

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* BERBASIS IoT
DALAM RANGKA MITIGASI KERUSAKAN MUATAN
PADA KAPAL MV. PAN FLOWER**

Oleh:
Bayu Fajar Purwanto
NRP. 365221394

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

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

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

**Oleh:
BAYU FAJAR PURWANTO
NRP.365221394**

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

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	: BAYU FAJAR PURWANTO
NRP	: 365221394
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: PERANCANGAN SISTEM <i>MONITORING</i> BERBASIS IoT DALAM RANGKA MITIGASI KERUSAKAN MUATAN PADA KAPAL MV. PAN FLOWER

Jakarta, 26 Mei 2026

Penulis



BAYU FAJAR PURWANTO

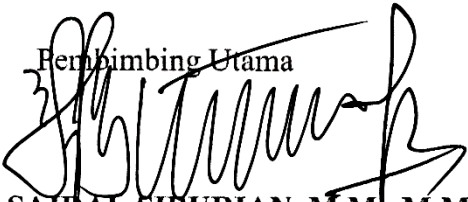
**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN**

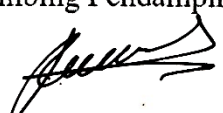
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	: BAYU FAJAR PURWANTO
NRP	: 365221394
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: PERANCANGAN SISTEM <i>MONITORING</i> BERBASIS IoT DALAM RANGKA MITIGASI KERUSAKAN MUATAN PADA KAPAL MV. PAN FLOWER


Pembimbing Utama
Capt. SAIDAL SIBURIAN, M.M., M.Mar
Pembina (IV/a)
NIP. 19630509 199809 1 002

Jakarta, 26 Mei 2026
Pembimbing Pendamping

RONALD SIMANJUNTAK, M.T
Pembina (IV/a)
NIP. 19750616 200604 1 001

Mengetahui;
Ketua Jurusan Nautika


Capt. SUHARTINI, S.SiT., M.M.Tr
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19800307 200502 2 002

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : BAYU FAJAR PURWANTO
NRP : 365221394
Program Pendidikan : Diploma IV
Jurusan : Nautika
Judul : PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* BERBASIS
IoT DALAM RANGKA MITIGASI KERUSAKAN
MUATAN PADA KAPAL MV. PAN FLOWER

Ketua Penguji

Dr. ARIKA PALAPA, M.Si, M.Mar

Pembina (IV/a)

NIP. 19760709 199808 1 001

Anggota Penguji

RINI SETIYAWATI, S.Kom, M.Si

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19760317 200312 2 001

Jakarta, 11 Juni 2026

Anggota Penguji

Capt. SAIDAL SIBURIAN, M.M., M.Mar

Pembina (IV/b)

NIP. 19630509 199809 1 002

Mengetahui;
Ketua Jurusan Nautika

Capt. SUHARTINI, S.SiT., M.M.Tr

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19800307 200502 2 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dengan judul:

“PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* BERBASIS IoT DALAM RANGKA MITIGASI KERUSAKAN MUATAN PADA KAPAL MV. PAN FLOWER”

Skripsi ini disusun dan diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memenuhi kurikulum pada Program Pendidikan Diploma IV Jurusan Nautika di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia. Pada proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak pengalaman, pelajaran, serta dukungan dan motivasi yang sangat berarti dari berbagai pihak. Bantuan tersebut berupa bimbingan, arahan, dan dukungan yang diberikan sejak tahap pelaksanaan hingga penyusunan laporan skripsi ini.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang penulis hormati dan cintai di mana telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar., selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia.
2. Capt. Suhartini.S.SiT.,M.M.Tr., selaku Ketua Jurusan Nautika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia.
3. Capt. Saidal Siburian, M.M., M.Mar. sebagai Dosen Pembimbing Utama
4. Ronald Simanjuntak, M.T sebagai Dosen Pembimbing Pendamping Skripsi
5. Penulis ingin menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada diri sendiri atas keyakinan dan kepercayaan terhadap potensi yang dimiliki. Terima kasih atas segala dedikasi dan kerja keras yang telah dikerahkan, keteguhan untuk terus melangkah tanpa mengenal lelah, serta semangat untuk tidak pernah menyerah hingga selesainya skripsi ini.
6. Kedua Orang Tua terkasih yang selalu memberikan doa dan motivasi, yaitu Bapak Purwono dan Ibu Sri Jariyatun.

7. Apresiasi dan terima kasih kepada Yulia Rahmawati, S.Si., M.Si., atas segala bimbingan, diskusi, dukungan moral, serta ilmu yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
8. Rayhan Wildan Manaf, S.T., Handika Muhammad Bimantoro, S.Ked., dan teman SMA saya yang tidak bisa saya sebutkan semua.
9. Seluruh awak kapal MV. Pan Flower atas ilmu yang telah diberikan selama melaksanakan praktek laut.
10. Seluruh Taruna/i Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia Angkatan 65
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan dunia maritim, khususnya dalam aspek keselamatan kerja dan teknologi IoT.

Jakarta, 26 Mei 2026

Penulis



BAYU FAJAR PURWANTO
NRP. 365221394

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR BAGAN	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. RUMUSAN MASALAH.....	3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN	3
D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
A. KAJIAN TEORI	9
B. PENELITIAN TERDAHULU.....	27
C. KERANGKA PEMIKIRAN.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN	31
B. MODEL PENGEMBANGAN.....	32
C. SUMBER DATA	33
D. PROSEDUR PENELITIAN	35

E. UJI COBA PRODUK	43
F. DESAIN UJI COBA	45
G. SUBJEK UJI COBA	46
H. JENIS DATA	47
I. METODE DAN INSTRUMEN PENGUMPULAN DATA	48
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	52
A. HASIL PENELITIAN	52
B. PENYAJIAN DATA UJI COBA	53
C. HASIL ANALISIS DATA	63
D. HASIL PRODUK	64
E. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	68
F. LUARAN PRODUK	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
A. KESIMPULAN.....	73
B. SARAN.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN-LAMPIRAN	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Raspberry Pi Pico 2 W	18
Gambar 2. 2	<i>Expansion Board</i> Raspberry PI Pico 2W	19
Gambar 2. 3	Sensor Suhu dan Kelembapan SHT30	21
Gambar 3. 1	Diagram Alur Prosedur Penelitian.....	35
Gambar 3. 2	<i>Flowchart Program Sistem Monitoring</i>	38
Gambar 3. 3	<i>Wiring Diagram Sistem Monitoring</i> Suhu Dan Kelembapan.....	39
Gambar 4. 1	Grafik Komparasi Suhu Sensor SHT30 dan Kalibrator pada Skenario Kondisi Normal.....	55
Gambar 4. 2	Grafik Komparasi Kelembapan Sensor SHT30 dan Kalibrator pada Skenario Kondisi Normal.....	55
Gambar 4. 3	Pengujian Simulasi Pemanasan dan Tampilan Aplikasi Blynk.....	57
Gambar 4. 4	<i>Log Serial Monitor</i> Menampilkan Eksekusi Algoritma <i>Store and Forward</i> saat Kegagalan Jaringan.....	58
Gambar 4. 5	Rekam Data yang Dikirimkan ke <i>Google Spreadsheet</i>	59
Gambar 4. 6	<i>Prototype Smart Maritime Cargo Monitoring System</i> (Tampak Luar).....	65
Gambar 4. 7	Rangkaian Komponen Internal Prototipe.....	65
Gambar 4. 8	<i>Prototipe Smart Maritime Cargo Monitoring System</i> dalam Simulasi Instalasi di Ruang Palka	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Spesifikasi Teknis Raspberry Pi Pico 2W	4
Tabel 1. 2 Spesifikasi Teknis Sensor SHT30	5
Tabel 1. 3 Spesifikasi Teknis Modul Micro SD Card Adapter.....	6
Tabel 1. 4 Spesifikasi Teknis LCD 20×4 I ² C	6
Tabel 1. 5 Spesifikasi Teknis <i>Buzzer</i>	7
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	28
Tabel 3. 1 Keterangan Penilaian Validasi.....	50
Tabel 3. 2 Presentase Penilaian Validasi	50
Tabel 4. 1 Perbandingan Pembacaan Sensor SHT30 dan Alat Kalibrator pada Skenario Kondisi Normal.....	54
Tabel 4. 2 Data Pengujian Skenario Simulasi Anomali Termal dan Responsivitas Sistem Peringatan Dini.....	56
Tabel 4. 3 Tabulasi Pengujian Fitur Redundansi Algoritma <i>Store and Forward</i> dan Transmisi Data ke Dua Kanal <i>Cloud</i> (Blynk dan Google Sheets).....	58
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tiga Skenario Prototipe <i>Smart Maritime Cargo Monitoring System</i>	60
Tabel 4. 5 Skala Penilaian Validasi	61
Tabel 4. 6 Hasil Validasi Prototipe oleh Dosen Ahli.....	61
Tabel 4. 7 Hasil Validasi Prototipe oleh Taruna Nautika (Pengguna Akhir)	62
Tabel 4. 8 Spesifikasi Teknis <i>Prototipe Smart Maritime Cargo Monitoring System</i>	66

DAFTAR BAGAN

Gambar 2.4 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	29
---	----

DAFTAR SINGKATAN

No	Singkatan	Keterangan
1	ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
2	AP	<i>Access Point</i>
3	API	<i>Application Programming Interface</i>
4	ARM	<i>Advanced RISC Machine</i>
5	ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
6	CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
7	CO	<i>Carbon Monoxide</i>
8	CPU	<i>Central Processing Unit</i>
9	CS	<i>Chip Select</i>
10	CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
11	DC	<i>Direct Current</i>
12	ERH	<i>Equilibrium Relative Humidity</i>
13	FAT32	<i>File Allocation Table 32-bit</i>
14	GHz	<i>Gigahertz</i>
15	GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
16	HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
17	HTTPS	<i>Hypertext Transfer Protocol Secure</i>
18	I ² C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
19	IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
20	IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
21	IMO	<i>International Maritime Organization</i>
22	IMSBC	<i>International Maritime Solid Bulk Cargoes</i>
23	IoT	<i>Internet of Things</i>
24	IP67	<i>Ingress Protection 67</i>
25	IS	<i>Intrinsically Safe</i>

No	Singkatan	Keterangan
26	JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
27	LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
28	LED	<i>Light Emitting Diode</i>
29	LoRa	<i>Long Range</i>
30	LoRaWAN	<i>Long Range Wide Area Network</i>
31	MHz	<i>Megahertz</i>
32	MISO	<i>Master In Slave Out</i>
33	MOSI	<i>Master Out Slave In</i>
34	MV	<i>Motor Vessel</i>
35	NPN	<i>Negative-Positive-Negative</i>
36	O ₂	<i>Oxygen</i>
37	PCF8574	<i>Port expander with I²C interface</i>
38	PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
39	R&D	<i>Research and Development</i>
40	REST	<i>Representational State Transfer</i>
41	RH	<i>Relative Humidity</i>
42	SCK	<i>Serial Clock</i>
43	SCL	<i>Serial Clock Line</i>
44	SD	<i>Secure Digital</i>
45	SDA	<i>Serial Data Line</i>
46	SDHC	<i>Secure Digital High Capacity</i>
47	SHT30	<i>Sensirion Humidity and Temperature Sensor 30</i>
48	SoC	<i>System on a Chip</i>
49	SOLAS	<i>Safety of Life at Sea</i>
50	SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
51	SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
52	TML	<i>Transportable Moisture Limit</i>
53	UART	<i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i>

No	Singkatan	Keterangan
54	USB	<i>Universal Serial Bus</i>
55	UU	Undang-Undang
56	Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

No	Istilah	Keterangan
1	<i>Auto-Switch</i>	Mekanisme peralihan otomatis antara mode <i>online</i> dan <i>offline</i>
2	<i>Blank Spot</i>	Area tanpa jangkauan sinyal <i>internet</i> atau jaringan seluler
3	<i>Blind Spot</i>	Periode tanpa ketersediaan data pemantauan
4	<i>Bulk carrier</i>	Kapal niaga pengangkut muatan curah padat
5	<i>Cargo sweat</i>	Kondensasi pada permukaan muatan akibat udara hangat dan lembap
6	<i>Dashboard</i>	Antarmuka visual penampil data dalam bentuk grafik dan indikator
7	<i>Data Logger</i>	Sistem pencatatan data secara otomatis dan berkala
8	<i>Dew Point</i>	Suhu saat udara mencapai kejenuhan dan terjadi kondensasi
9	<i>Edge Computing</i>	Pemrosesan data secara lokal pada perangkat di tepi jaringan
10	<i>Enclosed Space Entry</i>	Prosedur memasuki ruang tertutup kapal yang beratmosfer berbahaya
11	<i>Fail-Safe</i>	Mekanisme cadangan agar sistem tetap berfungsi saat terjadi kegagalan
12	<i>Firmware</i>	Program tertanam dalam mikrokontroler yang mengendalikan perangkat keras
13	<i>Hygroscopic</i>	Sifat material yang mudah menyerap uap air dari udara sekitar
14	<i>Liquefaction</i>	Pencairan muatan curah akibat kadar air melampaui batas aman
15	<i>Microclimate</i>	Kondisi iklim lokal berskala kecil di dalam ruang muat
16	<i>Push Notification</i>	Pesan peringatan otomatis yang dikirimkan ke <i>smartphone</i> pengguna
17	<i>Real time</i>	Pemrosesan dan penampilan data secara langsung tanpa jeda waktu
18	<i>Self-Heating</i>	Pemanasan mandiri pada muatan organik akibat reaksi biokimia internal

No	Istilah	Keterangan
19	<i>Ship Sweat</i>	Kondensasi pada struktur baja kapal saat berlayar ke daerah dingin
20	<i>Store and Forward</i>	Penyimpanan data lokal saat <i>offline</i> dan pengiriman saat koneksi pulih
21	<i>Threshold</i>	Nilai ambang batas pemicu aktivasi sistem peringatan
22	<i>Trimming</i>	Perataan permukaan muatan curah untuk mencegah pergeseran muatan

No	Simbol	Keterangan
1	°C	Derajat Celcius, satuan pengukuran suhu
2	%RH	Persen Kelembaban Relatif, satuan pengukuran kadar uap air di udara
3	V	Volt, satuan tegangan listrik
4	mA	Miliampere, satuan arus listrik
5	kHz	Kilohertz, satuan frekuensi
6	MHz	Megahertz, satuan frekuensi
7	GHz	Gigahertz, satuan frekuensi
8	dB	Desibel, satuan tingkat kekerasan suara
9	ms	Milidetik, satuan waktu
10	mm	Milimeter, satuan panjang
11	KB	Kilobyte, satuan kapasitas penyimpanan data
12	MB	Megabyte, satuan kapasitas penyimpanan data
13	GB	Gigabyte, satuan kapasitas penyimpanan data
14	±	Plus-minus, simbol toleransi atau rentang kesalahan pengukuran
15	≥	Lebih besar atau sama dengan
16	≤	Lebih kecil atau sama dengan
17	P	Persentase kelayakan produk berdasarkan formula validasi
18	E	Persentase <i>error</i> sensor terhadap alat kalibrator
19	ΣX	Jumlah total skor yang diperoleh dari responden

No	Simbol	Keterangan
20	ΣX_i	Jumlah total skor maksimal ideal dari seluruh responden
21	NS	Nilai standar alat kalibrator
22	NU	Nilai ukur sensor SHT30 (hasil pembacaan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 MV. PAN FLOWER	78
Lampiran 2 <i>Ship Particular</i>	79
Lampiran 3 <i>Crew List</i>	80
Lampiran 4 Cuaca Buruk Pada Saat Pelayaran.....	81
Lampiran 5 Kecepatan Angin Saat Cuaca Buruk	82
Lampiran 6 Catatan Suhu di dalam Palka	83
Lampiran 7 Kerusakan Pada Muatan	84
Lampiran 8 Kondisi Palka Sebelum Memuat	85
Lampiran 9 <i>Bill Of Lading</i>	86
Lampiran 10 <i>Letter Of Protest</i>	88
Lampiran 11 Pengujian Alat Dengan Dosen Validator 1	89
Lampiran 12 Lembar Penilaian Validasi 1	90
Lampiran 13 Pengujian Alat Dengan Dosen Validator 2	91
Lampiran 14 Lembar Validasi 2	92
Lampiran 15 Hasil Validasi Pengguna.....	93
Lampiran 16 Pengujian Oleh Pengguna.....	94
Lampiran 17 <i>Coding Program</i>	95
Lampiran 18 Formulir Pengajuan Sinopsis.....	104
Lampiran 19 Lembar Bimbingan 1	107
Lampiran 20 Lembar Bimbingan 2	108
Lampiran 21 Hasil Pengecekan Turnitin	109

ABSTRAK

Bayu Fajar Purwanto, 2026. "Perancangan Sistem *Monitoring* Berbasis IoT dalam rangka Mitigasi Kerusakan Muatan pada Kapal MV. Pan Flower." Skripsi, Program Diploma IV Jurusan Nautika, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.

Keselamatan muatan curah merupakan aspek kritis dalam operasional kapal niaga yang diatur secara ketat oleh IMSBC Code dan *Grain Code*. Muatan higroskopis seperti *Sun Flower Meal* dan *Soya Bean Meal* sangat rentan terhadap fenomena *cargo sweat* akibat gradien suhu dan kelembaban yang tidak terkendali di dalam palka. Permasalahan yang dihadapi di MV. Pan Flower adalah pemantauan kondisi ruang muat masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur sederhana dan pencatatan berkala pada *logbook*, sehingga menimbulkan *blind spot* data terutama saat cuaca ekstrem yang menghalangi akses fisik awak kapal ke area geladak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe *Smart Maritime Cargo Monitoring System* berbasis mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W dan sensor SHT30 yang mampu memantau suhu serta kelembaban ruang muat secara otomatis dan *real time*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) model Borg dan Gall. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki rata-rata *error rate* sebesar 1,28% untuk suhu dan 0,3% untuk kelembaban, jauh di bawah ambang toleransi industri 5%. Algoritma *Store and Forward* berhasil menjamin *zero data loss* pada kondisi *Blank Spot* dengan waktu transisi 10.000 ms dan sinkronisasi ulang 7.200 ms. Sistem peringatan dini bertingkat (AMAN, WASPADA, BAHAYA) berfungsi responsif melalui *buzzer* dan notifikasi Blynk. Validasi kelayakan produk memperoleh skor 98% dari dosen ahli dan 97% dari taruna Nautika dengan kategori "Sangat Sesuai", sehingga prototipe ini layak diimplementasikan sebagai instrumen mitigasi kerusakan muatan pada kapal *bulk carrier*.

Kata Kunci: *Internet of Things* (IoT), *cargo sweat*, *Store and Forward*, sistem *monitoring* muatan, keselamatan maritim

ABSTRACT

Bayu Fajar Purwanto, 2026. *"Design of an IoT-Based Monitoring System for Cargo Damage Mitigation on MV. Pan Flower."* Thesis, Diploma IV Program, Department of Nautical Studies, Indonesia Maritime Academy (STIP Indonesia).

