

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA *MONITORING*
TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BATU
BARA PADA MV. BULK BATAVIA**

Oleh:

**HAFIS AULIA
NRP. 365221340**

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

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



**PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA *MONITORING*
TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BATU
BARA PADA MV. BULK BATAVIA**

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

Oleh:

**HAFIS AULIA
NRP. 365221340**

**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 saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Hafis Aulia
NRP : 365221340
Program Pendidikan : Diploma IV
Program Studi : Nautika
Judul : Perancangan Sistem Iot guna *Monitoring* Temperatur dan Kelembapan Muatan Batu Bara pada MV. Bulk Batavia

Jakarta, 4 Mei 2026
Penulis



Hafis Aulia

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Hafis Aulia
NRP : 365221340
Program Pendidikan : Diploma IV
Program Studi : Nautika
Judul : Perancangan Sistem Iot guna *Monitoring* Temperatur dan Kelembapan Muatan Batu Bara pada MV. Bulk Batavia

Jakarta, 4 Mei 2026

Pembimbing Utama

Dr. Inayatullah Robbany, M.Si., M.M. Tr.

Pembina Tk. I (IV/b)

NIP. 19660421 199103 2 002

Pembimbing Pendamping

Capt. Saidal Siburian, M.M.

Pembina Tk. I (IV/a)

NIP. 19630509 199809 1 002

Mengetahui;
Ketua Jurusan Nautika

Capt. Suhartini, S.SiT., M.M., 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 : Hafis Aulia
NRP : 365221340
Program Pendidikan : Diploma IV
Program Studi : Nautika
Judul : Perancangan Sistem Iot guna *Monitoring* Temperatur dan Kelembapan Muatan Batu Bara pada MV. Bulk Batavia

Ketua Penguji

Capt. Sajim Budi Setiawan, M.M., M.Mar.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19690616 199903 1 001

Anggota Penguji 2

Achmad Bashori, S.Si., MT.

Pembina (IV/a)

NIP. 19770201 200604 1 019

Anggota Penguji 3

Dr. Inayatur Robbany, M.Si., M.M. Tr.

Pembina Tk. I (IV/b)

NIP. 19660421 199103 2 002

Mengetahui;
Ketua Jurusan Nautika

Capt. Suhartini, S.SiT., M.M., M.M.Tr.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19800307 200502 2 002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, anugerah, dan penyertaan-Nya yang telah mengiringi setiap langkah penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV Jurusan Nautika di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia, dengan judul:

”PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA *MONITORING* TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BATU BARA PADA MV. BULK BATAVIA”

Dalam menyusun skripsi ini, penulis berupaya mengaitkan permasalahan yang ditemui di lapangan dengan teori dari berbagai referensi ilmiah. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun berkat bimbingan dosen pembimbing, dukungan keluarga, serta bantuan berbagai pihak, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yth. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar., selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.
2. Ibu Capt. Suhartini, S.Si.T., M.M.Tr., selaku Ketua Jurusan Nautika.
3. Ibu Dr. Inayatur Robbany, M.Si., M.M.Tr., selaku Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa sabar meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, evaluasi, dan motivasi sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Capt. Saidal Siburian, M.M., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk berdiskusi, memberikan masukan, serta membimbing penulis hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh Civitas Akademika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia, khususnya jajaran Dosen, Instruktur, dan Perwira yang telah memberikan dedikasi, bimbingan, dan pengasuhan selama penulis menempuh pendidikan.
6. Keluarga tercinta, khususnya ayahanda dan ibunda atas segala pengorbanan materil dan kasih sayang dalam membesarkan penulis, serta kepada adik penulis atas panjatan doa dan dorongan semangat, yang senantiasa menyertai langkah penulis selama menempuh pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.

7. Seluruh kru MV. Bulk Batavia dan PT. Andhika Line atas segala ilmu, kerja sama, dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama masa praktik berlayar dan proses penyusunan penelitian ini.
8. Segenap Taruna/i Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia, khususnya angkatan 65, rekan kelas N8C, serta rekan kamar F-107, yang senantiasa menjadi sumber semangat, penghibur, dan kawan bertukar pikiran selama menempuh pendidikan.
9. Yang terkasih, terima kasih atas ketulusan, dukungan, dan motivasi yang senantiasa diberikan hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan senantiasa dibalas dengan keberkahan dan kemudahan dalam setiap langkah kehidupan.
10. Serta kepada segenap pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bentuk bantuan, doa, dan dukungan yang telah diberikan selama penulis menjalani praktik laut hingga menyelesaikan pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Penulis memohon maaf atas segala keterbatasan dalam penyusunan penelitian ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menambah wawasan keilmuan di bidang kemaritiman.

