)
NRP. 565221600

Mengetahui :
KETUA JURUSAN TEKNIKA

(Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M.)
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
JAKARTA



PEMBIMBING I : DIAH ZAKIYAH, S.T., M.T.

JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN AUTO BLOWING SYSTEM SEBAGAI METODE OTOMATISASI
PEMBERSIHAN GAS SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU LAMPUNG

KOLOM BIMBINGAN :

NO	TANGGAL BIMBINGAN	URAIAN BIMBINGAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	20/10 ²⁵	Disersi tema / permasalahan.	
2	16/12 ²⁵	Pengajaran Judul - ACC	
3	20/1/26	Pengajaran Bab 1	
4	6/2 ²⁶	Pengajaran Bab 2 (tambah gambar)	
5	26/2 ²⁶	Revisi topic lanjut bab 3	
6	5/3 ²⁶	Bab 3 lanjut pengajaran atas	
7	17/4 ²⁶	pengajaran Bab 4	
8	23/4 ²⁶	Pengajaran bab 5 pengecekan 1-5	
8	24/4 ²⁶	Pengecekan All Skripsi siap diserahkan.	
9			
10			

Catatan :

1. Kepada Dosen Pembimbing agar melengkapi form, minimal 8 (delapan) kali pertemuan
2. Kepada Penulis agar form dilampirkan pada saat pengumpulan tugas akhir/jilid

FMJR.2.030 R.1



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
JAKARTA



PEMBIMBING II : DENNY FITRIAL, S.SI, M.T.

JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN AUTO BLOWING SYSTEM SEBAGAI METODE OTOMATISASI
PEMBERSIHAN GAS SAMPLING LINE PADA KAPAL PGN FSRU LAMPUNG

KOLOM BIMBINGAN :

NO	TANGGAL BIMBINGAN	URAIAN BIMBINGAN	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	03/02/26	Konsultasi judul (sinopsis)	
2	02/03/26	Konsultasi bab I & II	
3	10/03/26	Konsultasi bab 3 → OK.	
4	1/04/26	Konsultasi Bab 4.	
5	6/04/26	Revisi Bab 4.	
6	13/04/26	Revisi Bab 4	
7	16/04/26	Konsultasi bab 4 → Revisi bagian hasil penelitian buat bab 4 detail	
8	24/04/26	Konsultasi bab 4 & 5	
8		Skripsi dapat diujikan.	
9			
10			

Catatan :

1. Kepada Dosen Pembimbing agar melengkapi form, minimal 8 (delapan) kali pertemuan
2. Kepada Penulis agar form dilampirkan pada saat pengumpulan tugas akhir/jilid