The safety of bulk cargo constitutes a critical aspect of commercial vessel operations, strictly regulated under the IMSBC Code and the Grain Code. Hygroscopic commodities such as Sun Flower Meal and Soya Bean Meal are highly susceptible to cargo sweat phenomena caused by uncontrolled temperature and humidity gradients within the cargo hold. The primary issue encountered on MV. Pan Flower was that cargo hold condition monitoring was still conducted manually using rudimentary measuring instruments and periodic logbook entries, thereby creating data blind spots, particularly during adverse weather conditions that prevented the crew from physically accessing the main deck area. This study aimed to design and develop a prototype of a Smart Maritime Cargo Monitoring System utilizing the Raspberry Pi Pico 2W microcontroller and SHT30 sensors, capable of monitoring cargo hold temperature and humidity autonomously and in real time. The research employed the Research and Development (R&D) methodology based on the Borg and Gall model. The test results demonstrated that the system achieved a mean error rate of 1.28% for temperature and 0.3% for relative humidity, well below the industrial instrumentation tolerance threshold of 5%. The Store and Forward algorithm successfully ensured zero data loss under signal blackout conditions, with a failover transition time of 10,000 ms and resynchronization within 7,200 ms. The multi-tiered early warning system (SAFE, CAUTION, DANGER) operated responsively through an acoustic buzzer and Blynk push notifications. Product feasibility validation yielded scores of 98% from expert lecturers and 97% from Nautical cadets, placing the prototype in the "Highly Suitable" category, thereby confirming its viability for implementation as a cargo damage mitigation instrument on bulk carrier vessels.

Keywords: *Internet of Things (IoT), cargo sweat, Store and Forward, cargo monitoring system, maritime safety*

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Keselamatan dan kualitas muatan merupakan aspek fundamental dalam ekosistem pengoperasian kapal, khususnya pada kapal pengangkut muatan curah. Selama pelayaran, stabilitas kondisi lingkungan di dalam ruang muat menjadi faktor penentu integritas muatan. Parameter fisik seperti suhu dan kelembaban yang tidak terkendali dapat memicu fenomena *cargo sweat* atau keringat muatan. Kondisi ini terjadi ketika udara lembap di dalam palka mengalami pendinginan hingga mencapai titik embun (*dew point*) akibat kontak dengan struktur kapal yang lebih dingin, sehingga memicu kondensasi air yang merusak muatan.

Urgensi pengendalian lingkungan ruang muat ini secara tegas diatur dalam regulasi internasional. *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code* pada Seksi 3 (*Safety of Personnel and Ship*) secara spesifik mengamanatkan bahwa ventilasi dan pemantauan atmosfer palka mutlak diperlukan untuk mengendalikan kadar air serta mencegah risiko kerusakan akibat kelembaban IMO IMSBC, (2020). Lebih lanjut, dalam pengangkutan muatan biji-bijian, *International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (Grain Code)* juga menekankan pentingnya pemantauan temperatur secara periodik sebagai indikator awal adanya pemanasan spontan (*self-heating*) atau migrasi kelembaban yang dapat memicu pembusukan muatan di tengah laut.

Meskipun regulasi telah menetapkan standar yang ketat, implementasi di lapangan masih menghadapi tantangan teknis yang kompleks. Sebuah studi terbaru oleh Wang et al. (2023) dalam jurnal *Applied Sciences* menegaskan bahwa risiko kondensasi pada dinding palka (*ship sweat*) akan selalu ada selama terdapat gradien suhu yang signifikan antara muatan dan lingkungan luar. Penelitian tersebut membuktikan bahwa tanpa sistem pemantauan *real time* yang akurat, awak kapal sering kali terlambat mendeteksi terjadinya migrasi kelembaban, sehingga tindakan ventilasi yang dilakukan menjadi kurang efektif. Keterbatasan metode konvensional ini terkonfirmasi secara langsung melalui pengalaman penulis selama melaksanakan

praktik laut di atas kapal MV. Pan Flower pada periode 30 Agustus 2024 sampai dengan 31 Agustus 2025. Seluruh data, fenomena, dan permasalahan yang menjadi dasar penelitian ini bersumber dari pengamatan lapangan yang penulis dokumentasikan selama satu tahun pelayaran tersebut. Dalam salah satu pelayaran menuju pelabuhan bongkar Aarhus, Denmark, kapal mengangkut muatan yang sangat sensitif terhadap kelembaban, yaitu *Sun Flower Meal* dan *Soya Bean Meal*. Sistem pemantauan kondisi ruang muat yang diterapkan saat itu masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur sederhana dan pencatatan berkala pada *logbook*. Kelemahan fatal dari metode manual tersebut terlihat jelas ketika kapal menghadapi cuaca buruk pada tanggal 15 April 2025. Kondisi angin kencang dan gelombang tinggi menyebabkan air laut naik hingga membasahi area *main deck*. Situasi ini memaksa seluruh awak kapal untuk tetap berada di dalam area akomodasi demi keselamatan jiwa, sehingga inspeksi rutin ke area geladak tidak mungkin dilakukan. Padahal, pada saat kejadian tersebut, suhu udara lingkungan luar (*ambient*) tercatat turun drastis hingga kisaran 9°–11°C. Penurunan suhu luar yang ekstrem ini menciptakan perbedaan suhu yang signifikan terhadap ruang muat, namun kondisi suhu dan kelembaban aktual di dalam palka menjadi tidak terpantau (*blind spot*). Absennya data pada momen kritis ini meningkatkan risiko terjadinya kondensasi yang tidak terdeteksi, yang berpotensi menurunkan kualitas muatan secara masif.

Peristiwa di atas menunjukkan bahwa ketergantungan pada inspeksi manual memiliki celah keamanan yang besar, terutama dalam kondisi cuaca ekstrem. Oleh karena itu, diperlukan adopsi teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu bekerja secara mandiri. Namun, kendala utama dalam penerapan IoT di tengah laut adalah konektivitas yang tidak stabil. Pengiriman data nirkabel sering kali terputus akibat interferensi struktur baja kapal yang masif. Guna mengatasi hal tersebut, diperlukan pendekatan teknologi yang tangguh melalui mekanisme *Store and Forward*. Metode ini memungkinkan sistem untuk menyimpan data pengukuran secara lokal pada modul penyimpanan (*Micro SD*) sebelum dikirimkan atau diproses, sehingga integritas data tetap terjaga meski terjadi gangguan transmisi sesaat atau cuaca buruk yang menghalangi akses fisik.

Pada penelitian ini, penulis merancang sistem *monitoring* berbasis *Store and Forward* menggunakan dua buah sensor probe SHT30 *waterproof* yang memiliki presisi tinggi. Konfigurasi sensor ditempatkan secara strategis untuk mengukur suhu

luar (*ambient*) dan suhu dalam palka. Data komparatif dari kedua sensor ini menjadi kunci logika sistem peringatan dini. Ketika sistem mendeteksi perbedaan suhu (*delta temperature*) yang signifikan, indikasi kuat akan terjadinya kondensasi sesuai teori termodinamika. Mikrokontroler akan secara otomatis mengaktifkan indikator lampu dan *buzzer*. Peringatan *audio visual* ini berfungsi sebagai alarm bagi awak kapal bahwa kondisi "Tidak Normal" sedang terjadi, sehingga tindakan ventilasi dapat segera dieksekusi sebelum kerusakan muatan terjadi.

Berdasarkan uraian kondisi teoritis, regulasi internasional, serta fenomena nyata yang terjadi pada MV. Pan Flower, maka diperlukan suatu pengembangan sistem pemantauan kondisi ruang muat yang mampu bekerja secara otomatis, *real time*, dan berkelanjutan sebagai upaya mitigasi risiko kerusakan muatan. Atas dasar tersebut, penulis memilih judul:

**“PERANCANGAN SISTEM MONITORING BERBASIS IoT DALAM
RANGKA MITIGASI KERUSAKAN MUATAN PADA KAPAL MV. PAN
FLOWER.”**

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang dan kebutuhan pengembangan produk, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem *Smart Maritime Cargo Monitoring* berbasis Raspberry tipe (Pi Pico 2W) dan sensor suhu (SHT30) untuk memantau suhu dan kelembaban muatan curah secara *real time*?
2. Bagaimana performa sistem dalam mengukur akurasi sensor, kestabilan pengambilan data, serta efektivitas peringatan dini terhadap peningkatan suhu, kelembaban berlebih?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN

1. Tujuan Pengembangan

Tujuan penelitian ini, sesuai pendekatan *Research & Development*, adalah untuk mengembangkan desain prototipe sistem pemantauan kondisi muatan curah berbasis Raspberry tipe (Pi Pico 2W) dan sensor suhu (SHT30) untuk mendukung pemantauan lingkungan ruang muat secara otomatis.

2. Manfaat Pengembangan

a. Manfaat Teoretis

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang IoT maritim, *Edge Computing*, dan sistem *monitoring* berbasis sensor

presisi. Kajian ini juga dapat memperkaya literatur mengenai implementasi teknologi untuk mendukung standar keselamatan muatan dalam *IMSBC Code* dan *Grain Code*.

b. Manfaat Praktis

- 1) Memberikan solusi *monitoring real time* bagi awak kapal untuk menjaga keselamatan muatan dan meminimalkan risiko kerusakan.
- 2) Mendukung perusahaan pelayaran dalam mengurangi potensi klaim kargo dan meningkatkan efisiensi operasional kapal *bulk carrier*.
- 3) Menjadi model referensi bagi pengembangan sistem pemantauan muatan otomatis pada penelitian atau pengembangan sistem maritim di masa mendatang.

D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN

Berdasarkan tujuan pengembangan dalam penelitian ini, spesifikasi produk yang dikembangkan adalah suatu sistem *monitoring* kondisi ruang muat kapal berbasis *Internet of Things (IoT)* yang berfungsi untuk memantau parameter lingkungan secara otomatis dan *real time* sebagai upaya mitigasi kerusakan muatan. Adapun spesifikasi produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W

Raspberry Pi Pico 2W adalah mikrokontroler *dual-core* ARM Cortex-M0+ yang dibuat oleh Raspberry Pi Ltd. Alat ini jadi pusat pemrosesan (*Edge Computing*) pada sistem. Pico 2W dipilih karena bisa menangani komunikasi beberapa sensor sekaligus lewat protokol I²C dan SPI secara paralel, plus sudah ada modul Wi-Fi 802.11n terintegrasi yang langsung bisa kirim data ke Blynk tanpa modul tambahan.

Tabel 1. 1

Spesifikasi Teknis Raspberry Pi Pico 2W.

Parameter	Spesifikasi
Produsen	Raspberry Pi Ltd.
Arsitektur CPU	<i>Dual-core</i> ARM Cortex-M0+
Kecepatan <i>Clock</i>	Hingga 133 MHz
Memori <i>Flash</i>	2 MB (<i>on-chip</i>)

SRAM	264 KB
Wi-Fi	802.11n (2,4 GHz)
Koneksi Nirkabel	Wi-Fi terintegrasi (CYW43439)
GPIO	26 pin multifungsi
Tegangan Operasional	3,3 V (toleransi input 5 V via VSYS)
Antarmuka	I ² C, SPI, UART, PWM, ADC

Sumber: Raspberry Pi Ltd. (2024).

2. Sensor Suhu dan Kelembaban SHT30

Sensor SHT30 *waterproof* adalah sensor lingkungan presisi tinggi berbasis teknologi CMOSens® buatan Sensirion AG. Sensor ini sebagai elemen utama pengukuran suhu dan kelembaban relatif (RH) di dalam ruang muat. Varian probe berkabel dipilih agar elemen sensor dapat ditempatkan langsung pada atmosfer palka, terisolasi dari panas komponen mikrokontroler (*self-heating effect*). Sensor ini berkomunikasi dengan Raspberry Pi Pico 2W menggunakan protokol I²C pada jalur pin GPIO SDA dan SCL.

Tabel 1. 2

Spesifikasi Teknis Sensor SHT30.

Parameter	Spesifikasi
Produsen	Sensirion AG
Teknologi Sensor	CMOSens® (kapasitif + celah-pita)
Protokol Komunikasi	I ² C (hingga 400 kHz)
Akurasi Suhu	±0,3°C (tipikal)
Akurasi Kelembaban Relatif	±1,5% RH (tipikal)
Rentang Suhu Ukur	-40 hingga +125°C
Rentang RH Ukur	0 – 100% RH
Tegangan Suplai	2,4 – 5,5 V
Waktu Respons	< 8 detik (63% langkah)
Varian Fisik	<i>Probe waterproof</i> (kabel panjang)

Sumber: Sensirion AG (2022).

3. Modul Micro SD Card Adapter

Modul *Micro SD Card Adapter* sebagai media penyimpanan data lokal (*data logger*) yang menjadi inti dari mekanisme *Store and Forward*. Modul ini

terhubung ke Raspberry Pi Pico 2W melalui jalur komunikasi SPI menggunakan pin MISO, MOSI, SCK, dan CS. Saat sistem tidak terhubung ke internet (*Blank Spot*), seluruh data suhu, kelembaban, dan *timestamp* otomatis ditulis ke file.csv pada kartu SD sehingga tidak ada data yang hilang.

Tabel 1. 3

Spesifikasi Teknis Modul Micro SD Card Adapter.

Parameter	Spesifikasi
Jenis Modul	<i>Micro SD Card Adapter</i>
Protokol Komunikasi	SPI (MISO, MOSI, SCK, CS)
Tegangan Operasional	3,3 – 5 V
Format Kartu	<i>Micro SD / Micro SDHC</i>
Format File	FAT32; ekstensi.txt dan.csv
Kapasitas Maksimum	Hingga 32 GB (FAT32)

Sumber: Datasheet Komponen Peneliti (2026).

4. LCD 20×4 I²C

Layar LCD (*Liquid Crystal Display*) berukuran 20 kolom × 4 baris dengan antarmuka I²C digunakan sebagai tampilan lokal sistem. LCD ini menampilkan empat baris informasi secara bergantian: nilai suhu aktual (°C), kelembaban relatif (%RH), status kondisi ("NORMAL" atau "BAHAYA!"), dan *timestamp* pembacaan terakhir. Penggunaan antarmuka I²C memungkinkan LCD terhubung hanya melalui dua kabel data (SDA dan SCL), sehingga menghemat penggunaan pin GPIO pada mikrokontroler.

Tabel 1. 4

Spesifikasi Teknis LCD 20×4 I²C.

Parameter	Spesifikasi
Tipe <i>Display</i>	LCD Karakter 20 kolom × 4 baris
Protokol Komunikasi	I ² C (via <i>backpack</i> modul PCF8574)
Alamat I ² C Default	0x27
Tegangan Suplai	5V
Backlight	LED biru / hijau
Karakter yang Didukung	ASCII standar + karakter kustom

Sumber: Datasheet Komponen Peneliti (2026).

5. Buzzer

Buzzer aktif sebagai aktuator akustik sistem peringatan dini. Komponen ini dikendalikan oleh rangkaian transistor NPN sebagai *driver* karena pin GPIO Raspberry Pi Pico 2W tidak mampu menyuplai arus yang cukup. Buzzer akan aktif otomatis apabila nilai suhu atau kelembaban yang terbaca oleh sensor SHT30 melampaui ambang batas (*threshold*) yang telah diprogram dalam *firmware*, memberi peringatan fisik kepada awak kapal di area sekitar palka.

Tabel 1. 5
Spesifikasi Teknis Buzzer.

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Buzzer aktif (active buzzer)
Tegangan Operasional	3 – 24 V DC
Arus Kerja	< 30 mA
Frekuensi Bunyi	2,3 kHz (tipikal)
Level Suara	≥ 85 dB pada 10 cm
Pengendali	Transistor NPN (driver)

Sumber: Datasheet Komponen Peneliti (2026).

6. Perangkat Lunak: Arduino IDE dan Platform Blynk IoT

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah lingkungan pengembangan perangkat lunak sumber terbuka (*open-source*) yang untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W. Kode program ditulis menggunakan bahasa C++ dengan memanfaatkan pustaka (*library*) khusus untuk sensor SHT30, LCD I²C, modul SD Card, dan platform Blynk. Arduino IDE juga menyediakan fitur *Serial Monitor* yang untuk proses *debugging* dan verifikasi output data sensor selama tahap pengujian.

Blynk IoT adalah *platform* berbasis *cloud* yang memungkinkan visualisasi dan pemantauan data sensor secara *real time* melalui aplikasi *smartphone*. Dalam sistem ini, Blynk berfungsi menampilkan nilai suhu dan kelembaban palka dalam bentuk *gauge* analog-digital beserta grafik tren historis, serta mengirimkan *push notification* kepada Mualim Jaga apabila terjadi anomali parameter yang melampaui ambang batas. Saat koneksi terputus (*Blank Spot*), sistem beralih

otomatis ke mode penyimpanan lokal *SD Card* melalui mekanisme *Store and Forward*. Platform Blynk IoT sebagai antarmuka utama saat sistem terhubung ke internet. Namun, sistem ini juga plus dengan logika *Auto-Switch* Jaringan. Apabila dalam proses *booting* sistem tidak mendeteksi koneksi internet, Raspberry Pi Pico 2W otomatis beralih fungsi menjadi *Access Point* (AP) dan mengaktifkan *Web Server* lokal. Hal ini memungkinkan pengguna tetap dapat memantau data suhu dan kelembaban secara *real time* melalui *browser smartphone* dengan mengakses IP lokal alat, meskipun dalam kondisi *Blank Spot*.

Google Sheets adalah platform *spreadsheet* berbasis *cloud* milik Google LLC yang digunakan dalam sistem ini sebagai *cloud data logger* untuk mengarsipkan data historis kondisi ruang muat secara permanen. Integrasi dilakukan melalui *Google Apps Script* yang difungsikan sebagai REST API *endpoint*, sehingga mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W dapat mengirimkan data sensor langsung ke *spreadsheet* tanpa memerlukan server perantara. Setiap 15 detik, sistem mengirimkan data Suhu IN, RH IN, Suhu OUT, RH OUT, dan Status ke *endpoint* tersebut melalui protokol HTTPS GET *request*, kemudian *Google Apps Script* secara otomatis menuliskan baris data baru lengkap dengan *timestamp* ke dalam *spreadsheet*. Fitur ini aktif secara kondisional, yaitu hanya saat koneksi internet tersedia, dan data yang tersimpan dapat diakses dari mana saja melalui *browser* sebagai bukti dokumentasi yang dapat digunakan dalam proses klaim asuransi muatan

BAB II

LANDASAN TEORI

A. KAJIAN TEORI

Pada sub bab ini dibahas teori-teori yang berkaitan dengan perancangan sistem *monitoring* suhu ruang muat kapal berbasis *Internet of Things* (IoT). Pembahasan meliputi konsep perancangan, sistem, manajemen keselamatan pelayaran dan muatan suhu, fenomena kondensasi (*cargo sweat*), sensor suhu, mikrokontroler, metode penyimpanan data *Store and Forward*, serta sistem peringatan dini. Kajian teori ini bertujuan untuk memberikan pemahaman dasar yang mendukung proses pengembangan produk dalam penelitian ini.