Jakarta, 4 Mei 2026
Penulis,

Hafis Aulia
NRP. 365221340

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DALAM.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL	xvii
A. Daftar Istilah	xvii
B. Daftar Simbol.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
ABSTRAK.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
 BAB I : PENDAHULUAN.....	 1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan dan Manfaat Pengembangan.....	3
1. Tujuan Penelitian	3
2. Manfaat Penelitian	3
D. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	4
 BAB II : LANDASAN TEORI.....	 6
A. Kajian Teori	6
1. Perancangan	6
2. Sistem <i>Monitoring</i>	7
3. Batu Bara dan Fenomena Pemanasan Spontan (<i>Self-Heating</i>)	7

4. Regulasi dan Standar Internasional	11
5. <i>Monitoring</i> Temperatur dan Kelembapan.....	17
6. <i>Internet of Things</i> (IoT)	17
7. Komponen <i>Hardware</i> Sistem.....	19
8. Platform <i>Monitoring</i> dan Antarmuka Pengguna.....	24
B. Penelitian Terdahulu	27
C. Kerangka Pemikiran	30
 BAB III : METODE PENELITIAN	 31
A. Jenis dan Pendekatan Penelitian	31
B. Model Penelitian	31
1. Jenis Model Prototipe	32
2. Tahapan Pengembangan Sistem.....	32
C. Sumber Data	33
1. Data Primer	34
2. Data Sekunder.....	34
D. Prosedur Penelitian	35
1. Tahapan Analisis Kebutuhan	35
2. Tahapan Desain Produk	36
3. Tahapan Perakitan Produk	37
4. Tahapan Penyempurnaan Produk.....	38
5. Tahapan Evaluasi Produk.....	38
6. Analisis Kelayakan Produk.....	42
7. Produk Siap Dioperasikan	42
E. Uji Coba Produk	43
1. Uji Fungsionalitas Integrasi Perangkat	43
2. Uji Simulasi Sensitivitas pada Media Briket Arang	43
3. Uji Simulasi Sensitivitas pada <i>Heat Gun</i>	43
4. Analisis Karakteristik Kinerja berdasarkan Selisih Perubahan Temperatur dan Kelembapan (Δ).....	43
5. Uji Batas Ambang (<i>Threshold</i>) dan Sistem Peringatan Dini	44
6. Uji Kestabilan dan Ketahanan Sistem	44
F. Desain Uji Coba.....	44
G. Subjek Uji Coba.....	45

1. Validator Ahli.....	46
2. Pengguna.....	46
H. Jenis Data.....	47
1. Data Kualitatif	47
2. Data Kuantitatif	47
I. Metode dan Instrumen Pengumpulan Data.....	48
1. Metode Penelitian Tahap I (<i>Research</i>).....	48
2. Metode Penelitian Tahap II (<i>Development</i>)	48
 BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	 52
A. Hasil Penelitian	52
1. Mikrokontroler ESP32.....	52
2. Sensor PT100.....	53
3. Papan Sirkuit Cetak (<i>Printed Circuit Board</i>).....	54
4. Sensor SHT31	54
5. LCD I2C 16x2	55
6. Kipas Pendingin.....	55
7. Modul MAX31865	56
8. <i>Buzzer</i>	57
9. <i>Jack DC Female</i>	57
10. Transistor BC547	58
11. Resistor	58
12. Elektrolit Kapasitor (Elco).....	59
13. Saklar <i>Rocker</i>	59
14. Adaptor	60
15. Blynk.....	61
16. <i>Software</i> Arduino IDE.....	61
17. <i>Sketch</i> Program	62
B. Penyajian Data Uji Coba.....	63
1. Uji Fungsionalitas Integrasi Perangkat	63
2. Uji Produk Menggunakan Briket Arang	65
3. Uji Produk Menggunakan <i>Heat Gun</i> (Pemanas Udara)	73
4. Uji Batas Ambang & Sistem Peringatan Dini (<i>Alarm Test</i>).	81
5. Uji Kestabilan dan Ketahanan Sistem	85