1. Model Pengembangan Borg and Gall

Borg dan Gall (1983) dalam *Educational Research: An Introduction* mendefinisikan Research and Development (R&D) sebagai proses untuk mengembangkan dan memvalidasi produk hasil penelitian. Berbeda dengan penelitian deskriptif atau eksperimental, luaran R&D bukan sekadar temuan, melainkan produk berwujud yang siap dioperasikan oleh pengguna sasaran. Karakter utama model ini terletak pada siklus pengembangan dan validasi yang saling berpasangan, sehingga setiap iterasi produk selalu diikuti pengujian dan revisi berdasarkan data empiris. Dalam penelitian ini, produk yang dimaksud adalah purwarupa *Smart Maritime Cargo Monitoring System* berbasis Raspberry Pi Pico 2W untuk memantau kondisi ruang muat MV. Pan Flower.

Borg dan Gall (1983) merumuskan sepuluh tahapan prosedural, yaitu: (1) penelitian dan pengumpulan informasi awal; (2) perencanaan; (3) pengembangan format produk awal; (4) uji coba lapangan awal; (5) revisi produk; (6) uji coba lapangan utama; (7) revisi produk operasional; (8) uji lapangan operasional; (9) revisi produk akhir; serta (10) diseminasi dan implementasi. Sugiyono (2019) menegaskan bahwa sepuluh tahapan tersebut

tidak bersifat mutlak dan dapat disederhanakan untuk penelitian skripsi yang berorientasi pada pembuatan purwarupa fungsional. Penyederhanaan menjadi empat tahapan utama akan diuraikan secara teknis pada BAB III.

Pemilihan model Borg & Gall pada penelitian ini didasarkan pada kesesuaiannya dengan karakter perancangan sistem monitoring IoT. Model ini mensyaratkan observasi lapangan sebagai titik awal pengembangan, menempatkan pengujian fungsional sebagai bagian wajib prosedur, serta menyediakan mekanisme revisi berbasis hasil uji untuk menyempurnakan kalibrasi sensor, ambang batas peringatan, dan algoritma *Store and Forward*. Relevansi pendekatan ini didukung oleh Ledesma et al. (2025) yang membuktikan bahwa pengembangan sistem pemantauan kargo berbasis IoT melalui prosedur R&D bertahap mampu menekan risiko kegagalan operasional di lingkungan kapal. Atas dasar itu, model Borg & Gall ditempatkan sebagai teori prosedural utama yang menaungi seluruh aktivitas penelitian, sementara teori pendukung pada sub-bab berikutnya berfungsi sebagai landasan substantif yang mengisi setiap tahapannya.

2. Perancangan

Perancangan dapat dipahami sebagai suatu tahapan sistematis yang melibatkan kegiatan perencanaan, penggambaran konsep, serta pengorganisasian berbagai elemen yang sebelumnya berdiri sendiri sehingga dapat terintegrasi menjadi sebuah sistem yang bekerja secara utuh. Dalam proses ini, perancangan tidak hanya berfokus pada aspek bentuk atau tampilan fisik, tetapi juga mempertimbangkan fungsi sistem, struktur penyusunnya, serta keterbatasan teknis yang mungkin muncul selama proses pengembangan.

Sejalan dengan hal tersebut, Sommerville (2016) menyatakan bahwa perancangan adalah proses kreatif yang mengubah kebutuhan menjadi representasi terstruktur dari sistem, yang melibatkan penjabaran arsitektur, identifikasi komponen, dan analisis keterbatasan implementasi.

Sejalan dengan hal tersebut, Pressman dan Maxim (2020) menegaskan bahwa perancangan (design) dalam rekayasa perangkat lunak dan sistem merupakan proses transformasi kebutuhan pengguna menjadi representasi teknis yang mencakup arsitektur sistem, spesifikasi komponen, serta identifikasi batasan dan risiko yang dapat memengaruhi proses implementasi.

2. Regulasi Keselamatan Pelayaran Dan Muatan

Landasan hukum dalam perancangan alat ini mengacu pada instrumen regulasi internasional dan nasional yang mengatur tentang keselamatan pengangkutan muatan curah di laut. Pemenuhan regulasi ini menjadi dasar urgensi penggantian metode manual menjadi otomatis.

a. *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974*

International Convention for the Safety of Life at Sea merupakan konvensi paling fundamental dalam keselamatan maritim. Relevansi penelitian ini merujuk pada Bab VI (*Carriage of Cargoes*), yang mengatur ketentuan keselamatan pengangkutan semua jenis muatan (kecuali cairan dan gas). Aturan 3 (*Oxygen analysis and gas detection equipment*) mewajibkan ketersediaan instrumen deteksi atmosfer pada kapal yang mengangkut muatan curah padat yang berpotensi mengeluarkan gas beracun, mudah terbakar, atau menyebabkan deplesi oksigen di ruang muat. Meskipun *Sun Flower Meal* dan *Soya Bean Meal* yang diangkut MV. Pan Flower tidak termasuk dalam kategori muatan berbahaya gas secara langsung, prinsip pemantauan atmosfer ruang muat yang diamanatkan Aturan 3 ini tetap relevan sebagai landasan pentingnya instrumen deteksi kondisi lingkungan palka. Penerapan sensor suhu dan kelembaban digital dalam penelitian ini merupakan bentuk modernisasi pemantauan kondisi ruang muat guna menjamin stabilitas muatan selama pelayaran (IMO, 2020). *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code*.

Penelitian ini berfokus pada pemenuhan ketentuan *IMSBC Code* Seksi 3 (*Safety of Personnel and Ship*). Regulasi ini menyatakan bahwa ventilasi dan pemantauan atmosfer palka mutlak diperlukan untuk mengendalikan kadar air (*Moisture Content*) muatan agar tidak melampaui *Transportable Moisture Limit (TML)*. Jika parameter ini tidak terpantau akurat, risiko pencairan muatan (*liquefaction*) atau kondensasi (*sweat*) dapat meningkat drastis, sehingga membahayakan konstruksi kapal.

b. *International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (Grain Code)*

Khusus untuk muatan biji-bijian, *Grain Code* Butir A 10 (*Stowage of Bulk Grain*) menetapkan persyaratan pemuatan dan penyusunan muatan biji-bijian di dalam palka, termasuk kewajiban *trimming* untuk

meminimalkan permukaan bebas muatan dan mencegah pergeseran muatan selama pelayaran. Meskipun ketentuan ini berfokus pada aspek fisik *stowage*, stabilitas kondisi muatan juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti fluktuasi suhu dan kelembaban di dalam palka yang dapat memicu kerusakan biologis pada muatan higroskopis. Oleh karena itu, sistem *monitoring* berbasis IoT yang dirancang penulis berperan sebagai instrumen pendukung dalam pengambilan keputusan ventilasi palka secara tepat waktu dan berbasis data yang valid, guna menjaga kondisi muatan tetap dalam batas aman selama pelayaran.

c. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran

Dalam lingkup nasional, penelitian ini mendukung ketentuan Pasal 117 Ayat (2) UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, yang mewajibkan setiap kapal memenuhi persyaratan kelaiklautan sesuai dengan daerah pelayarannya, meliputi keselamatan kapal, pencegahan pencemaran dari kapal, pengawakan kapal, garis muat kapal dan pemuatan, kesejahteraan Awak Kapal dan kesehatan penumpang, status hukum kapal, serta manajemen keselamatan dan keamanan kapal. Penggunaan teknologi IoT untuk *monitoring* ruang muat merupakan implementasi nyata dari pemenuhan aspek keselamatan kapal dan manajemen keselamatan secara proaktif yang berbasis data. Hal ini sejalan pula dengan Pasal 137 Ayat (1) UU No. 17 Tahun 2008, yang menegaskan bahwa Nakhoda bertanggung jawab atas keselamatan, keamanan dan ketertiban kapal beserta barang muatan yang menjadi kewajibannya. *Smart Maritime Cargo Monitoring System* yang dirancang dalam penelitian ini merupakan upaya konkret untuk membantu Nakhoda memenuhi tanggung jawab tersebut secara *real time* dan berbasis data, sehingga tindakan preventif terhadap kerusakan muatan dapat diambil sebelum kondisi kritis terjadi.

3. Sistem

Menurut Laudon dan Laudon (2020), sistem adalah sekumpulan komponen yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan mendistribusikan informasi guna mendukung pengambilan keputusan, koordinasi, dan pengendalian

dalam suatu organisasi. Berdasarkan pendapat ahli diatas, sistem dapat diartikan sebagai suatu kumpulan elemen atau komponen yang saling berhubungan dan terintegrasi, baik secara fisik maupun non-fisik, yang bekerja secara selaras dan berkolaborasi untuk mencapai tujuan tertentu.

Sama dengan pendapat tersebut, menurut Hall (2019) menyatakan bahwa sistem informasi merupakan sekumpulan prosedur formal yang digunakan untuk mengumpulkan data, mengolahnya menjadi informasi, dan mendistribusikan informasi tersebut kepada para pengguna. Definisi ini menekankan bahwa sistem tidak hanya terdiri dari elemen-elemen, tetapi juga mencakup mekanisme kerja dan alur proses yang saling mendukung. Dengan demikian, sistem dapat dipandang sebagai suatu kesatuan terorganisasi yang mengintegrasikan elemen, prosedur, dan proses agar dapat berfungsi secara efektif dalam mencapai tujuan yang diinginkan.

4. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana perangkat fisik sensor, aktuator, mikrokontroler dihubungkan ke internet dan bisa bertukar data tanpa campur tangan manusia. *Internet of Things (IoT)* adalah konsep di mana perangkat fisik, sensor, aktuator, mikrokontroler dihubungkan ke internet dan dapat bertukar data tanpa campur tangan manusia. Menurut Srivastava et al. (2022), konsep IoT yang pertama kali dipopulerkan pada awal abad ke-21 kini telah berkembang menjadi ekosistem perangkat terhubung yang mencakup miliaran node sensor di seluruh dunia.

Dauda et al. (2024) dalam jurnal *Sensors* (MDPI) mengklasifikasikan arsitektur IoT berdasarkan model *deployment*-nya yang mencakup *cloud*, *edge*, dan *fog computing*, di mana setiap lapisan memiliki peran yang saling melengkapi. Pada lapisan terbawah, sensor dan aktuator membaca kondisi fisik lingkungan (*perception*). Data kemudian ditransmisikan melalui jaringan (*network*), diolah dan disimpan pada lapisan pemrosesan (*processing*), lalu ditampilkan kepada pengguna melalui lapisan aplikasi (*application*). Pada penelitian ini keempat lapisan tersebut terpetakan langsung: sensor SHT30 di lapisan persepsi; modul WiFi CYW43439 mengurus transmisi; *SD Card* dan layanan *cloud*

menjadi penyimpanan; serta LCD, *Web Server* lokal, dan Blynk IoT sebagai antarmuka.

Pada penelitian ini keempat lapisan itu terpetakan langsung. Sensor SHT30 di lapisan persepsi; modul WiFi CYW43439 pada Raspberry Pi Pico 2W mengurus transmisi; SD Card dan layanan *cloud* menjadi penyimpanan; LCD, *Web Server* lokal, dan Blynk IoT sebagai antarmuka. Geng et al. (2023) dalam jurnal *Applied Sciences* (MDPI) mencatat bahwa pola arsitektur IoT berbasis sensor lingkungan telah diaplikasikan secara luas di industri dan transportasi maritim untuk pemantauan yang berjalan terus tanpa jeda, termasuk pemantauan kondisi kargo secara *real time* menggunakan sensor suhu dan kelembaban.

Namun di konteks kapal, yang paling krusial bukan sekadar otomatisasi, melainkan ketangguhan saat koneksi putus. Kellermann et al. (2022) dalam *IEEE Access* menunjukkan bahwa sistem IoT dengan mekanisme *Store and Forward* dan penyimpanan lokal tetap merekam data meski konektivitas jaringan tidak tersedia, kondisi yang sangat umum di laut lepas. Ini yang membedakannya dari inspeksi manual: pencatatan tidak terhenti hanya karena cuaca buruk atau akses ke ruang muat terhalang.

5. Fenomena *Cargo sweat*

Dalam transportasi muatan curah laut, kerusakan akibat kelembaban merupakan salah satu klaim asuransi terbesar. Fenomena ini secara umum dikenal sebagai *sweating* atau pengeringatan, yang diklasifikasikan menjadi dua jenis utama oleh House (2021) dalam buku referensi maritim *Cargo Work*. Pertama, Keringat Kapal (*Ship Sweat*), yaitu kondensasi yang terjadi pada struktur baja kapal (lambung/dek) ketika kapal berlayar dari daerah hangat ke daerah dingin. Udara hangat di dalam palka yang jenuh uap air bersentuhan dengan pelat baja yang dingin, menyebabkan uap air mengembun dan menetes ke muatan. Kedua, Keringat Muatan (*Cargo sweat*) yang terjadi sebaliknya, yakni ketika muatan dingin dimuat ke kapal yang kemudian berlayar ke daerah hangat dan lembab. Udara luar yang berventilasi masuk membawa uap air yang kemudian mengembun langsung di permukaan muatan yang dingin.

Analisis mendalam mengenai mekanisme perpindahan kelembaban ini dijelaskan dalam studi terbaru oleh Wang dan Zhou (2023) menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Penelitian mereka membuktikan bahwa risiko kondensasi tidak hanya dipengaruhi oleh suhu udara, tetapi juga oleh migrasi kelembaban internal (*internal moisture migration*) dari pusat tumpukan muatan ke sisi dinding kapal akibat gradien suhu yang ekstrem. Temuan ini menegaskan bahwa metode ventilasi konvensional seringkali gagal jika hanya mengandalkan pemantauan suhu udara ruang, tanpa memperhitungkan *Equilibrium Relative Humidity* (ERH) dari muatan itu sendiri.

Sebagai upaya mitigasi, pendekatan teknologi pengendalian kelembaban terus berkembang. Penelitian terbaru oleh Ledesma et al. (2025) dalam jurnal *Computer Networks* tentang arsitektur IoT hibrida untuk pemantauan kontainer maritim menekankan bahwa pemantauan aktif kondisi internal kargo secara *real time*, termasuk suhu dan kelembaban, merupakan kunci utama untuk mencegah kerusakan muatan selama pelayaran jarak jauh. Dalam perancangannya, mereka merekomendasikan penggunaan sistem *monitoring* aktif yang mampu mendeteksi perubahan iklim mikro palka secara *real time*, sehingga keputusan untuk membuka/menutup ventilasi atau mengaktifkan sistem *dehumidifier* dapat dilakukan sebelum titik embun (*dew point*) tercapai.

6. Suhu

Suhu didefinisikan sebagai besaran fisika yang mengukur tingkat energi kinetik rata-rata dari partikel penyusun suatu benda. Menurut Halliday, Resnick, dan Walker (2018), suhu menentukan arah aliran energi termal antara dua sistem yang bersentuhan; energi akan mengalir secara spontan dari sistem bersuhu tinggi ke sistem bersuhu rendah hingga mencapai kesetimbangan termal. Dalam aplikasi *monitoring* ruang muat, prinsip termodinamika ini menjelaskan mekanisme perpindahan panas dari lingkungan laut ke dinding palka yang menyebabkan perubahan suhu internal kapal secara dinamis.

Pemahaman mengenai dinamika suhu ini menjadi sangat krusial dalam operasional kapal niaga. Dalam konteks pengangkutan muatan curah, suhu merupakan parameter kritis yang menentukan stabilitas

mikroklimat di dalam palka. Menurut Thomas et al. (2018) dalam referensi standar *Thomas' Stowage*, fluktuasi suhu yang signifikan antara udara luar dan ruang muat dapat memicu fenomena kondensasi atau *ship sweat*. Kondisi ini terjadi ketika suhu pelat baja kapal turun di bawah titik embun (*dew point*) udara di dalam palka, yang berpotensi menyebabkan kerusakan basah pada muatan sensitif seperti biji-bijian. Lebih lanjut, pemantauan suhu juga menjadi indikator utama untuk mendeteksi *self-heating* (pemanasan mandiri) pada muatan organik sebelum terjadi kebakaran spontan.

7. Kelembapan

Secara termodinamika, kapasitas udara untuk menampung uap air berbanding lurus dengan suhunya. Kuphaldt (2024) dalam referensi instrumentasi industri menjelaskan bahwa penurunan suhu pada volume udara tertutup, seperti kondisi di dalam palka kapal pada malam hari, akan menaikkan nilai Kelembaban Relatif (*Relative Humidity*) secara signifikan meskipun massa uap airnya tetap. Apabila suhu terus turun hingga mencapai titik jenuh (100% RH), uap air akan mengalami kondensasi (pengembunan) menjadi fase cair. Prinsip fisika ini mendasari pentingnya sistem *monitoring* yang tidak hanya membaca persentase kelembaban sesaat, tetapi juga mampu mengkorelasikannya dengan perubahan suhu transien untuk memprediksi risiko kondensasi sebelum fenomena tersebut terjadi secara fisik.

Pemahaman mengenai dinamika kelembaban ini menjadi landasan utama dalam prosedur keselamatan muatan di atas kapal. House (2021) menegaskan bahwa pengendalian kelembaban di dalam palka merupakan faktor kunci untuk mencegah kerusakan muatan akibat *ship sweat* maupun *cargo sweat*. Dalam praktik operasional modern, keputusan untuk melakukan ventilasi mekanis tidak boleh didasarkan pada asumsi, melainkan harus melalui perbandingan data yang presisi; ventilasi hanya efektif dilakukan ketika titik embun (*dew point*) udara luar terbukti lebih rendah daripada titik embun udara di dalam palka. Kegagalan dalam memantau parameter ini secara *real time* dapat berakibat fatal, yakni masuknya udara lembab ke dalam ruang muat yang justru memperparah kondisi muatan higroskopis.

Untuk mendukung kebutuhan data yang akurat tersebut, instrumentasi pengukuran kelembaban telah beralih dari metode mekanik konvensional ke sistem sensor digital. Morris dan Langari (2021) mendefinisikan Kelembaban Relatif sebagai perbandingan massa uap air aktual dengan massa uap air maksimum pada suhu tertentu, yang kini diukur menggunakan sensor berbasis kapasitif semikonduktor. Sensor tipe ini, seperti yang diterapkan pada teknologi SHT30, bekerja dengan mendeteksi perubahan konstanta dielektrik pada lapisan polimer tipis akibat penyerapan molekul air. Teknologi ini menawarkan respon linier, histeresis rendah, dan stabilitas jangka panjang yang jauh lebih baik dibandingkan sensor resistif, menjadikannya solusi vital untuk sistem *monitoring* lingkungan yang beroperasi di bawah kondisi laut yang dinamis.

8. Mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2 W

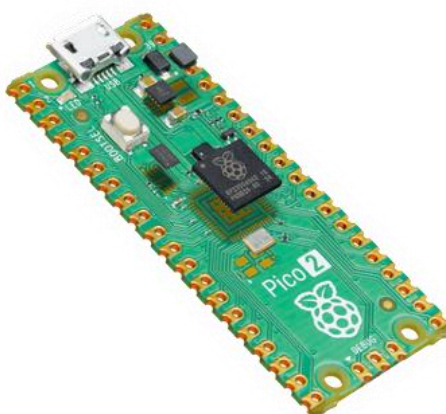
Dalam sistem instrumentasi kelautan modern, mikrokontroler berfungsi sebagai unit pemroses pusat yang bertugas mengakuisisi data dari sensor dan mengendalikan aktuator. Berbeda dengan mikroprosesor konvensional yang membutuhkan komponen eksternal, mikrokontroler adalah *System on a Chip* (SoC) yang mengintegrasikan memori, prosesor, dan periferal *input/output* dalam satu keping silikon.

Halfacree dan Upton (2023) dalam buku panduan resmi *The Official Raspberry Pi Pico Guide* menjelaskan bahwa keunggulan utama seri Pico terletak pada penggunaan arsitektur *Dual-core Arm Cortex-M0+*. Arsitektur ini memungkinkan pembagian beban kerja (*multiprocessing*), di mana satu inti prosesor dapat didedikasikan untuk mengakuisisi data sensor secara intensif, sementara inti lainnya menangani komunikasi nirkabel (Wi-Fi) dan manajemen penyimpanan data, sehingga latensi sistem dapat diminimalkan. Meskipun seri Pico 2 W yang digunakan dalam penelitian ini merupakan varian pengembangan terbaru, prinsip kerja arsitektur *dual-core* yang dijelaskan oleh Halfacree (2023) tetap menjadi landasan fundamental operasional perangkat ini.

Efektivitas kinerja perangkat ini dalam skenario *Internet of Things* (IoT) telah dibuktikan melalui pengujian teknis terkini. Adi et al. (2024)

dalam prosiding *International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS)* memaparkan hasil evaluasi kinerja Raspberry Pi Pico untuk aplikasi IoT, yang menunjukkan bahwa perangkat ini memiliki stabilitas eksekusi program yang tinggi dan latensi yang rendah saat menangani tugas-tugas telemetri data. Temuan ini memvalidasi keandalan Raspberry Pi Pico sebagai pengendali utama dalam sistem *monitoring* yang menuntut pemrosesan data sensor secara *real time* dan terus-menerus tanpa mengalami *bottleneck* pemrosesan.

Validitas penerapan ekosistem Raspberry Pi untuk pemantauan parameter lingkungan juga dikuatkan oleh penelitian Zulhelman dan Wisesa (2021). Dalam rancang bangun sistem pemantau kualitas udara mereka, dibuktikan bahwa *platform* berbasis Raspberry Pi mampu mengakuisisi data sensor lingkungan (suhu dan kelembaban) serta memproses indeks kualitas udara secara presisi dan *real time*. Keandalan pemrosesan data yang ditunjukkan dalam studi tersebut menjadi landasan empiris bagi penulis untuk mengadaptasi arsitektur serupa menggunakan varian Raspberry Pi Pico 2 W yang lebih efisien daya, guna diterapkan pada kondisi ruang muat kapal yang membutuhkan durabilitas tinggi.



Gambar 2. 1
Raspberry Pi Pico 2 W

(<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico-2/>)

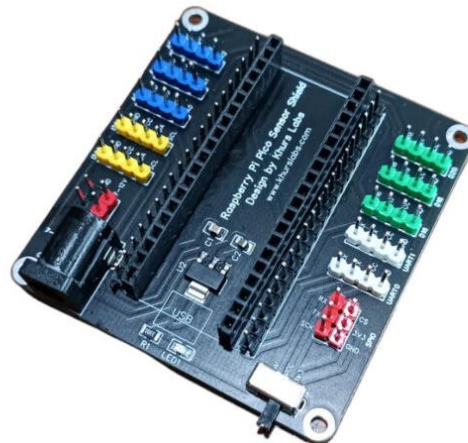
9. Papan Ekspansi Khurslab Sensor Shield PRO Version

Papan ekspansi (*expansion board*) Khurslab Sensor Shield untuk Raspberry Pi Pico merupakan papan antarmuka *plug-and-play* yang berfungsi sebagai jembatan antara mikrokontroler Pico 2W dengan seluruh komponen sensor, aktuator, dan modul penyimpanan. Papan ini ditumpuk

langsung di atas Raspberry Pi Pico melalui pin *header*, mengeliminasi kebutuhan kabel *jumper* dan *breadboard* yang rawan terlepas akibat getaran operasional kapal.

Versi PRO (SKU: VERSIONKR2020) yang digunakan dalam penelitian ini menyediakan antarmuka yang lengkap: dua port I²C (I2C0 pada pin SDA=8, SCL=9 dan I2C1 pada pin SDA=6, SCL=7) untuk menghubungkan dua sensor SHT30 pada bus terpisah, satu port SPI0 yang terintegrasi dengan slot *TF Card* (SS=17, MOSI=19, SCK=18, MISO=16) untuk modul *SD Card*, tiga port digital untuk LED indikator dan *buzzer*, serta jack masukan DC 7–12V yang memungkinkan suplai daya langsung dari kelistrikan 12V DC kapal tanpa konverter USB tambahan.

Fitur saklar pemilih tegangan 5V/3,3V pada papan ekspansi ini memberikan fleksibilitas kompatibilitas dengan komponen yang membutuhkan level tegangan berbeda. LCD 20×4 yang memerlukan 5V dan sensor SHT30 yang beroperasi pada 3,3V dapat dijalankan secara bersamaan tanpa memerlukan *voltage level shifter* eksternal. Desain yang ringkas (60 × 60 mm) dan koneksi yang solid menjadikan papan ekspansi ini sangat ideal untuk aplikasi IoT maritim yang menuntut durabilitas tinggi.



Gambar 2. 2

Expansion Board Raspberry PI Pico 2W

(https://khurslabs.com/shop/raspberry-pi-pico-pico-w-sensor-shield-developer-board/?srsltid=AfmBOopT_sRuS7OOxxMn_4qgCBOGbjbvsLmMKW7UQKhU0JUFbIQ619HL_)

10. Sensor suhu

Sensor suhu adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan besaran fisik suhu pada suatu objek atau lingkungan dan mengonversinya menjadi sinyal listrik yang dapat diukur. Menurut Javaid et al. (2021), sinyal hasil konversi ini merupakan komponen vital dalam sistem otomatisasi yang dapat dimanfaatkan untuk menampilkan informasi *real time*, mengendalikan sistem pemanas atau pendingin (*actuating*), serta mengaktifkan alarm jika parameter suhu melewati batas toleransi yang ditentukan.

Pada sistem instrumentasi presisi, pemilihan sensor lingkungan sangat menentukan validitas data yang diperoleh. Sensor SHT30 yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi teknologi CMOSens buatan Sensirion. Berdasarkan spesifikasi teknis resmi dari Sensirion (2023), prinsip kerja sensor ini mengintegrasikan dua elemen sensor independen dalam satu keping *chip* silikon: sensor kelembaban tipe kapasitif (*capacitive humidity sensor*) dan sensor suhu tipe celah-pita (*band-gap temperature sensor*). Sinyal analog yang dihasilkan oleh kedua elemen ini kemudian diproses secara internal melalui *Analog-to-Digital Converter* (ADC) untuk dikalibrasi dan dilinearisasi, sehingga output yang dikirimkan ke mikrokontroler melalui antarmuka I²C sudah berupa data digital matang yang bebas dari gangguan sinyal (*noise*) analog.

Keandalan sensor SHT30 dalam aplikasi pemantauan jangka panjang telah dibuktikan secara empiris. Keandalan sensor ini dalam aplikasi pemantauan jangka panjang telah dibuktikan secara teknis. Berdasarkan spesifikasi resmi Sensirion (2022), sensor SHT30 dirancang dengan mekanisme kalibrasi internal pabrik dan teknologi CMOSens® yang menjamin stabilitas pembacaan konsisten dengan drift jangka panjang kurang dari 0,5%RH per tahun, menjadikannya sangat andal untuk sistem *monitoring* lingkungan yang beroperasi secara kontinu dalam kondisi dinamis. Selain itu, antarmuka digital I²C pada sensor SHT30 memiliki keunggulan kompatibilitas tinggi untuk diintegrasikan dalam jaringan sensor terdistribusi dibandingkan sensor analog konvensional.

Urgensi pemantauan kelembaban secara *real time* juga dikuatkan oleh penelitian terbaru. Kok et al. (2025) dalam jurnal *Sensors* (MDPI)

menjelaskan bahwa pemantauan suhu dan kelembaban secara *real time* menggunakan sensor IoT sangat krusial untuk mencegah kerusakan pada objek yang bersifat higroskopis. Sistem yang dikembangkan mampu memberikan data presisi mengenai kondisi lingkungan yang menjadi dasar pengambilan keputusan otomatis. Sistem yang dikembangkan mampu memberikan data presisi mengenai kondisi suhu dan kelembaban perpustakaan yang menjadi dasar pengambilan keputusan untuk menjaga kualitas objek simpan. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan sensor SHT30. Akurasi sensor ini mampu untuk memantau suhu dan kelembaban untuk mencegah terjadinya *cargo sweat* pada muatan curah di dalam palka kapal.



Gambar 2. 3
Sensor Suhu dan Kelembaban SHT30
(https://store.ncd.io/product/sht45_industrial-iot-remote-temperature-humidity-sensors/)

11. Bahasa Pemrograman Dan Perangkat Lunak Pengembangan

Untuk mengoperasikan sistem mikrokontroler agar dapat membaca sensor dan mengirimkan data ke internet, diperlukan perangkat lunak yang berfungsi sebagai jembatan logika instruksi.

a. Bahasa Pemrograman C++

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler dalam penelitian ini adalah C++. Menurut White (2024) dalam *Making Embedded Systems*, C/C++ merupakan bahasa dominan dalam pengembangan sistem tertanam (*embedded system*) karena efisiensinya dalam manajemen memori, kemampuan mengakses register perangkat keras secara langsung, serta dukungan ekosistem pustaka (*library*) yang luas untuk platform mikrokontroler. Dalam lingkungan Arduino, bahasa C++ disederhanakan dengan

pustaka (*library*) khusus yang memudahkan interaksi dengan pin GPIO, modul komunikasi Wi-Fi, dan protokol sensor, sehingga proses akuisisi data dapat berjalan dengan latensi yang sangat rendah (*real time*).

b. Arduino IDE

Sebagai lingkungan pengembangan terpadu, penulis menggunakan *Arduino Integrated Development Environment* (IDE). Monk (2022) menjelaskan bahwa Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak sumber terbuka yang menyediakan editor teks untuk menulis kode, compiler untuk menerjemahkan kode ke bahasa mesin, serta uploader untuk memasukkan program ke dalam flash memory mikrokontroler. Keunggulan Arduino IDE terletak pada ketersediaan *Serial Monitor* dan *Serial Plotter* yang memudahkan proses *debugging* dan kalibrasi nilai sensor sebelum alat diimplementasikan secara penuh.

c. Platform Blynk IoT

Untuk kebutuhan pemantauan jarak jauh, penelitian ini memanfaatkan platform Blynk IoT. Berdasarkan studi terbaru oleh Shanto et al. (2023) pada jurnal *Engineering Research*, Blynk adalah platform *Internet of Things* yang memungkinkan pengguna membangun antarmuka (*interface*) kendali dan *monitoring* pada ponsel pintar (iOS dan Android) dengan metode *drag and drop*. Dalam sistem ini, Blynk berfungsi untuk:

- 1) Visualisasi Data: Menampilkan grafik suhu dan kelembaban palka secara *real time* di layar *smartphone* Nahkoda atau Mualim Jaga.
- 2) Notifikasi Peringatan: Mengirimkan pesan peringatan (*push notification*) secara instan ke ponsel pengguna jika sensor mendeteksi suhu di atas ambang batas bahaya, sehingga tindakan mitigasi dapat dilakukan meskipun awak kapal sedang tidak berada di anjungan.

d. Google Sheets sebagai Pencatatan Data Berbasis *Cloud*

Google Sheets adalah aplikasi spreadsheet daring milik Google LLC yang berjalan di atas infrastruktur *Google Cloud Platform*.

Berbeda dengan *software spreadsheet* konvensional yang bekerja secara lokal, Google Sheets menyimpan data di server Google dan dapat diakses dari perangkat apapun yang terhubung ke internet. Google LLC (2024) dalam dokumentasi Google Workspace menyebutkan bahwa Google Sheets mendukung integrasi programatik melalui *Google Apps Script* runtime berbasis *JavaScript* yang berjalan di sisi server Google sehingga lembar kerja ini dapat difungsikan sebagai *endpoint* penerimaan data dari sistem eksternal melalui protokol HTTP metode POST. Sebagaimana dijelaskan oleh Asry (2022) dalam *JEAT: Journal of Electrical and Automation Technology* menjelaskan bahwa *Google Apps Script* merupakan skrip berbasis *JavaScript* yang berjalan di sisi server Google, sehingga dapat difungsikan sebagai antarmuka berbasis *cloud* yang memungkinkan sistem eksternal mengakses dan memodifikasi data pada Google Sheets tanpa memerlukan domain maupun hosting khusus. Arsitektur ini menghilangkan kebutuhan *dedicated server* karena infrastruktur Google Cloud secara langsung berfungsi sebagai lapisan penyimpanan dan antarmuka data, ini sebuah pertimbangan praktis mengingat keterbatasan sumber daya komputasi yang umum dijumpai di atas kapal.

Google Sheets menyusun data *time-series* dalam format baris dan kolom yang runtut, di mana setiap pengiriman dari mikrokontroler dicatat lengkap dengan *timestamp*, nilai suhu, nilai kelembaban, dan status kondisi muatan. Pebralia et al. (2023) dalam *Journal Online of Physics* membuktikan bahwa integrasi *Internet of Things* dengan Google Sheets melalui *Google Apps Script* mampu menyimpan dan memvisualisasikan data sensor secara otomatis dan terstruktur, sehingga data historis yang tercatat dapat digunakan untuk analisis tren jangka panjang dan pelaporan kondisi sistem yang dapat dipertanggungjawabkan kepada pihak terkait.

Akses ke data dapat dibatasi melalui mekanisme berbagi akun Google, sehingga Nakhoda, Mualim I, atau manajemen darat hanya perlu koneksi internet untuk memantau kondisi ruang muat tanpa perangkat tambahan. Dalam sistem ini, Google Sheets menempati

posisi keempat dalam arsitektur penyimpanan hibrida dan hanya aktif saat Raspberry Pi Pico 2W berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi. Di luar jangkauan jaringan, data tetap tercatat di *SD Card* lokal.

12. Arsitektur Sistem *Monitoring* Hibrida

Sistem *monitoring* yang dikembangkan dalam penelitian ini menerapkan arsitektur jaringan hibrida yang terdiri dari empat jalur data yang bekerja secara paralel dan hierarkis. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip *graceful degradation*, yaitu kemampuan sistem untuk tetap berfungsi pada tingkat yang dapat diterima meskipun sebagian komponen atau koneksi mengalami kegagalan. Dalam konteks operasional kapal yang sering mengalami putus koneksi, arsitektur ini memastikan pemantauan ruang muat tidak pernah berhenti apa pun kondisi jaringannya.

Keempat jalur data tersebut adalah: (1) LCD 20×4 yang selalu menampilkan data secara lokal tanpa bergantung pada jaringan apa pun; (2) *Web Server* HTML melalui *WiFi Access Point* lokal; (3) *SD Card* sebagai penyimpanan data permanen (*fail-safe*); dan (4) layanan *cloud* (Blynk IoT dan Google Sheets) yang aktif secara kondisional saat internet tersedia.

a. Mode WiFi Hibrida (WIFI_AP_STA)

Raspberry Pi Pico 2W dioperasikan dalam mode *WIFI_AP_STA* yang memungkinkan cip radio CYW43439 menjalankan dua peran secara bersamaan. Sebagai *Access Point* (AP), Pico memancarkan jaringan WiFi lokal bernama “MV_PAN_FLOWER_MONITOR” yang dapat diakses perangkat di anjungan tanpa koneksi internet. Sebagai *Station* (STA), Pico terhubung ke jaringan WiFi yang menyediakan akses internet untuk berkomunikasi dengan server Blynk dan Google Sheets. Apabila internet tidak tersedia, fungsi *Station* tetap aktif di latar belakang dan secara otomatis mencoba menyambung kembali (*auto-reconnect*) tanpa mengganggu fungsi *Access Point* lokal.

b. *Web Server Lokal (Access Point)*

Web Server HTML dijalankan pada port 80 di atas modul WiFi Pico 2W. Mualim Jaga di anjungan dapat mengakses halaman *monitoring* hanya dengan membuka *browser* di *smartphone* atau laptop yang terhubung ke jaringan WiFi lokal kapal, tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan dan tanpa koneksi internet. Halaman web menampilkan data empat parameter sensor secara *real time* (Suhu IN, RH IN, Suhu OUT, RH OUT), status kargo (AMAN/WASPADA/BAHAYA), dan indikator status jaringan (ONLINE/OFFLINE). Halaman dirancang dengan mekanisme *auto-refresh* setiap 2 detik menggunakan *header* HTTP "Refresh: 2" sehingga data selalu diperbarui tanpa intervensi pengguna.

13. Metode Transmisi Data *Store and Forward*

Tantangan utama dalam implementasi sistem IoT di lingkungan maritim adalah ketidakstabilan konektivitas jaringan akibat interferensi struktur baja kapal dan keterbatasan jangkauan sinyal di tengah laut. Untuk mengatasi hilangnya data (*data loss*) saat terjadi gangguan komunikasi, penelitian ini menerapkan mekanisme *Store and Forward*.

Menurut Kellermann et al. (2022) dalam *IEEE Access*, metode *Store and Forward* merupakan teknik komunikasi yang terbukti mampu meningkatkan keandalan pengiriman data secara signifikan pada jaringan sensor nirkabel di lingkungan dinamis, termasuk dalam skenario *Blank Spot*. Berdasarkan studinya mengenai arsitektur IoT untuk jaringan non-terrestrial, metode ini bekerja melalui mekanisme adaptasi otomatis di mana perangkat IoT tidak langsung mengirimkan data hasil akuisisi sensor saat deteksi sinyal seluler atau satelit gagal. Sebaliknya, data tersebut disimpan sementara (*buffered*) ke dalam antrean memori lokal dan baru akan ditransmisikan secara *batch* begitu tautan komunikasi kembali stabil. Validitas pendekatan ini menjadikannya sangat relevan untuk diadopsi pada sistem pemantauan kapal, karena mampu memastikan kelengkapan dan keutuhan data historis kondisi ruang muat meskipun kapal tengah beroperasi di zona laut lepas yang tidak terjangkau oleh sinyal operator seluler.

Selain keandalan data, strategi transmisi ini juga berkontribusi pada efisiensi daya perangkat. Izaddoost dan Siewierski (2020) dalam penelitiannya mengenai *Energy Efficient Data Transmission* menegaskan bahwa transmisi data merupakan proses yang paling banyak mengonsumsi energi pada sistem IoT. Oleh karena itu, penundaan transmisi saat kondisi sinyal buruk mencegah pemborosan daya akibat upaya pengiriman ulang (*retransmission*) yang gagal, sehingga memperpanjang masa operasional perangkat monitoring.

14. Sistem Indikator Dan Peringatan Dini

Validitas penggunaan kombinasi indikator *visual* dan *audio* dalam sistem peringatan dini juga didukung oleh literatur internasional terkini. Uchida et al. (2024) dalam buku *Mobile Internet Security* terbitan *Springer Nature* menjelaskan bahwa keandalan sebuah sistem peringatan dini (*Early Warning System*) sangat bergantung pada kemampuan sensor IoT untuk melakukan pemantauan *real time* dan kemampuan antarmuka untuk menyampaikan anomali data secara instan kepada pengguna. Mereka menekankan bahwa sistem yang efektif harus memiliki latensi rendah dalam memicu alarm agar tindakan preventif dapat diambil sebelum risiko meningkat.

Lebih spesifik mengenai pemilihan jenis indikator, Edworthy et al. (2022) dalam *Journal of the Acoustical Society of America* membuktikan bahwa penggunaan desain alarm multi-modal (gabungan visual dan auditori) secara signifikan meningkatkan kecepatan respons dan mengurangi kesalahan operator dibandingkan hanya menggunakan satu jenis indikator saja. Dalam penelitian eksperimental mereka, ditemukan bahwa indikator visual efektif untuk memberikan detail informasi perubahan data, sementara indikator audio berfungsi sebagai peringatan kritis yang mempercepat waktu reaksi saat terjadi kondisi darurat. Temuan ini menjustifikasi desain alat pada penelitian ini yang memadukan LCD 20x4 untuk *monitoring* data suhu atau kelembaban dan *Buzzer* untuk peringatan bahaya mendesak.

Penerapan teknologi ini dalam konteks keselamatan kerja juga divalidasi oleh Ejaz et al. (2025). Dalam studi mereka mengenai *IoT for*

Hazard Detection, disimpulkan bahwa integrasi sensor lingkungan dengan sistem peringatan otomatis berbasis IoT mampu meningkatkan keselamatan pekerja secara signifikan dengan cara mendeteksi bahaya lingkungan (seperti suhu ekstrem atau gas beracun) yang tidak dapat dirasakan langsung oleh indra manusia. Sistem semacam ini memberikan lapisan perlindungan proaktif yang krusial bagi keselamatan awak kapal yang bekerja di lingkungan berisiko tinggi seperti ruang muat.

Dalam penelitian ini, sistem peringatan dini dirancang dengan tiga level bertingkat yang mengacu pada gradien risiko terhadap keselamatan muatan. Level pertama (AMAN) diindikasikan oleh LED hijau yang menyala ketika seluruh parameter berada dalam batas aman (suhu $\leq 30^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $\leq 50\% \text{ RH}$). Level kedua (WASPADA) diindikasikan oleh LED kuning yang menyala ketika salah satu parameter mulai mendekati batas kritis (suhu $> 30^{\circ}\text{C}$ atau kelembaban $> 50\% \text{ RH}$), memberikan peringatan awal agar awak kapal segera menyiapkan tindakan ventilasi. Level ketiga (BAHAYA) diindikasikan oleh LED merah yang menyala disertai *buzzer* yang berbunyi secara kontinu ketika parameter telah melampaui batas berbahaya (suhu $> 35^{\circ}\text{C}$ atau kelembaban $> 60\% \text{ RH}$), menandakan diperlukannya tindakan ventilasi segera untuk mencegah kerusakan muatan.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian mengenai sistem *monitoring* lingkungan dan penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah banyak dilakukan sebelumnya dengan berbagai objek dan metode. Untuk memperkuat landasan teori dan menghindari duplikasi penelitian, penulis mengkaji beberapa literatur yang memiliki korelasi erat dengan variabel utama penelitian ini, yaitu sistem sensor suhu dan kelembaban, mikrokontroler, serta metode transmisi data. Analisis terhadap penelitian terdahulu ini dilakukan untuk menarik benang merah persamaan konsep yang dapat diadopsi, sekaligus menonjolkan perbedaan signifikan yang menjadi nilai tambah pada rancang bangun alat *monitoring* ruang muat kapal yang penulis kembangkan. Tabel penelitian terdahulu dijabarkan sebagai berikut:

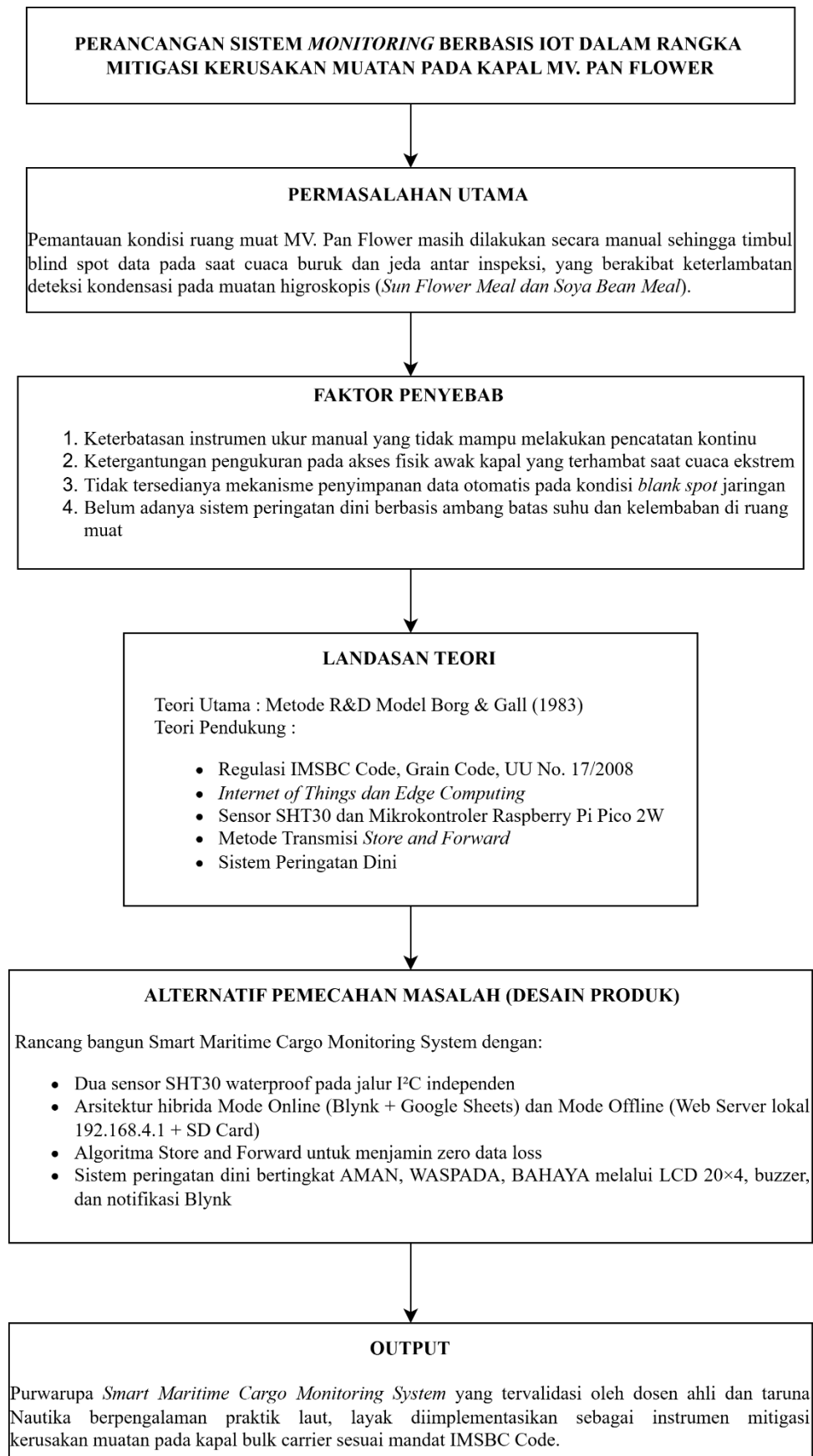
Tabel 2. 1
Penelitian Terdahulu.

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
1.	<i>Hybrid IoT Network for Real time Monitoring of Maritime Containers</i>	Ledesma et al. (2025)	Menghasilkan arsitektur IoT hibrida yang mampu memantau kondisi internal kargo secara <i>real time</i> termasuk suhu dan kelembaban, divalidasi melalui <i>field test</i> pada skenario pelayaran maritim nyata.
2.	<i>Performance Evaluation of Raspberry Pi Pico for Internet of Things and Its Analysis</i>	Adi et al. (2024)	Menunjukkan hasil <i>benchmarking</i> teknis bahwa mikrokontroler Raspberry Pi Pico memiliki stabilitas tinggi dan latensi rendah dalam menangani tugas akuisisi data sensor secara <i>multitasking</i> .
3.	Penerapan Sistem Keamanan Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) dengan Sensor Alarm Buzzer	Adetia et al. (2025)	Mengimplementasikan <i>buzzer</i> sebagai aktuator responsif yang memberikan peringatan instan (<i>real time alert</i>) saat sensor mendeteksi anomali, meningkatkan kewaspadaan pengguna.
4.	<i>Novel Architecture for Cellular IoT in Future Non-Terrestrial Networks: Store and Forward Adaptations for Enabling Discontinuous Feeder Link Operation</i>	Kellermann et al. (2022)	Membuktikan bahwa mekanisme <i>Store and Forward</i> berhasil mempertahankan integritas data sensor saat terjadi kegagalan transmisi, dan secara otomatis mengirimkan data yang tersimpan secara <i>batch</i> begitu koneksi pulih kembali.
5	<i>Analysis of Cargo Damage Factors on</i>	Wang & Zhou (2023)	Menyimpulkan bahwa fluktuasi suhu dan kurangnya ventilasi menjadi penyumbang 64% klaim

	<i>Long-Haul Bulk carrier Voyages</i>		kerusakan muatan agro pada rute pelayaran jarak jauh.
6	<i>A Low-Cost Calibration Method for Temperature, Relative Humidity, and Carbon Dioxide Sensors Used in Air Quality Monitoring Systems</i>	González Rivero et al. (2023)	Membuktikan bahwa sensor suhu dan kelembaban relatif berbiaya rendah, termasuk tipe kapasitif berbasis I ² C, mampu menghasilkan data yang andal dan akurat setelah proses kalibrasi, menjadikannya solusi valid untuk sistem <i>monitoring</i> lingkungan yang beroperasi secara kontinu.

C. KERANGKA PEMIKIRAN

MV. Pan Flower punya dua masalah yang saling terkait: *IMSBC Code* menuntut pemantauan kondisi muatan yang ketat, tapi sistem manual yang digunakan selama ini mudah kehilangan data saat cuaca buruk. Penelitian ini menjawab keduanya sekaligus. Penulis merancang sistem IoT berbasis sensor SHT30 dan Raspberry Pi Pico 2W, dengan metode *Store and Forward* sebagai pengaman agar pencatatan tetap berjalan meski koneksi terputus. Hasilnya, pengawasan muatan tidak lagi terikat jadwal inspeksi, sistem memberi peringatan lebih awal, sebelum kondensasi sempat merusak muatan. Kerangka pemikiran penelitian ini diilustrasikan pada bagan berikut:



Gambar 2.4
Kerangka Pemikiran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan purwarupa *Smart Maritime Cargo Monitoring System* berbasis mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W dan sensor SHT30 sebagai solusi pemantauan kondisi ruang muat secara otomatis dan *real time* pada kapal MV. Pan Flower. Sistem ini mengintegrasikan dua sensor *probe* SHT30 *waterproof* melalui koneksi I²C independen untuk mengukur parameter suhu dan kelembapan palka serta lingkungan luar secara simultan tanpa konflik alamat perangkat. Arsitektur konektivitas hibrida (*online dan offline*) yang diimplementasikan memungkinkan fleksibilitas operasional ganda, baik melalui *Mode Online* (Blynk IoT dan Google Sheets) maupun *Mode Offline* (*Web Server* lokal), guna mendukung pengawasan muatan curah yang bersifat higroskopis seperti *Sun Flower Meal* dan *Soya Bean Meal* sesuai dengan mandat *IMSBC Code* dan *Grain Code*.

Kinerja teknis sistem menunjukkan tingkat keandalan yang sangat tinggi dengan rata-rata *error rate* sensor secara keseluruhan sebesar 1,28% untuk suhu dan 0,3% untuk kelembapan, yang berada jauh di bawah ambang toleransi industri sebesar 5%. Mekanisme *Store and Forward* terbukti andal dalam mengatasi kondisi *Blank Spot* dengan kemampuan mendeteksi kegagalan jaringan dalam 10.000 ms dan melakukan sinkronisasi data kembali dalam 7.200 ms tanpa terjadi *packet loss*. Efektivitas mitigasi risiko *cargo sweat* diwujudkan melalui sistem peringatan dini bertingkat (AMAN, WASPADA, BAHAYA) yang responsif memberikan notifikasi serta alarm akustik bagi mualim jaga. Validitas perangkat ini diperkuat oleh hasil uji kelayakan yang mencapai persentase 98% dari dosen ahli dan 97% dari taruna Nautika, sehingga purwarupa ini dikategorikan "Sangat Sesuai" dan layak diimplementasikan sebagai instrumen mitigasi aktif untuk menjaga integritas muatan selama pelayaran.

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas dan mempertimbangkan keterbatasan penelitian yang ada, peneliti mengajukan saran kepada beberapa pihak sebagai berikut.

1. Kepada perusahaan pelayaran, penulis dengan hormat mengusulkan agar *prototype* yang telah dirancang ini kiranya dapat dipertimbangkan untuk diimplementasikan sebagai *pilot project* pada kapal *bulk carrier* sejenis, mengingat tingkat kelayakan produk yang telah divalidasi mencapai 97% dengan kategori "Sangat Sesuai". Penulis berharap usulan ini dapat menjadi bahan kajian bagi pengambilan keputusan operasional di lingkungan perusahaan.
2. Kepada Mualim I selaku Perwira penanggung jawab muatan, penulis dengan hormat menyampaikan bahwa data historis yang tersimpan pada Google Sheets kiranya dapat dimanfaatkan sebagai dokumentasi pendukung laporan kondisi muatan (*cargo condition report*) sekaligus bukti objektif untuk keperluan klaim asuransi muatan (*cargo claim*) apabila terjadi kerusakan selama pelayaran, sebagaimana diamanatkan oleh IMSBC Code. Pemanfaatan data ini diharapkan dapat memperkuat akuntabilitas pelaporan yang menjadi tanggung jawab Perwira di atas kapal.
3. Kepada peneliti selanjutnya, penulis menyarankan agar pengembangan dapat diarahkan pada tiga aspek berikut. Pertama, *casing prototype* sebaiknya didesain dengan standar IP67 atau *Intrinsically Safe* (IS) agar perangkat aman dioperasikan di ruang muat yang rawan debu muatan, kelembaban tinggi, dan atmosfer berbahaya. Kedua, pada sisi transmisi data, integrasi modul *Wireless* (LoRa WAN) atau komunikasi satelit dapat menjadi alternatif di area *Blank Spot* tengah laut yang tidak terjangkau jaringan Wi-Fi maupun seluler, sehingga pengiriman data pemantauan tidak bergantung pada infrastruktur darat. Ketiga, sistem perlu dilengkapi sensor gas CO dan O₂ untuk mendeteksi risiko atmosfer berbahaya di ruang muat sekaligus memenuhi ketentuan SOLAS Bab VI tentang *oxygen analysis and gas detection equipment*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekunte, A., & Sadiku, M. N. O. (2025). *Internet of Things* in the maritime industry: Applications, challenges, and future directions. *IEEE Access*.
- Adetia, R., et al. (2025). Penerapan sistem keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sensor alarm buzzer. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*.
- Adi, S., et al. (2024). Performance evaluation of Raspberry Pi Pico for *Internet of Things* and its analysis. Dalam *Proceedings of the International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS)*. IEEE.
- Asry. (2022). Pemanfaatan *Google Apps Script* sebagai antarmuka berbasis cloud untuk integrasi data sistem IoT pada Google Sheets. *JEAT: Journal of Electrical and Automation Technology*.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1983). *Educational research: An introduction* (4th ed.). Longman.
- Dauda, et al. (2024). Klasifikasi arsitektur *Internet of Things* berdasarkan model deployment: Cloud, edge, dan fog computing. *Sensors*.
- Edworthy, J., et al. (2022). *Multi-modal alarm design for improving operator response time and reducing error*. *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- Ejaz, W., et al. (2025). *IoT for hazard detection: Integration of environmental sensors with automated warning systems for workplace safety*. *Sensors*, 25(2).
- Geng, X., et al. (2023). Navigating the Sea of Data A Comprehensive Review on Data Analysis in Maritime IoT Applications. *Ocean Engineering*, 278, 114–132.
- González Rivero, R., et al. (2023). A low-cost calibration method for temperature, relative humidity, and carbon dioxide sensors used in air quality monitoring systems. *Atmosphere*, 14, 191. <https://doi.org/10.3390/atmos14020191>
- Google LLC. (2024). *Google Workspace developer documentation: Google Apps Script*. <https://developers.google.com/apps-script>
- Halfacree, G. (2023). *Get started with MicroPython on Raspberry Pi Pico* (2nd ed.). Raspberry Pi Press.
- Halfacree, G., & Upton, E. (2023). *The official Raspberry Pi Pico guide*. Raspberry Pi Press.
- Hall, J.A. (2019). *Accounting Information Systems* (10th ed.). Cengage Learning.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). *Fundamentals of physics* (11th ed.). John Wiley & Sons.
- House, D. J. (2021). *Cargo work for maritime operations* (9th ed.). Routledge.

- International Maritime Organization. (2020). *International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (Grain Code)*. IMO Publishing.
- International Maritime Organization. (2020). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, as amended*. IMO Publishing.
- International Maritime Organization. (2020). *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code*. IMO Publishing.
- Izaddoost, A., & Siewierski, M. (2020). Energy efficient data transmission in IoT sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 155, 102–115.
- Javaid, M., Haleem, A., Rab, S., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Sensors for daily life: A review. *Sensors International*, 2, 100121.
- Kellermann, R., et al. (2022). *IoT architecture for non-terrestrial networks: Adaptive mechanisms for edge storage in connectivity-limited environments*. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(18), 17245–17260.
- Kok C. L., et al. (2025). *Real time temperature and humidity monitoring system for hygroscopic object preservation in library environments*. *Sensors*.
- Kuphaldt, T. R. (2024). *Lessons in industrial instrumentation* (Edisi daring). <https://www.ibiblio.org/kuphaldt/electricCircuits/>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson Education.
- Ledesma, et al. (2025). *Hybrid IoT network for real time monitoring of maritime containers*. *Computer Networks*.
- Monk, S. (2022). *Programming Arduino: Getting started with sketches* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Morris, A. S., & Langari, R. (2021). *Measurement and instrumentation: Theory and application* (3rd ed.). Academic Press.
- Pebralia, J., et al. (2023). Integrasi *Internet of Things* dengan Google Sheets melalui *Google Apps Script* untuk penyimpanan dan visualisasi data sensor otomatis. *Journal Online of Physics*.
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Raspberry Pi Ltd. (2024). *Raspberry Pi Pico 2 W datasheet*. <https://datasheets.raspberrypi.com/picow/pico-2-w-datasheet.pdf>
- Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008.
- Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran. (2023). *Pedoman penulisan proposal dan skripsi: Program Pendidikan Diploma IV*. Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.