6. Hasil Penilaian Kelayakan Produk oleh Ahli.....	92
7. Hasil Penilaian Kelayakan Produk oleh Pengguna.....	94
C. Hasil Analisis Data.....	96
1. Proses Analisis Data	97
2. Analisis Kesesuaian Hasil.....	97
3. Identifikasi Temuan	97
4. Perbedaan dan Tren.....	97
5. Validitas dan Reliabilitas Sistem	97
6. Implikasi Praktis terhadap Operasional	98
D. Hasil Produk	98
1. Aspek-Aspek Keunggulan Produk	99
2. Kelebihan Produk	99
E. Pembahasan Hasil Penelitian	100
1. Performa Sistem dan Fungsi Komponen	100
2. Hambatan Teknis dan Upaya Penyelesaian	100
3. Efektivitas Sistem dan Integrasi <i>Internet of Things</i> (IoT) ...	101
4. Validasi Ahli.....	101
F. Luaran Produk.....	102
 BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	 104
A. Kesimpulan	104
B. Saran	104

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Bentuk Fisik ESP32.	19
Gambar 2.2	Bentuk Fisik Papan Sirkuit Cetak.	20
Gambar 2.3	Modul Sensor PT100.	21
Gambar 2.4	Modul Sensor SHT31.	22
Gambar 2.5	Modul MAX31865	22
Gambar 2.6	Kipas Pendingin.	23
Gambar 2.7	Kabel <i>Jumper</i>	24
Gambar 2.8	Bentuk Fisik LCD I2C 16x2.	25
Gambar 2.9	Prinsip Kerja Blynk.	26
Gambar 2.10	Bentuk Fisik <i>Buzzer</i>	27
Gambar 2.11	Kerangka Pemikiran.	30
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Penelitian.	35
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Program Sistem <i>Monitoring</i>	36
Gambar 3.3	<i>Wiring</i> Diagram Alat Menggunakan <i>Frizing</i>	37
Gambar 3.4	<i>Layout</i> Papan Sirkuit Cetak Alat : (a) Tampak Atas, (b) Tampak Bawah.	37
Gambar 4.1	Mikrokontroler ESP32.	53
Gambar 4.2	Sensor PT100.	53
Gambar 4.3	Papan Sirkuit Cetak (<i>Printed Circuit Board</i>).	54
Gambar 4.4	Sensor SHT31.	54
Gambar 4.5	LCD I2C 16x2.	55
Gambar 4.6	Kipas Pendingin.	56
Gambar 4.7	Modul MAX31865.	56
Gambar 4.8	<i>Buzzer</i>	57
Gambar 4.9	<i>Jack</i> DC <i>Female</i>	57
Gambar 4.10	Transistor BC547.	58
Gambar 4.11	Resistor.	59
Gambar 4.12	Elektrolit Kapasitor (elco).	59
Gambar 4.13	Saklar <i>Rocker</i>	60
Gambar 4.14	Adaptor 12v 5A.	60

Gambar 4.15	Tampilan aplikasi Blynk pada <i>smartphone</i>	61
Gambar 4.16	<i>Website</i> Arduino IDE.	62
Gambar 4.17	<i>Sketch</i> program ESP32.....	63
Gambar 4.18	Dokumentasi uji Fungsionalitas Perangkat: (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.....	64
Gambar 4.19	Pengambilan Data Pertama Uji Briket Arang: (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	66
Gambar 4.20	Pengambilan Data Kedua Uji Briket Arang: (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	67
Gambar 4.21	Pengambilan Data Ketiga Uji Briket Arang: (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	68
Gambar 4.22	Pengambilan Data Keempat Uji Briket Arang: (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	69
Gambar 4.23	Pengambilan Data Kelima Uji Briket Arang: (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	70
Gambar 4.24	Pengambilan Data Pertama Uji <i>Heat Gun</i> : (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	74
Gambar 4.25	Pengambilan Data Kedua Uji <i>Heat Gun</i> : (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	75
Gambar 4.26	Pengambilan Data Ketiga Uji <i>Heat Gun</i> : (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	76
Gambar 4.27	Pengambilan Data Keempat Uji <i>Heat Gun</i> : (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	77