- Sensirion AG. (2022). *Datasheet SHT30: Digital humidity and temperature sensor*.
<https://sensirion.com/products/catalog/SHT30-DIS-B>
- Shanto, S. A., et al. (2023). *Blynk IoT platform for real time monitoring and control: A comprehensive study*. *Engineering Research*, 5(2), 45–58.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sommerville, I. (2016). *Software engineering* (10th ed.). Pearson Education.p
- Shrivastava, M., Mahato, M., Chandrol, M. K., & Tripathi, M. (2022). *Internet of Things (IoT): Research, Architectures and Applications*. *International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering*, 4(3), 23–27.
- Thomas, R. E., Thomas, O., & Parry-Jones, A. (2018). *Thomas' stowage: The properties and stowage of cargoes* (8th ed.). Brown, Son & Ferguson.
- Uchida, O., et al. (2024). *IoT-based early warning systems: Sensor reliability and real time anomaly detection*. Dalam *Mobile Internet Security* (hlm. 112–128). Springer Nature.
- Wang, Y., & Zhou, X. (2023). *CFD simulation of moisture migration and condensation risk in bulk carrier cargo holds*. *Applied Sciences*, 13(8), 4892.
- Wang, Y., Zhou, X., et al. (2023). *Analysis of cargo damage factors on long-haul bulk carrier voyages: Temperature gradients and condensation mechanisms*. *Applied Sciences*, 13(12), 7145.
- White, E. (2024). *Making embedded systems: Design patterns for great software* (2nd ed.). O'Reilly Media.
- Zulhelman, Z., & Wisesa, H. (2021). *Rancang bangun sistem pemantau kualitas udara berbasis Raspberry Pi*. *Jurnal Teknik Elektro*.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1 MV. PAN FLOWER



Lampiran 2 Ship Particular

SHIP'S PARTICULAR

OFFICIAL NO.
44321-12-C

Name	PAN FLOWER	Keel Laid	2011-12-27
Type	BULK CARRIER	Launched	2012-07-23
Registry	PANAMA / 2012-09-11	Delivered	2012-10-30
Classification	KOREAN REGISTER OF SHIPPING	TPC	71.93 MT at Summer Draft
Call Sigh	3FZO9	Anchor	AC-14 Anchor. 8775 KG X 2 sets
IMO Number	9625841	Chain	84.0mm dia x 357.5m (13 shackles on Port)
MMSI Number	373975000		84.0mm dia x 330m (12 shackles on Stb'd)
Owner	POS MARITIME YA S.A.	Propeller	7,000 mm
Operator	PAN OCEAN CO., LTD.	Pitch	5,355 mm
Address	(03157) Tower8, 7, Jong-ro 5-gil, Jongno-gu, Seoul, Korea	Propeller Immersion	7.319 mtr
Management co	POS SM Co., Ltd.	Engine	Diesel. STX-Dalian Engine 6S60MC-C8
Building	STX Dalian Shipbuilding Co., Ltd.	Generator	MCR 9659 kw(89 RPM) NCR 8210 kw(84.3RPM)
LOA	229 M	Serviced Speed	14.10 kts
LBP	225.5 M	Daily consumption	32.56 Tons/Day
Breadth(MLD)	32.24 M	Tel (VSAT)	(Bridge) : +82-70-7711-4550
Depth(MLD)	20.2 M		(Capt) : +82-70-7711-4551
Height	53.882M - Keel to highest point	Inmarsat C	437 397 510 / 437 397 511
Hold Height	23.4 M - Keel to Hatch Cover	Iridium Tel	Voice : +6-881-677132888
		E-mail	panflower@panocean.com

Tonnage	International	Panama	Suez
Gross Tonnage	45,055.000		46,396.02
Net Tonnage	26,973.000	39,288.00	42,008.72
Light Tonnage	13,837.626		

Draft Mark	Draft	Displacement	Deadweight	Freeboard
Tropical Fresh	15.157 mtr	98,648.20	84,810.60	5.087 mtr
Fresh	14.855 mtr	96,527.80	82,690.20	5.389 mtr
Tropical	14.821 mtr	98,696.30	84,858.70	5.423 mtr
Summer	14.519 mtr	96,524.20	82,686.60	5.725 mtr
Winter	14.217 mtr	94,353.20	80,515.60	6.027 mtr

Cargo Hold	Compartment	Frame No.	Volume(M3)	Max Load (MT)	Hatch Dimension(LXB)
	NO.1 C/H	221 - 251	12,759.7	19,015.0	16.34 X 12.10
	NO.2 C/H	191 - 222	13,982.2	13,982.0	17.20 X 15.00
	NO.3 C/H	161 - 192	13,990.8	20,830.0	17.20 X 15.00
	NO.4 C/H	131 - 162	13,990.7	13,991.0	17.20 X 15.00
	NO.5 C/H	101 - 132	13,990.8	20,810.0	17.20 X 15.00
	NO.6 C/H	71 - 102	13,990.7	13,991.0	17.20 X 15.00
	NO.7 C/H	41 - 72	13,825.3	20,905.0	17.20 X 15.00
			96,530.2		

F.O Tank	Compartment	Capacity(M3)	Compartment	Capacity(M3)
	No.1 H.F.O Tk(P)	463.48 m3	L.S.H.F.O SETT. Tk.	50.58 m3
	No.1 H.F.O Tk(S)	463.48 m3	L.S.H.F.O SERV. Tk.	50.58 m3
	No.2 H.F.O Tk(P)	463.48 m3	M.D.O STOR. Tk(P)	75.68 m3
	No.2 H.F.O Tk(S)	463.48 m3	M.D.O STOR. Tk(S)	117.83 m3
	No.3 H.F.O Tk(P)	110.40 m3	M.D.O SETT. Tk.	25.25 m3
	H.F.O SETT. Tk.	50.58 m3	M.D.O SERV. Tk.	25.25 m3
	H.F.O SERV. Tk.	50.58 m3	M.G.O STOR. Tk.	275.94 m3



MASTER OF MV PAN FLOWER

Lampiran 3 Crew List

IMO CREW LIST

1.1 Name and Type of Ship		PAN FLOWER		V Arrival		Departure		Page No.			
1.2 IMO Number		9625841		BULK CARRIER		2. Part of Arrival		1 of 1			
1.3 Call Sign		3FZ09		SAN LORENZO, ARGENTINA		3. Date of Departure					
4. Flag State of Ship		PANAMA		5. Last port of call		6. Next port of call		13. Nature and No. of Identity Document			
		HALDIA, INDIA		SAN LORENZO, ARGENTINA							
7. No.	8. Family name, given names	9. Sex	10. Rank or rating	11. Nationality	12. Date and place of birth	Passport Number	Passport Expiry Date	Seaman's Book Number	Seaman's Book Expiry Date	14. Port of Embarkation	15. Date of Embarkation
1	MUJUN JONG HUN	M	MTR	Korea	30-Sep-1969	M20508768	29-Apr-2032	BS127-04858	Unlimited	Singapore	19-Jan-2025
2	YUSRIAN MARTIEN LUNG	M	C/O	Indonesia	9-Jul-1980	E7167850	14-Mar-2034	H006117	9-Dec-2027	Haldia, India	2-Feb-2025
3	ARU SABRONO SAKTI	M	2/O	Indonesia	31-Mar-1996	E5818632	6-Dec-2033	H005372	2-Aug-2026	Singapore	19-Jan-2025
4	AGIL ANDRUA PUTRA	M	3/O	Indonesia	25-Jun-2001	E8457533	19-Aug-2034	G059424	22-Apr-2026	Dangjin, S. Korea	5-Dec-2024
5	HWANG NAM DOUK	M	C/E	Korea	6-Dec-1982	M68763745	24-Aug-2030	BS010-04696	Unlimited	Dangjin, S. Korea	5-Dec-2024
6	DIMAS RIO PRATAMA	M	1/E	Indonesia	22-Dec-1992	X3413473	27-Aug-2034	1075879	2-Aug-2026	Hay Point, Australia	2-Sep-2024
7	ARJUN WAHYU SANTOSO	M	2/E	Indonesia	30-Apr-1993	C7802387	22-Apr-2027	F307729	13-Dec-2026	Kuantan, Malaysia	17-Sep-2024
8	KHOIRUL KURNIAWAN BIMANTARA	M	3/E	Indonesia	25-Oct-1997	C8675123	2-Mar-2027	1058732	5-Jul-2026	Singapore	19-Jan-2025
9	ANASJANI AMIR	M	BSN	Indonesia	25-Jul-1979	C8427432	25-Jan-2027	G019433	24-Nov-2025	Hay Point, Australia	2-Sep-2024
10	MURKHOLIS	M	AB A	Indonesia	12-Mar-1999	E3603984	4-May-2033	1028892	6-Apr-2026	Hay Point, Australia	2-Sep-2024
11	SISWANDI BUDIMAN	M	AB B	Indonesia	1-Mar-1980	X4558782	9-Dec-2034	J103488	2-Dec-2027	Singapore	19-Jan-2025
12	IWAN SUSANTO	M	AB C	Indonesia	8-Feb-1983	E4745888	7-Sep-2033	H033736	4-Jul-2027	Haldia, India	2-Feb-2025
13	FERDI ISANUDIN	M	OS	Indonesia	2-Aug-1991	E1698156	25-Nov-2032	H082829	15-Dec-2025	Singapore	19-Jan-2025
14	TRIGONO SUDJONO SUMINTA ALIMADJA	M	NO. 1 OLR	Indonesia	17-Nov-1971	E3585475	29-May-2033	1040214	16-Jun-2026	Hay Point, Australia	2-Sep-2024
15	BUDI YULIANTO SUTRISNO	M	OLR A	Indonesia	29-Jul-1976	E3397682	17-Apr-2033	J038793	17-May-2027	Port Dickson, Malaysia	22-Jul-2024
16	NUR AHMADI	M	OLR B	Indonesia	5-Sep-1978	C7544730	13-Sep-2026	G108846	2-Dec-2026	Hay Point, Australia	2-Sep-2024
17	MOHAMMAD SYALIM	M	OLR C	Indonesia	8-Feb-1973	E4640629	24-Aug-2033	G064657	8-Mar-2026	Singapore	19-Jan-2025
18	SRYLUSI IWAYAN SURYAWAN	M	C/O	Indonesia	10-Feb-1980	E7055532	30-May-2034	1049128	9-May-2026	Hay Point, Australia	2-Sep-2024
19	HARIYONO MASKUR MOHAMAD	M	2ND COOK	Indonesia	20-Dec-1983	C7151916	28-May-2026	H068967	19-Oct-2025	Port Dickson, Malaysia	22-Jul-2024
20	BAYU FAJAR PURWANTO	M	D/CDT	Indonesia	9-Apr-2002	E5596973	24-Feb-2034	J039122	27-May-2027	Hay Point, Australia	2-Sep-2024
21	FERRARI ANNANDA HERU PRASETYA	M	E/CDT	Indonesia	2-Oct-2002	E5596811	23-Feb-2034	J039115	27-May-2027	Hay Point, Australia	2-Sep-2024

16. Date and Signature by Master, Authorized Agent or Officer

Capt. MUJUN JONG HUN

MASTER OF MV PAN FLOWER

PANAMA

Lampiran 4 Cuaca Buruk Pada Saat Pelayaran



Lampiran 5 Kecepatan Angin Saat Cuaca Buruk



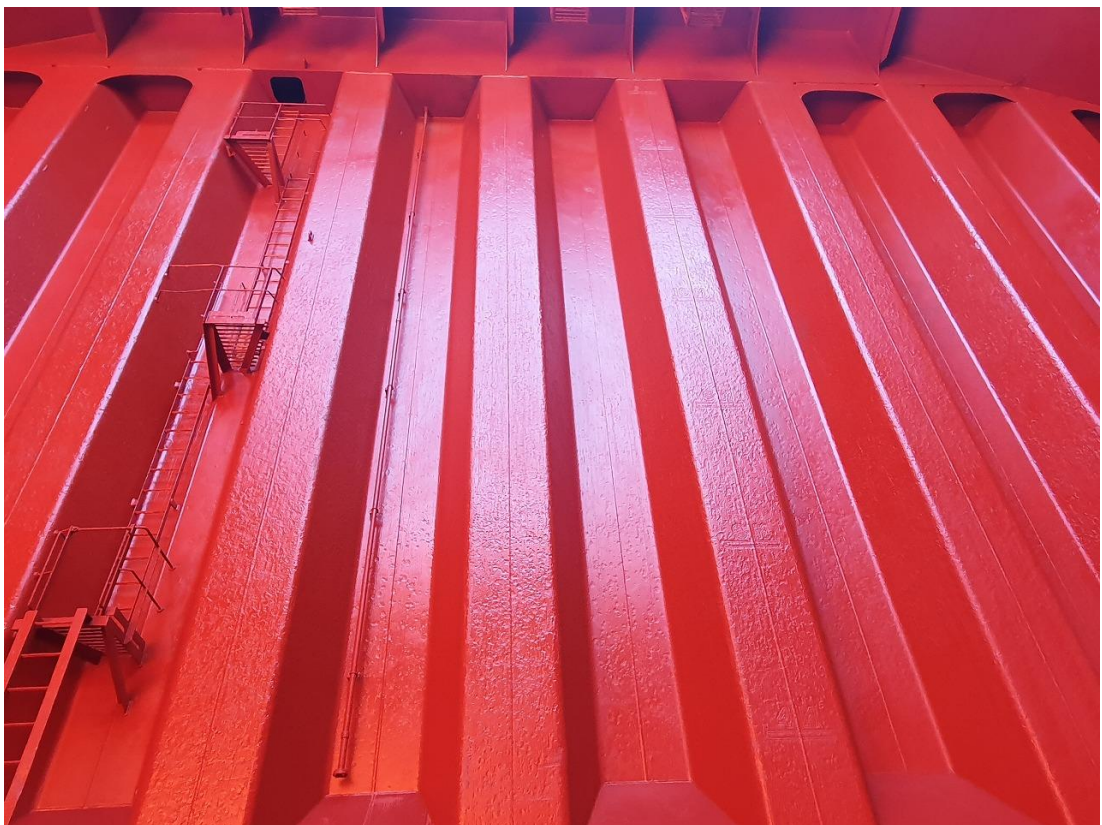
Lampiran 6 Catatan Suhu di dalam Palka

PAN FLOWER VOY103, VENTILATION LOG - DEW POINT RULE - Excel																										
ongert008@gmail.com																										
PAN FLOWER - VENTILATION LOG																										
1																										
2 Vessel: MV. PAN FLOWER																										
3 Loading Port: SAN LORENZO, ARGENTINA																										
4 Discharging Port: AARHUS, DENMARK																										
5 Cargo: SBM & SFM																										
6 Quantity: 46724.32 MT																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										
31																										
32																										
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										
38																										
39																										
40																										
41																										
42																										
43																										
44																										
45																										
46																										
47																										
48																										
49																										
50																										
51																										
52																										
53																										
54																										
55																										
56																										
57																										
58																										
59																										
60																										
61																										
62																										
63																										
64																										
65																										
66																										
67																										
68																										
69																										
70																										
71																										
72																										
73																										
74																										
75																										
76																										
77																										
78																										
79																										
80																										
81																										
82																										
83																										
84																										
85																										
86																										
87																										
88																										
89																										
90																										
91																										
92																										
93																										
94																										
95																										
96																										
97																										
98																										
99																										
100																										
101																										
102																										
103																										
104																										
105																										
106																										
107																										
108																										
109																										
110																										
111																										
112																										
113																										
114																										
115																										
116																										
117																										
118																										
119																										
120																										
121																										
122																										
123																										
124																										
125																										
126																										
127																										
128																										
129																										
130																										
131																										
132																										
133																										
134																										
135																										
136																										
137																										
138																										
139																										
140																										
141																										
142																										
143																										
144																										
145																										
146																										
147																										
148																										
149																										
150																										
151																										
152																										
153																										
154																										
155																										
156																										
157																										
158																										
159																										
160																										
161																										
162																										
163																										
164																										
165																										
166																										
167																										
168																										
169																										
170																										
171																										
172																										
173																										
174																										
175																										
176																										
177																										
178																										
179																										
180																										
181																										
182																										
183																										
184																										
185																										
186																										
187																										
188																										
189																										
190																										
191																										
192																										
193																										
194																										
195																										
196																										
197																										
198																										
199																										
200																										
201																										
202																										
203																										
204																										
205																										
206																										
207																										
208																										
209																										
210																										
211																										
212																										
213																										
214																										
215																										
216																										
217																										
218																										
219																										
220																										
221																										
222																										
223																										
224																										
225																										
226																										
227																										
228																										
229																										
230																										
231																										
232																										
233																										
234																										
235																										
236																										
237																										
238																										
239																										
240																										
241																										
242																										
243																										
244																										
245																										
246																										
247																										
248																										
249																										
250																										
251																										
252																										
253																										
254																										
255																										
256																										
257																										
258																										
259																										
260																										
261																										
262																										
263																										
264																										
265																										
266																										
267																										
268																										
269																										
270																										
271																										
272																										
273																										
274																										
275																										
276																										
277																										
278																										
279																										
280																										
281																										
282																										
283																										
284																										
285																										
286																										
287																										
288																										
289																										
290																										
291																										
292																										
293																										
294																										
295																										
296																										
297																										
298																										
299																										
300																										
301																										
302																										
303																										
304																										
305																										
306																										
307																										
308																										
309																										
310																										
311																										
312																										
313																										
314																										
315																										
316																										
317																										
318																										
319																										
320																										
321																										
322																										
323																										
324																										
325																										
326																										
327																										
328																										
329																										
330																										
331																										
332																										
333																										
334																										
335																										
336																										
337																										
338																										
339																										
340																										
341																										
342																										
343																										
344																										
345																										
346																										
347																										
348																										
349																										
350																										
351																										
352																										
353																										
354																										
355																										
356																										
357																										
358																										
359																										
360																										
361																										
362																										
363																										
364																										
365																										
366																										
367																										
368																										
369																										
370																										
371																										
372																										
373																										
374																										
375																										
376																										
377																										
378																										
379																										
380																										
381																										
382																										
383																										
384																										
385																										
386																										
387																										
388																										
389																										
390																										
391																										
392																										
393																										
394																										
395																										
396																										
397																										
398																										
399																										
400																										
401																										
402																										
403																										
404																										
405																										
406																										
407																										
408																										
409																										
410																										
411																										
412																										
413																										
414																										
415																										
416																										
417																										
418																										
419																										
420																										
421																										
422																										
423																										
424																										
425																										
426																										
427																										
428																										
429																										
430																										
431																										
432																										
433																										
434																										
435																										
436																										
437																										
438																										
439																										
440																										
441																										
442																										
443																										
444																										
445																										
446																										
447																										
448																										
449																										
450																										
451																										
452																										
453																										
454																										
455																										
456																										
457																										
458																										
459																										
460																										
461																										
462																										
463																										
464																										
465																										
466																										
467																										
468																										
469																										
470																										
471																										
472																										
473																										
474																										
475																										
476																										
477																										
478																										
479																										
480																										
481																										
482																										
483																										
484																										
485																										
486																										
487																										
488																										
489																										
490																										
491																										
492																										
493																										
494																										
495																										
496																										
497																										
498																										
499																										
500																										
501																										
502																										
503																										
504																										
505																										
506																										
507																										
508																										
509																										
510																										
511																										
512																										
513																										
514																										
515																										
516																										
517																										
518																										
519																										
520																										
521																										
522																										
523																										
524																										
525																										
526																										
527																										
528																										
529																										
530																										
531																										
532																										
533																										
534																										
535																										
536																										
537																										
538																										
539																										
540																										
541																										
542																										
543																										
544																										
545																										
546																										
547																										
548																										
549																										
550																										
551																										
552																										
553																										
554																										
555																										
556																										
557																										
558																										
559																										
560																										
561																										
562																										
563																										
564																										
565																										
566																										
567																										
568																										
569																										
570																										
571																										
572																										
573																										
574																										
575																										
576																										
577																										
578																										
579																										
580																										
581																										
582																										
583																										
584																										
585																										
586																										
587																										
588																										
589																										
590																										
591																										
592																										
593																										
594																										
595																										
596																										
597																										
598																										
599																										
600																										
601																										
602																										
603																										
604																										
605																										
606																										
607																										
608																										
609																										
610																										
611																										
612																										
613																										
614																										
615																										
616																										
617																										
618																										
619																										
620																										
621																										
622																										
623																										
624																										
625																										
626																										
627																										
628																										
629																										
630																										
631																										
632																										
633																										
634																										
635																										
636																										
637																										
638																										
639																										
640																										
641																										
642																										
643																										
644																										
645																										
646																										
647																										
648																										
649																										
650																										
651																										
652																										
653																										
654																										
655																										
656																										
657																										
658																										
659																										
660																										
661																										
662																										
663																										
664																										
665																										
666																										
667																										
668																										
669																										
670																										
671																										
672																										
673																										
674																										
675																										
676																										
677																										
678																										
679																										
680																										
681																										
682																										
683																										
684																										
685																										
686																										
687																										
688																										
689																										
690																										
691																										
692																										
693																										
694																										
695																										
696																										
697																										
698																										
699																										
700																										
701																										
702																										
703																										
704																										
705																										
706																										
707																										
708																										
709																										
710																										
711																										
712																										
713																										
714																										
715																										
716																										
717																										
718																										
719																										
720																										
721																										
722																										
723																										
724																										
725																										
726																										
727																										
728																										
729																										
730																										
731																										
732																										
733																										
734																										
735																										
736																										
737																										
738																										
739																										
740																										
741																										
742																										
743																										
744																										
745																										
746																										
747																										
748																										
749																										
750																										
751																										
752																										
753																										
754																										
755																										
756																										
757																										
758																										
759																										
760																										
761																										
762																										
763																										
764																										
765																										
766																										
767																										
768																										
769																										
770																										
771																										
772																										
773																										

Lampiran 7 Kerusakan Pada Muatan



Lampiran 8 Kondisi Palka Sebelum Memuat



Lampiran 9 Bill Of Lading

CODE NAME: "CONGENBILL", EDITION 1994

Shipper

ACEITERA GENERAL DEHEZA S.A.
AV. LEANDRO N. ALEM 815 PISO 7 CP: C1001AAD - CABA - ARGENTINA

BILL OF LADING

TO BE USED WITH CHARTER-PARTIES

Reference No.

B/L No. 1

Consignee

TO ORDER

Notify address

DLG AMBA
BALLESVEJ 2
DK-7000 FREDERICIA

Vessel

MV PAN FLOWER

Port of Loading

SAN LORENZO, ARGENTINA

Port of Discharge

AARHUS, DENMARK

Shipper's description of goods

ARGENTINE EXTRACTED TOASTED SOYABEANMEAL, IN BULK.

SAID TO WEIGH: TWELVE THOUSAND, FOUR HUNDRED EIGHT AND 170/1000 METRIC TONS

Gross weight

12.408.170 MT

CLEAN ON BOARD MARCH 19TH, 2025

FREIGHT AS PER C/P

STOWED INTO HOLDS NUMBER: 1.6

ORIGINAL

(of which NIL on deck at Shipper's risk; the Carrier not being responsible for loss or damage howsoever arising)

Freight payable as per
CHARTER-PARTY dated: OCTOBER 31ST, 2024

FREIGHT ADVANCE.
Received on account of freight:

Time used for loading days hours.

SHIPPED at the Port of Loading in apparent good order and condition on board the vessel for carriage to the Port above.

Weight, measure, quality, quantity, condition, contents and value unknown.

IN WITNESS whereof the Master or Agent of the said Vessel has signed the number of Bills of Lading indicated below all of this tenor and date, any one of which being accomplished the others shall be void.

FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF

Freight payable at
AS PER C/P

Number of original Bs/L
3/3

Place and date of issue
BUENOS AIRES, MARCH 19TH, 2025

Signature

INDEPENDENT SHIP AGENTS S.A.

AS AGENT FOR AND ON BEHALF OF THE MASTER
CAPTAIN MUN JONG HUN

CODE NAME: "CONGENBILL". EDITION 1994

Shipper

ACEITERA GENERAL DEHEZA S.A.
AV. LEANDRO N. ALEM 815 PISO 7 CP: C1001AAD - CABA - ARGENTINA

BILL OF LADING

TO BE USED WITH CHARTER-PARTIES

Reference No.

B/L No. **2**

Consignee

TO ORDER

Notify address

DLG AMBA
BALLESVEJ 2
DK-7000 FREDERICIA

Vessel

Port of Loading

MV PAN FLOWER

SAN LORENZO, ARGENTINA

Port of Discharge

AARHUS, DENMARK

Shipper's description of goods

Gross weight

ARGENTINE EXTRACTED TOASTED SOYABEANMEAL, IN BULK.

26,617.550 MT

SAID TO WEIGH: TWENTY SIX THOUSAND, SIX HUNDRED SEVENTEEN AND 550/1000 METRIC TONS

CLEAN ON BOARD MARCH 19TH, 2025

FREIGHT AS PER C/P

STOWED INTO HOLDS NUMBER: 2,3,5,7

ORIGINAL

(of which **NIL** on deck at Shipper's risk; the Carrier not being responsible for loss or damage howsoever arising)

Freight payable as per
CHARTER-PARTY dated: **OCTOBER 31ST, 2024**

FREIGHT ADVANCE.
Received on account of freight:

Time used for loading: days hours.

SHIPPED at the Port of Loading in apparent good order and condition on board the vessel for carriage to the Port of Discharge or so near thereto as she may safely get the goods specified above.
Weight, measure, quality, quantity, condition, contents and value unknown.
IN WITNESS whereof the Master or Agent of the said Vessel has signed the number of Bills of Lading indicated below all of this tenor and date, any one of which being accomplished the others shall be void.

FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF

Freight payable at AS PER C/P	Place and date of issue BUENOS AIRES, MARCH 19TH, 2025
Number of original Bs/L 3/3	Signature INDEPENDENT SHIP AGENTS S.A.

AS AGENT FOR AND ON BEHALF OF THE MASTER
CAPTAIN MUN JONG HUN

Lampiran 10 Letter Of Protest

SBM



DLG a.m.b.a
Ballestvej 2
7000 Fredericia
Phone 45 3368 6750
Fax 45 3368 8897
Reg. SE 16 21 01 10

To whom it may concern:

LETTER OF PROTEST

www.dlg.dk

Page 1 of 1

Vessel: M/V "PAN FLOWER"
Port of loading: San Lorenzo, Argentina
Port of discharge: Aarhus, Denmark
Commodity: Soyabeanmeal in bulk
B/L weight: 39.025,720 mts
Outturn as per shore scale: 38.691,680 mts

After having discharged am vessel, we, DLG AmbA, have found discrepancy in
B/L weight: ~~340,040~~ mts equal to 0,856%

334,040 *

In that respect we hereby hold you fully responsible for any/all costs arising due to
the above, and hereby reserve the rights to revert on this matter.

On behalf of DLG AmbA


 Schultz Shipping A/S
AS AGENTS ONLY
Henrik Gamm Christensen

Master, MV "PAN FLOWER"

* Resigned


 Schultz Shipping A/S
AS AGENTS ONLY
Rasmus Futtrup

RECEIVED ONLY



DISCHARGED CARGO AS PER SHORE FIGURE
VESSEL IS NOT RESPONSIBLE FOR QUANTITY

Lampiran 11 Pengujian Alat Dengan Dosen Validator 1



Lampiran 12 Lembar Penilaian Validasi 1

Uji Validasi Produk Smart Maritime Cargo Monitoring System Berbasis Raspberry Pi Pico 2W

Tujuan : Penggunaan sensor SHT30 dan mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W untuk memantau suhu dan kelembaban ruang muat. Skenario yang dikembangkan adalah perancangan sistem peringatan dini (*early warning*) dan pencatatan data otomatis (*data logging*) guna memitigasi risiko cargo sweat.

Nama : Capt. Chanra . P .

Keahlian : Nautika

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

Komentar dan Saran

✓ Pengembangan, Penelitian lanjutan bisa " deteksi O₂, CO, + Automatic Ventilator palka .

Keterangan :

- 1 : Tidak Sesuai
- 2 : Kurang Sesuai
- 3 : Cukup Sesuai
- 4 : Sesuai
- 5 : Sangat Sesuai

Jakarta, 15/04/2026
Validator
(Signature)
(Chanra . P.)

Lampiran 13 Pengujian Alat Dengan Dosen Validator 2



Lampiran 14 Lembar Validasi 2

Uji Validasi Produk Smart Maritime Cargo Monitoring System Berbasis Raspberry Pi Pico 2W

Tujuan : Penggunaan sensor SHT30 dan mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W untuk memantau suhu dan kelembaban ruang muat. Skenario yang dikembangkan adalah perancangan sistem peringatan dini (*early warning*) dan pencatatan data otomatis (*data logging*) guna memitigasi risiko cargo sweat.

Nama : ADITYA RINALDI, S.Si, M.Si

Keahlian :

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

Komentar dan Saran

Pertinahkan dan Kondisikan sistem sesuai dengan studi kasus yang diambil, agar terlihat hubungan temperatur dengan kelembapan Relativitas.

Keterangan :

- 1 : Tidak Sesuai
- 2 : Kurang Sesuai
- 3 : Cukup Sesuai
- 4 : Sesuai
- 5 : Sangat Sesuai

Jakarta, 22 April 2026

Validator

(.....)
Aditya Rinaldi.

Lampiran 15 Hasil Validasi Pengguna

Form_Responses							
	Timestamp	Nama Lengkap	Desain Alat	Fungsi Setiap Komponen	Efektivitas Setiap Komponen	Konsistensi Alat	Keamanan Produk
2	17/04/2026 9:12:05	ahmad ananda saputra		5	5	5	4
3	17/04/2026 9:14:49	Raihan Dhaifin Ramadha		5	5	5	5
4	17/04/2026 14:18:01	HADRIAN MANGGALA F		5	5	5	5
5	22/04/2026 17:40:57	HAFIS AULIA		5	5	5	5
6	22/04/2026 17:43:47	Yoel Natanael Fernando		5	5	5	5
7	22/04/2026 17:45:52	DHEVANNI RAMDANA V		5	5	5	5
8	22/04/2026 17:49:38	Muhamad Rizky Hanifan		5	5	5	5
9	22/04/2026 17:52:08	Wikky		5	5	5	5
10	22/04/2026 18:17:17	KADEK GONDAN PRAMI		5	5	5	5
11	22/04/2026 18:19:35	Bima Alfarifqi Hartanto		5	5	5	5
12	22/04/2026 18:56:32	Afif Ramadhan		5	5	5	5
13	29/04/2026 11:41:47	MOHAMMAD NUR RADI		4	5	5	4
14	29/04/2026 11:57:50	TEGAR BINTANG SAMUI		5	5	5	4
15	29/04/2026 12:11:51	ANGGA SAPTARI		5	5	5	4
16	29/04/2026 12:51:41	Sandi Yudha Mahadika F		5	5	5	5
17	30/04/2026 9:43:33	MUHAMMAD ARDY WIN		5	5	5	4
18	04/05/2026 12:18:00	AZMI BINTANG ADHAR		4	4	5	4
19	05/05/2026 12:58:32	DIMAS AZIZ MAULANA		5	5	4	5

Lampiran 16 Pengujian Oleh Pengguna



Lampiran 17 Coding Program

```
// =====  
// 1. KONFIGURASI BLYNK & LIBRARY  
// =====  
  
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6vDZszdqX"  
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "SYSTEM MONITORING TEMPERATURE AND  
HUMIDITY"  
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "oCymmR3kedMweLT5vasxeDoG45KYUuTy"  
#define BLYNK_PRINT Serial  
  
#include <Wire.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
#include <Adafruit_SHT31.h>  
#include <WiFi.h>  
#include <WiFiClientSecure.h>  
#include <BlynkSimpleWifi.h>  
#include <HTTPClient.h>  
#include <SPI.h>  
#include <SD.h>  
  
// =====  
// 2. KONFIGURASI JARINGAN (AUTO-SWITCH)  
// =====  
  
const char* ssidSTA = "Jaringan scam";  
const char* passSTA = "1234567890";  
  
const char* ssidAP = "MV_PAN_FLOWER_MONITOR";  
const char* passAP = "maritimstip";  
  
String GOOGLE_SCRIPT_URL =  
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbxo64SPGz12SezUD1Jaohjllkagbv6Q8M0d0Cht2Qwwd9  
NORo1cMizeFNpKsRwyZ9qK4Q/exec";  
  
WiFiServer server(80);  
  
// =====  
// 3. KONFIGURASI PIN & VARIABEL  
// =====  
  
#define PIN_SDA_0 8  
#define PIN_SCL_0 9
```

```

#define PIN_SDA_1 6
#define PIN_SCL_1 7
#define PIN_LED_G 10
#define PIN_LED_Y 11
#define PIN_LED_R 12
#define PIN_BUZZER 15
#define PIN_CS 17
#define PIN_MISO 16
#define PIN_SCK 18
#define PIN_MOSI 19

const float BATAS_SUHU_BAHAYA = 40.0;
const float BATAS_RH_BAHAYA = 73.0;

const float BATAS_SUHU_WASPADA = 35.0;
const float BATAS_RH_WASPADA = 68.0;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
Adafruit_SHT31 sht_in = Adafruit_SHT31(&Wire);
Adafruit_SHT31 sht_out = Adafruit_SHT31(&Wire1);

float t_in = 0, h_in = 0, t_out = 0, h_out = 0;
float t_in_old = 0, h_in_old = 0, t_out_old = 0, h_out_old = 0;
const float SENSITIVITAS = 0.3;
String statusTeks = "AMAN ";

unsigned long lastSensorTime = 0;
unsigned long lastBlynkTime = 0;
unsigned long lastLogTime = 0;
unsigned long nomorUrut = 0;
bool isModeOnline = false;

// =====
// 4. SETUP
// =====

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  pinMode(PIN_BUZZER, INPUT);

```

```

    pinMode(PIN_LED_G, OUTPUT); pinMode(PIN_LED_Y, OUTPUT);
    pinMode(PIN_LED_R, OUTPUT);

    Wire.setSDA(PIN_SDA_0); Wire.setSCL(PIN_SCL_0); Wire.begin();
    Wire.setClock(100000);

    Wire1.setSDA(PIN_SDA_1); Wire1.setSCL(PIN_SCL_1); Wire1.begin();
    Wire1.setClock(100000);


    lcd.init(); lcd.backlight();

    lcd.setCursor(0,0); lcd.print("  SYSTEM BOOTING  ");


    SPI.setRX(PIN_MISO); SPI.setCS(PIN_CS); SPI.setSCK(PIN_SCK);
    SPI.setTX(PIN_MOSI);

    SPI.begin();

    if (SD.begin(PIN_CS, SPI)) {

        File dataFile = SD.open("/datalog.csv", FILE_WRITE);

        if (dataFile) {

            if(dataFile.size() == 0)
                dataFile.println("Nomor,Waktu(ms),Suhu_In,RH_In,Suhu_Out,RH_Out,Status");

            dataFile.close();

        }

    }


    sht_in.begin(0x44); sht_out.begin(0x44);


    // LOGIKA AUTO-SWITCH

    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("SCANNING INTERNET..");

    WiFi.mode(WIFI_STA); WiFi.begin(ssidSTA, passSTA);


    int waktuTunggu = 0;

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && waktuTunggu < 20) { delay(500); waktuTunggu++;
}

```

```

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    isModeOnline = true;
    Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);
} else {
    isModeOnline = false;
    WiFi.disconnect();
    WiFi.mode(WIFI_AP);
    IPAddress local_IP(192, 168, 4, 1);
    IPAddress gateway(192, 168, 4, 1);
    IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
    WiFi.softAPConfig(local_IP, gateway, subnet);
    WiFi.softAP(ssidAP, passAP);
    server.begin();
}

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("  SYSTEM MONITORING ");
}

// =====
// 5. LOOP UTAMA
// =====
void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();

    // JALUR ONLINE
    if (isModeOnline) {
        if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { rp2040.reboot(); }
        Blynk.run();
        if (currentMillis - lastBlynkTime >= 2000) {
            lastBlynkTime = currentMillis;

```



```

        } else if (c != '\r') { currentLine += c; }
    }
}

client.stop();
}
}

// SENSOR & LCD (200ms)
if (currentMillis - lastSensorTime >= 200) {
    lastSensorTime = currentMillis;

    float ti = sht_in.readTemperature(); float hi = sht_in.readHumidity();
    float to = sht_out.readTemperature(); float ho = sht_out.readHumidity();

    // --- KALIBRASI GLOBAL ---
    if (!isnan(ti)) { ti = ti - 0.3; }
    if (!isnan(to)) { to = to + 0.0; }
    if (!isnan(hi)) { hi = hi + 2.5; }
    if (!isnan(ho)) { ho = ho - 0.0; }

    if (!isnan(ti)) {
        if (abs(ti - t_in_old) >= SENSITIVITAS || abs(hi - h_in_old) >= SENSITIVITAS
||
        abs(to - t_out_old) >= SENSITIVITAS || abs(ho - h_out_old) >=
SENSITIVITAS) {
            t_in = ti; h_in = hi; t_out = to; h_out = ho;
            t_in_old = ti; h_in_old = hi; t_out_old = to; h_out_old = ho;
            updateAlarm();
            updateTampilanLCD();
        }
    }
}