Gambar 4.28	Pengambilan Data Kelima Uji <i>Heat Gun</i> : (a) Tampilan Blynk Awal, (b) Tampilan LCD Awal, (c) Tampilan Blynk Akhir, (d) Tampilan LCD Akhir.	78
Gambar 4.29	Pengambilan Data Pertama Uji Batas Ambang & Sistem Peringatan Dini (<i>Alarm Test</i>): (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.	82
Gambar 4.30	Pengambilan Data Kedua Uji Batas Ambang & Sistem Peringatan Dini (<i>Alarm Test</i>): (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.	83
Gambar 4.31	Pengambilan Data Ketiga Uji Batas Ambang & Sistem Peringatan Dini (<i>Alarm Test</i>): (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.	83
Gambar 4.32	Tampilan Sistem Peringatan Dini pada Blynk.	84
Gambar 4.33	Pengambilan Data Pertama Uji Kestabilan dan Ketahanan Sistem: (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.....	86
Gambar 4.34	Pengambilan Data Kedua Uji Kestabilan dan Ketahanan Sistem: (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.....	86
Gambar 4.35	Pengambilan Data Ketiga Uji Kestabilan dan Ketahanan Sistem: (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.....	87
Gambar 4.36	Pengambilan Data Keempat Uji Kestabilan dan Ketahanan Sistem: (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.....	87
Gambar 4.37	Pengambilan Data Keempat Uji Kestabilan dan Ketahanan Sistem: (a) Tampilan Blynk, (b) Tampilan LCD.....	88
Gambar 4.38	Alat <i>monitoring</i> temperatur dan kelembapan: (a) tampak depan, (b) bagian dalam.	99
Gambar 4.39	Tampak palka (<i>cargo hold</i>) kapal.	102

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Keterangan Penilaian Validasi 49
Tabel 3.2	Persentase Penilaian Validasi..... 50
Tabel 4. 1	Tabel Pengujian Fungsionalitas Integrasi Perangkat 64
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Temperatur Produk Menggunakan Briket Arang 71
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kelembapan Produk Menggunakan Briket Arang 72
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Temperatur Produk Menggunakan <i>Heat Gun</i> (Pemanas Udara)..... 79
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Kelembapan Produk Menggunakan <i>Heat Gun</i> (Pemanas Udara)..... 80
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Batas Ambang & Sistem Peringatan Dini (<i>Alarm Test</i>) 84
Tabel 4.7	Perhitungan Simpangan Baku (s) 91
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Kestabilan dan Ketahanan Sistem 91
Tabel 4.9	Hasil Validasi Alat oleh Ahli..... 93
Tabel 4.10	Skala Likert Penelitian..... 93
Tabel 4.11	Persentase Penilaian Validasi..... 94
Tabel 4.12	Hasil Validasi Alat oleh Pengguna (Taruna) 94
Tabel 4.13	Skala Likert Penelitian..... 95
Tabel 4.14	Persentase Penilaian Validasi..... 96

DAFTAR SINGKATAN

ANT 1	Ahli Nautika Tingkat 1
AC	<i>Alternating Current</i>
ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
CH ₄	Metana
CMOSens®	<i>Complementary Metal-Oxide-Semiconductor Sensor Technology</i>
CO	Karbon Monoksida
CO ₂	Karbon Dioksida
DC	<i>Direct Current</i>
DHT11	<i>Digital Humidity and Temperature Sensor 11</i>
DHT22	<i>Digital Humidity and Temperature Sensor 22</i>
DS18B20	<i>Digital Temperature Sensor 18B20</i>
ESP32	<i>Espressif Systems 32-bit Microcontroller</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HCD	<i>Human Centered Design</i>
HCI	<i>Human Computer Interaction</i>
I ² C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
IMSBC Code	<i>International Maritime Solid Bulk Cargoes Code</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISM Code	<i>International Safety Management Code</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>