```

```

}

// LOGGING (15 Detik)
if (currentMillis - lastLogTime >= 15000) {
    lastLogTime = currentMillis;

    nomorUrut++;

    String dataString = String(nomorUrut) + "," + String(currentMillis) + "," +
String(t_in, 1) + "," + String(h_in, 1) + "," + String(t_out, 1) + "," + String(h_out, 1)
+ "," + statusTeks;

    File dataFile = SD.open("/datalog.csv", FILE_WRITE);

    if (dataFile) { dataFile.println(dataString); dataFile.close(); }

    // --- MENAMPILKAN LOG SD CARD KE SERIAL MONITOR ---

    Serial.println("SD: " + dataString);

    if (isModeOnline) {
        Serial.print("Mengirim ke Google Sheets... "); // Laporan proses mulai

        WiFiClientSecure client; client.setInsecure(); HTTPClient http;

        String url = GOOGLE_SCRIPT_URL + "?t_in=" + String(t_in, 1) + "&h_in=" +
String(h_in, 1) + "&t_out=" + String(t_out, 1) + "&h_out=" + String(h_out, 1) +
"&status=" + statusTeks;

        http.begin(client, url);
        http.setFollowRedirects(HTTPC_STRICT_FOLLOW_REDIRECTS);

        int httpCode = http.GET(); // Mengambil kode balasan dari Google

        http.end();

        // --- MENAMPILKAN KODE BALASAN GOOGLE KE SERIAL MONITOR ---
        Serial.println("Sheets Code: " + String(httpCode));
    }
}

```

```

}

// =====
// 6. FUNGSI PENDUKUNG
// =====

void updateAlarm() {
    float max_t = max(t_in, t_out);

    float max_h = max(h_in, h_out);

    if (max_t > BATAS_SUHU_BAHAYA || max_h > BATAS_RH_BAHAYA) {
        statusTeks = "BAHAYA "; digitalWrite(PIN_LED_G, LOW);
        digitalWrite(PIN_LED_Y, LOW); digitalWrite(PIN_LED_R, HIGH);

        pinMode(PIN_BUZZER, OUTPUT); digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW);

    } else if (max_t > BATAS_SUHU_WASPADA || max_h >
BATAS_RH_WASPADA) {
        statusTeks = "WASPADA"; digitalWrite(PIN_LED_G, LOW);
        digitalWrite(PIN_LED_Y, HIGH); digitalWrite(PIN_LED_R, LOW);

        pinMode(PIN_BUZZER, INPUT);

    } else {
        statusTeks = "AMAN "; digitalWrite(PIN_LED_G, HIGH);
        digitalWrite(PIN_LED_Y, LOW); digitalWrite(PIN_LED_R, LOW);

        pinMode(PIN_BUZZER, INPUT);
    }
}

void updateTampilanLCD() {
    String b2 = "IN: " + String(t_in, 1) + "\xDF" + "C RH: " + String(h_in, 1) + "%";

    String b3 = "OUT:" + String(t_out, 1) + "\xDF" + "C RH: " + String(h_out, 1) +
"%";

    String net = isModeOnline ? "ONL" : "LOC";

    String b4 = "NET:" + net + "|STAT:" + statusTeks;

    while(b2.length() < 20) b2 += " ";

```

```
while(b3.length() < 20) b3 += " ";  
while(b4.length() < 20) b4 += " ";  
  
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(b2);  
lcd.setCursor(0, 2); lcd.print(b3);  
lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(b4);  
}
```

Lampiran 18 Formulir Pengajuan Sinopsis



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
J A K A R T A



PENGAJUAN SINOPSIS SKRIPSI

NAMA : BAYU FAJAR PURWANTO
NRP : 365221394
KELAS : E
JURUSAN : NAUTIKA
SEMESTER : VII

Mengajukan Sinopsis Skripsi sebagai berikut:

A. JUDUL

Perancangan Sistem *Monitoring* Berbasis IoT Dalam Rangka Mitigasi Kerusakan Muatan Pada Kapal MV. Pan Flower

B. LATAR BELAKANG MASALAH

Keselamatan dan kualitas muatan merupakan aspek fundamental dalam pengoperasian kapal, khususnya pada kapal pengangkut muatan curah. Selama pelayaran, stabilitas kondisi lingkungan di dalam ruang muat menjadi faktor penentu integritas muatan. Di kapal MV. Pan Flower, sistem pemantauan kondisi ruang muat masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur sederhana dan pencatatan berkala, sehingga menimbulkan kekosongan data terutama saat cuaca ekstrem yang menghalangi akses fisik awak kapal ke area geladak.

Parameter fisik seperti suhu dan kelembaban yang tidak terkendali dapat memicu fenomena keringat muatan (*cargo sweat*). Kondisi ini terjadi ketika udara lembap di dalam palka mengalami pendinginan hingga mencapai titik embun (*dew point*) akibat kontak dengan struktur kapal yang lebih dingin. Hal ini dialami langsung oleh penulis selama praktek laut di kapal MV. Pan Flower, dimana muatan higroskopis mengalami kerusakan fisik akibat kondensasi yang tidak terdeteksi tepat waktu karena keterbatasan pemantauan manual, sehingga berujung pada klaim kargo yang merugikan perusahaan secara finansial.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian ini mengembangkan prototipe *Smart Maritime Cargo Monitoring System* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W dan dua sensor SHT30 untuk memantau suhu serta kelembaban di dalam dan di luar ruang muat secara *real-*

time. Sistem ini dilengkapi mekanisme *Store-and-Forward* melalui SD Card untuk menjamin ketersediaan data saat area *blank spot*, serta sistem peringatan dini bertingkat (AMAN, WASPADA, BAHAYA) untuk memitigasi risiko kerusakan muatan.

C. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan batasan masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang prototipe Smart Maritime Cargo Monitoring System berbasis Raspberry Pi Pico 2W dan sensor SHT30 untuk memantau suhu serta kelembaban di dalam dan di luar ruang muat secara real-time?
2. Bagaimana performa sistem dalam mengukur akurasi sensor, efektivitas sistem peringatan dini tiga level, serta keandalan mekanisme *Store-and-Forward* dalam menjaga integritas data saat kapal berada di area *blank spot*?

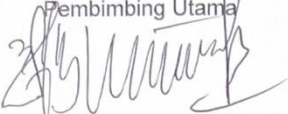
D. PENJELASAN PENELITIAN

PENDEKATAN MASALAH PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data:

1. Metode Research and Development (R&D) model Borg dan Gall: Metode ini digunakan untuk menghasilkan produk dan menguji keefektifan produk tersebut. Tahapannya meliputi:
 - a. Potensi dan Masalah: Analisis kebutuhan sistem monitoring di kapal.
 - b. Perancangan Perangkat Keras : Merancang skema rangkaian mikrokontroler Raspberry Pi Pico 2W, sensor SHT30, modul SD Card, LCD 20x4, buzzer, dan modul komunikasi IoT (Blynk dan Google Sheets).
 - c. Pengembangan Perangkat Lunak : Pembuatan program untuk algoritma *Store-and-Forward*, web server lokal, integrasi Blynk IoT dan Google Sheets, serta antarmuka monitoring.
 - d. Integrasi dan Uji Coba Produk: Menggabungkan komponen dan melakukan simulasi operasional.
2. Metode Kuantitatif : Dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung terhadap variabel penelitian berupa angka-angka hasil pembacaan sensor, serta validasi kelayakan melalui kuesioner berstandar ISO/IEC 25010 dengan skala Likert 1–5 oleh dosen ahli dan 20 taruna Nautika.
3. Analisis Data Hasil Pengujian: Mengukur tingkat akurasi sensor SHT30 dibandingkan alat ukur standar, mengukur efektivitas sistem peringatan dini tiga level (AMAN, WASPADA, BAHAYA), menguji keandalan mekanisme *Store-and-Forward*, dan menganalisis kestabilan sistem dalam durasi waktu tertentu.
4. Observasi: Melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi lingkungan kargo untuk mendapatkan data awal dan memvalidasi hasil pembacaan prototipe.

Jakarta, 20 November 201

Menyetujui
Pembimbing Utama

Capt. Saidal Siburian, M.M., M.Mar.
NIP. 19630509 199809 1 002

Pembimbing Pendamping

Ronald Simanjuntak, M.T
NIP. 19750616 200604 1 001

Penulis

Bayu Fajar Purwanto
NRP. 365221394

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

 28/11-25
Dr. Meilinasari N.H, S.SiT., M.MTr.
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 198105032002122001

Lampiran 19 Lembar Bimbingan 1



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



PEMBIMBING I : Capt. SAIDAL SIBURIAN, M.M., M.Mar.

MATERI PEMBIMBING :

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	20/11-2025	Pengantar Synopsis Skripsi	
2	15/12-2025	- Kerangka Pemikiran di sederhanakan - Format penulisan	
3	16/12-2025	- Bab I lanjut Bab II - Kerangka pemikiran kembali.	
4	2/2-2026	- Lanjut ke Bab III	
5	4/3-2026	- Perbaikan Bab III - Format - Skema	
6	10/3-2026	- Lanjut Bab IV - Pemecahan masalah.	
7	11/5-2026	- Perbaikan Kesimpulan & Saran. disingkat dgn narasi pengelompokan.	
8	12/5-2026	- Perbaikan Saran - Format diperbaiki.	
9	20/05-2026	- Bab IV : OK - Koreksi Bab I: Kesimpulan & Saran.	
10	20/05-2026	- Selesai Perbaikan. - Skripsi siap diujikan	

Catatan :

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

FM.JR.1.028-R.2

Lampiran 20 Lembar Bimbingan 2



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



PEMBIMBING II : RONALD SIMANJUNTAK, M.T

MATERI PEMBIMBING :

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	20-11-2015	Pengantar Grup 25 (Pembaitan).	RS
2	21-11-2015	Grup 25	RS
3	16-12-2015	Pengantar Bab 2- (Pembaitan)	RS
4	17-12-2015	Bab 2 dan 3. Laporan Bab 2	RS
5	03-02-2016	Bab 2 dan 3. Laporan Bab 2	RS
6	05-02-2016	Bab 2 dan 3. Laporan Bab 2	RS
7	01-03-2016	Pengantar Bab 4 (Pembaitan) Bab 4/5. Laporan Bab 4 Laporan Bab 4	RS
8	08-05-2016	Pembaitan Bab 4. Laporan Bab 4	RS
9	11-05-2016	Revisi Bab 4 dan 5	RS
10	12-05-2016	Bab 4 dan 5	RS

Catatan :

- Kepada Dosen Pembimbing agar melengkapi form, minimal 8 (delapan) kali pertemuan.
- Kepada Penulis agar form di lampirkan pada saat pengumpulan tugas akhir/jilid.

FM-JR 1.028-R 2

Lampiran 21 Hasil Pengecekan Turnitin

Page 1 of 83 - Cover Page

Submission ID trn:old::3618:139789354


Ardita

Perpustakaan STIP Jakarta

PERANCANGAN SISTEM MONITORING BERBASIS IoT DALAM KERANGKA MITIGASI KERUSAKAN MUATAN PADA KAPAL M...

NAUTIKA

Document Details

Submission ID	trn:old::3618:139789354	72 Pages
Submission Date	May 21, 2026, 8:27 AM GMT+7	16,811 Words
Download Date	May 21, 2026, 8:30 AM GMT+7	106,735 Characters
File Name	BAYU FAJAR PURWANTO_BAB I - V - Bayu Fajar Purwanto.pdf	
File Size	1.7 MB	

Page 1 of 83 - Cover Page

Submission ID trn:old::3618:139789354

10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Exclusions

3 Excluded Sources

Top Sources

- 7% Internet sources
- 4% Publications
- 7% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

7%  Internet sources
4%  Publications
7%  Submitted works (Student Papers)



At
Ardita

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	docplayer.info	<1%
2	Internet	digilib.uinkhas.ac.id	<1%
3	Internet	www.scribd.com	<1%
4	Student papers	Telkom University on 2026-01-22	<1%
5	Internet	repository.radenintan.ac.id	<1%
6	Publication	Iqbal Faturachman Usman, Syamsir Syamsir, Stephan A. Hulukati. "Integrated Fa...	<1%
7	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-01-21	<1%
8	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-04-21	<1%
9	Internet	hukumtransportasi2015.wordpress.com	<1%
10	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2017-02-21	<1%
11	Internet	repository.president.ac.id	<1%

12	Student papers	Universitas Siliwangi on 2025-07-23	<1%
13	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
14	Student papers	Pollteknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2024-12-04	<1%
15	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	<1%
16	Internet	123dok.com	<1%
17	Internet	digilib.uinsby.ac.id	<1%
18	Internet	zh.scribd.com	<1%
19	Internet	revistaaristas.tij.uabc.mx	<1%
20	Student papers	Boston University on 2026-05-13	<1%
21	Internet	www.lmo.org	<1%
22	Internet	ecampus.iainbatusangkar.ac.id	<1%
23	Internet	repository.nusamandiri.ac.id	<1%
24	Internet	repository.usd.ac.id	<1%
25	Internet	scholar.umm metro.ac.id	<1%

26	Internet	humic.telkomuniversity.ac.id	<1%
27	Internet	learn.adafruit.com	<1%
28	Internet	text-id.123dok.com	<1%
29	Student papers	State Islamic University of Alauddin Makassar on 2026-01-26	<1%
30	Student papers	UIN KH. Achmad Siddiq Jember on 2026-05-19	<1%
31	Internet	es.scribd.com	<1%
32	Internet	garuda.kemdikbud.go.id	<1%
33	Publication	Fauziah Nur, Afrahul Fadhila Daulai, Sapri Sapri. "Inquiry Based Learning (IBL) an...	<1%
34	Student papers	Sultan Agung Islamic University on 2025-08-08	<1%
35	Student papers	Sultan Agung Islamic University on 2025-11-13	<1%
36	Student papers	Surabaya University on 2015-03-28	<1%
37	Student papers	Universitas Pembangunan Panca Budi on 2026-02-27	<1%
38	Internet	edoc.pub	<1%
39	Publication	R. Glenn Wright. "Unmanned and Autonomous Ships - An Overview of MASS", Rou...	<1%

40	Student papers	Universitas Pendidikan Ganesha on 2021-12-22	<1%
41	Internet	digilibadmin.unismuh.ac.id	<1%
42	Internet	eprints.walisongo.ac.id	<1%
43	Internet	hermanrhose.blogspot.com	<1%
44	Internet	techrights.org	<1%
45	Publication	Aji Nurrohman, Triyono Budi Santoso, Sigit Wibisono, Leni Devera Asrar, Surya Da...	<1%
46	Student papers	Universitas Negeri Makassar on 2013-07-19	<1%
47	Student papers	Universitas Sebelas Maret on 2018-12-19	<1%
48	Internet	eprints.uny.ac.id	<1%
49	Internet	id.123dok.com	<1%
50	Internet	idoc.pub	<1%
51	Internet	repository.persadakhathulistiwa.ac.id	<1%
52	Internet	repository.telkomuniversity.ac.id	<1%
53	Internet	www.deempatbelas.com	<1%

54	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-07-17	<1%
55	Internet	digilib.uin-suka.ac.id	<1%
56	Internet	ejournal.unisba.ac.id	<1%
57	Internet	journal.likmi.ac.id	<1%
58	Internet	repository.unissula.ac.id	<1%
59	Student papers	Universitas Diponegoro on 2017-09-06	<1%
60	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-01-28	<1%
61	Internet	ejournal.unib.ac.id	<1%
62	Internet	repository.itpln.ac.id	<1%
63	Internet	repository.radenfatah.ac.id	<1%
64	Internet	repository.um-palembang.ac.id	<1%
65	Internet	www.researchgate.net	<1%
66	Student papers	Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2024-06-20	<1%
67	Publication	Samuel Ronatlo Adinugroho, Anung Aditya Tjahja. "Tanggung Jawab Nakhoda At..."	<1%

68	Student papers	Sriwijaya University on 2019-07-18	<1%
69	Student papers	UIN Maulana Malik Ibrahim Malang on 2025-10-25	<1%
70	Student papers	Universitas Hayam Wuruk Perbanas on 2026-02-17	<1%
71	Student papers	Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar on 2026-03-31	<1%
72	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2017-02-07	<1%
73	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2019-06-20	<1%
74	Student papers	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2025-09-18	<1%
75	Internet	crinieresnoires.com	<1%
76	Internet	jurnal.ilmubersama.com	<1%
77	Internet	repository.poltekbangplg.ac.id	<1%
78	Internet	repository.uinsu.ac.id	<1%
79	Internet	thesis.ummy.ac.id	<1%
80	Student papers	Institut Agama Islam Al-Zaytun Indonesia on 2024-06-12	<1%
81	Student papers	Munster Technological University (MTU) on 2025-06-12	<1%

82	Publication	Nia Murniati. "Hubungan Suhu dan Kelembaban dengan Keluhan Sick Building Sy...	<1%
83	Student papers	Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2024-11-06	<1%
84	Publication	Sarjono. "Kepuasan Kerja Guru Pada Lembaga Paud Islam di Kabupaten Cilacap (...)	<1%
85	Student papers	UIN Prof. K.H. Saifuddin Zuhri Purwokerto on 2025-10-09	<1%
86	Student papers	Universitas Bengkulu on 2026-01-15	<1%
87	Student papers	Universitas Dinamika on 2025-08-09	<1%
88	Student papers	Universitas Esa Unggul on 2019-06-29	<1%
89	Student papers	Universitas Gadjah Mada on 2024-06-27	<1%
90	Student papers	Universitas Indonesia on 2025-06-04	<1%
91	Student papers	Universitas Islam Riau on 2025-08-19	<1%
92	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2017-02-16	<1%
93	Student papers	Universitas PGRI Adi Buana Surabaya on 2022-03-13	<1%
94	Student papers	Universitas Pendidikan Ganesha on 2020-06-30	<1%
95	Student papers	Universitas Terbuka on 2018-03-01	<1%

96	Internet	afidburhanuddin.wordpress.com	<1%
97	Internet	coatsindustrial.com	<1%
98	Internet	core.ac.uk	<1%
99	Internet	e-campus.iainbukittinggi.ac.id	<1%
100	Internet	ejurnal.provisi.ac.id	<1%
101	Internet	eprints.perbanas.ac.id	<1%
102	Internet	hubla.dephub.go.id	<1%
103	Internet	id.scribd.com	<1%
104	Internet	jurnal.atmaluhur.ac.id	<1%
105	Internet	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id	<1%
106	Internet	khurslabs.com	<1%
107	Internet	repositori.uma.ac.id	<1%
108	Internet	repositori.usu.ac.id	<1%
109	Internet	repository.its.ac.id	<1%

110	Internet	repository.pnj.ac.id	<1%
111	Internet	repository.umsu.ac.id	<1%
112	Internet	repository.unikama.ac.id	<1%
113	Internet	www.samgongustofa.is	<1%
114	Internet	www.syekhnurjati.ac.id	<1%
115	Student papers	British College of Applied Studies on 2024-02-05	<1%
116	Student papers	STIKOM Surabaya on 2013-11-19	<1%
117	Student papers	Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2025-01-08	<1%
118	Student papers	Universitas Diponegoro on 2022-07-27	<1%
119	Student papers	Universitas Muhammadiyah Sukabumi on 2025-08-03	<1%
120	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2024-11-07	<1%
121	Student papers	Universitas Putera Batam on 2020-12-04	<1%
122	Internet	zombiedoc.com	<1%