LoRa	<i>Long Range</i> (protokol komunikasi nirkabel)
MCU	<i>Microcontroller Unit</i>
MQ-135	<i>Air Quality Sensor Module 135</i>
MV	<i>Motor Vessel</i>
NaN	<i>Not a Number</i>
O ₂	Oksigen
PC	<i>Personal Computer</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PT100	<i>Platinum Resistance Temperature Detector 100 Ohm</i>
R&D	<i>Research and Development</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RH	<i>Relative Humidity</i>
ROM	<i>Read-Only Memory</i>
RTD	<i>Resistive Temperature Detector</i>
SHT31	<i>Sensirion Humidity and Temperature Sensor 31</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
SOLAS	<i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
STIP	Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

A. Daftar Istilah

Istilah	Definisi
Analisis Proksimat	Uji standar komposisi utama batu bara meliputi pengukuran kadar air, zat terbang, abu, dan karbon tertambat.
Antarmuka Pengguna	Media interaksi pengguna dengan sistem perangkat lunak untuk membaca, memahami, dan mengendalikan data secara intuitif.
Arduino IDE	Perangkat lunak untuk menulis dan mengunggah program ke mikrokontroler seperti ESP32.
Batas Ambang	Nilai batas kritis suatu parameter yang apabila dilampaui akan memicu respons sistem secara otomatis.
Batu Bara	Bahan padat dari sisa tumbuhan purba yang berubah secara fisik dan kimia selama jutaan tahun akibat tekanan dan temperatur alami.
Palka (<i>cargo hold</i>)	Ruang dalam kapal curah untuk menyimpan muatan padat seperti batu bara dalam jumlah besar.
<i>Deck</i>	Bagian atas kapal yang menutup palka (<i>cargo hold</i>) dan menjadi area aktivitas awak kapal.
Degradasi Termal	Penurunan kualitas fisik dan kimia suatu material akibat paparan panas yang berlebihan dalam durasi tertentu.
<i>Early Warning System</i>	Sistem pendeteksi bahaya yang memberikan peringatan awal sebelum situasi menjadi tidak terkendali.
Fluktuasi	Perubahan nilai yang naik dan turun secara tidak tetap dalam periode waktu tertentu.
<i>Hardware</i>	Komponen fisik sistem elektronik yang berwujud nyata dan dapat dioperasikan secara langsung.
<i>Hotspot</i>	Zona panas tersembunyi dalam tumpukan batu bara akibat akumulasi panas dari oksidasi tidak merata.
Kadar	Jumlah, persentase, atau ukuran kandungan suatu zat tertentu di dalam sebuah benda, material, atau campuran.

Karbon Tertambat	Sisa karbon padat setelah penguapan air dan zat terbang, yang menjadi penentu utama nilai kalori dan energi batu bara.
Kontinu	Berlangsung secara terus-menerus dan berkesinambungan tanpa henti atau jeda.
Kontinuitas	Keadaan berlangsung secara terus-menerus dalam suatu periode waktu tertentu tanpa jeda.
Modul	Rangkaian elektronik terintegrasi yang siap digunakan untuk fungsi tertentu.
Oksidasi	Reaksi kimia antara material dan oksigen yang melepaskan energi panas.
Pemanasan Spontan (<i>self-heating</i>)	Kenaikan temperatur internal batu bara secara mandiri akibat reaksi oksidasi, tanpa adanya sumber panas dari luar.
Prototipe	Versi awal produk untuk menguji fungsi dan memvalidasi desain.
<i>Real-time</i>	Mode pemrosesan dan penyampaian data yang terjadi secara langsung dan berkesinambungan tanpa jeda.
Resistansi	Besaran fisika yang menunjukkan hambatan material terhadap arus listrik, diukur dalam ohm.
Sensor	Komponen yang mendeteksi kondisi fisik dan mengubahnya menjadi sinyal listrik untuk diproses.
Simpangan Baku	Ukuran sebaran atau variasi suatu data terhadap nilai rata-ratanya.
Software	Komponen tak berwujud berupa program dan instruksi yang mengendalikan perangkat keras.
<i>Stockpile</i>	Tempat penyimpanan sementara material dalam jumlah besar sebelum dimuat ke kapal atau didistribusikan.
Swabakar (<i>spontaneous combustion</i>)	Terbakarnya material tanpa sumber api luar akibat panas dari oksidasi internal yang tidak terkendali.
Temperatur	Ukuran derajat panas atau dinginnya suatu benda dalam satuan Celsius.
Validasi Produk	Proses evaluasi kelayakan produk oleh ahli atau pengguna akhir.

B. Daftar Simbol

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Satuan arus listrik	Ampere
bit	Unit dasar informasi digital	Bit
dB	Tingkat intensitas bunyi yang dihasilkan	Desibel
H	Nilai kelembapan terukur	%
H_i	Data kelembapan ke-i dalam kumpulan data	%
$\bar{H}$	Nilai rata-rata kelembapan	%
kB	Kilobyte satuan kapasitas memori (1 kB = 1.024 byte)	–
kHz	Kilohertz satuan frekuensi (1 kHz = 1.000 Hz)	–
MB	Megabyte satuan kapasitas penyimpanan (1 MB = 1.024 kB)	–
MHz	Megahertz satuan frekuensi operasional prosesor	–
n	Jumlah data pengukuran	–
R	Nilai resistansi sensor PT100	Ω (ohm)
RPM	Putaran kipas per menit.	–
s	Simpangan baku (<i>standard deviation</i>)	–
T	Nilai temperatur terukur	$^{\circ}\text{C}$
T_i	Data temperatur ke-i dalam kumpulan data	$^{\circ}\text{C}$
$\bar{T}$	Nilai rata-rata temperatur	$^{\circ}\text{C}$
V	Tegangan listrik	V (volt)
x_i	Data ke-i dalam kumpulan data	–
$\bar{x}$	Nilai rata-rata data-x	–
Δ (Delta)	Selisih perubahan nilai parameter	–
ΔH	Selisih perubahan kelembapan	%
ΔT	Selisih perubahan temperatur	$^{\circ}\text{C}$
Σ (Sigma)	Notasi penjumlahan deret data	–
Ω (Omega)	Satuan hambatan listrik (ohm)	Ω
$\pm$	Toleransi atau ketidakpastian pengukuran	–
$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celsius satuan temperatur	–
%	Persentase satuan kelembapan dan persentase penilaian	–
% RH	Persen <i>Relative Humidity</i> satuan kelembapan udara	–

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pengajuan Sinopsis Skripsi	111
Lampiran 2. Pengajuan Judul Skripsi	116
Lampiran 3. Lembar Bimbingan Skripsi	117
Lampiran 4. Hasil Turnitin	119
Lampiran 5. MV. Bulk Batavia.....	137
Lampiran 6. <i>Ship Particulars</i>	138
Lampiran 7. <i>Crew List</i>	139
Lampiran 8. <i>Cargo List</i>	140
Lampiran 9. <i>Stowage Plan</i>	141
Lampiran 10. <i>Draft Survey Report</i>	142
Lampiran 11. Pengukuran Temperatur Batu Bara Secara Manual	143
Lampiran 12. Kondisi Palka (<i>Cargo Hold</i>) Bermuatan Batu Bara	144
Lampiran 13. Kondisi Palka (<i>Cargo Hold</i>) Tanpa Muatan Batu Bara	145
Lampiran 14. Nota Dinas Ahli 1	146
Lampiran 15. Nota Dinas Ahli 2	147
Lampiran 16. Nota Dinas Ahli 3	148
Lampiran 17. Pengujian Alat oleh Ahli 1	149
Lampiran 18. Pengujian Alat oleh Ahli 2	150
Lampiran 19. Pengujian Alat oleh Ahli 3	151
Lampiran 20. Pengujian Alat oleh Pengguna	152
Lampiran 21. Hasil Validasi oleh Ahli 1	153
Lampiran 22. Hasil Validasi oleh Ahli 2	154
Lampiran 23. Hasil Validasi oleh Ahli 3	155
Lampiran 24. Hasil Validasi oleh Pengguna.....	156
Lampiran 25. Proses Perancangan Alat	157
Lampiran 26. <i>Listing Program</i>	158

ABSTRAK

Aulia, Hafis. 2026. “Perancangan Sistem IoT Guna Monitoring Temperatur dan Kelembapan Muatan Batu Bara pada MV. Bulk Batavia”

Batu bara sebagai muatan curah memiliki potensi mengalami pemanasan spontan (*self-heating*) akibat proses oksidasi yang dipengaruhi oleh temperatur dan kelembapan di dalam palka (*cargo hold*). Pada MV. Bulk Batavia, pemantauan kondisi muatan masih dilakukan secara manual dan berkala sehingga fluktuasi temperatur dan kelembapan di dalam palka (*cargo hold*) tidak terpantau secara *real-time*. Sementara itu, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada sistem *monitoring* IoT di gudang atau penyimpanan darat, sehingga penerapan sistem pemantauan *real-time* dan kontinu pada muatan batu bara di kapal masih terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mengukur temperatur dan kelembapan muatan batu bara secara *real-time* dan kontinu guna mendeteksi gejala awal *self-heating* serta menjaga kualitas muatan selama pelayaran.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model prototipe melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor temperatur PT100 melalui modul MAX31865, sensor kelembapan SHT31, LCD I2C, *buzzer* sebagai alarm, kipas pendingin 5V, dan aplikasi Blynk sebagai media *monitoring* jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata perubahan temperatur dan kelembapan masing-masing sebesar 7,44 °C dan -4,4% pada simulasi dengan briket arang serta 6,24 °C dan -3,2% pada simulasi dengan *heat gun*. Uji batas ambang membuktikan bahwa sistem secara otomatis mengaktifkan alarm ketika temperatur melampaui 55 °C dengan tingkat keberhasilan 100% tanpa *false alarm* atau *error*. Uji kestabilan dan ketahanan sistem selama 4 jam menunjukkan nilai simpangan baku yang kecil pada temperatur sebesar 0,33 °C dan kelembapan 0,89% menunjukkan fluktuasi rendah dan pembacaan sensor stabil tanpa penyimpangan signifikan, serta konektivitas Blynk yang stabil tanpa kehilangan data. Validasi alat oleh ahli nautika dan IoT memperoleh persentase kelayakan sebesar 98,67% dan oleh 20 taruna nautika sebesar 95,8%, keduanya berada pada kategori “Sangat Tepat”.

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* berbasis IoT yang dirancang telah memenuhi kriteria fungsional, teknis, dan operasional sebagai sistem deteksi dini (*early warning system*) gejala awal *self-heating* serta mencegah penurunan kualitas muatan batu bara melalui pemantauan temperatur dan kelembapan secara *real-time* dan kontinu pada *cargo hold*. Pengembangan selanjutnya disarankan mencakup integrasi sensor gas, penggunaan baterai cadangan, serta penambahan indikator visual pada batas temperatur kritis guna meningkatkan efektivitas pengawasan di lingkungan operasional kapal.

Kata Kunci: Batu bara; *Internet of Things*; Kelembapan; *Self-heating*; dan Temperatur.

ABSTRACT

Aulia, Hafis. 36522340. 2026. *“Design of an IoT-Based System for Monitoring Temperature and Humidity of Coal Cargo on MV. Bulk Batavia”*

Coal as a bulk cargo has the potential to undergo spontaneous heating (self-heating) due to oxidation processes influenced by temperature and humidity inside the cargo hold. On board MV. Bulk Batavia, cargo condition monitoring is still conducted manually and periodically, resulting in temperature and humidity fluctuations that are not observed in real time. Previous studies have generally focused on IoT-based monitoring systems in warehouses or land-based storage facilities, while the implementation of real-time and continuous monitoring systems for coal cargo on ships remains limited. Based on this condition, this study aims to design an Internet of Things (IoT)-based monitoring system to measure coal cargo temperature and humidity in real time and continuously in order to detect early symptoms of self-heating and maintain cargo quality during the voyage.

This research employed a Research and Development (R&D) approach using a prototype model through stages of needs analysis, design, development, implementation, and evaluation. The system was developed using an ESP32 microcontroller, a PT100 temperature sensor integrated with the MAX31865 module, an SHT31 humidity sensor, an I2C LCD, a buzzer as an alarm indicator, a 5V cooling fan, and the Blynk application for remote monitoring. Testing results showed average temperature and humidity changes of 7.44 °C and -4.4%, respectively, in charcoal briquette simulations, and 6.24 °C and -3.2% in heat gun simulations. The threshold test confirmed that the system automatically activated the alarm when the temperature exceeded 55 °C with a 100% success rate and no false alarms or error. A four-hour stability and endurance system test demonstrated low standard deviation values of 0.33 °C for temperature and 0.89% for humidity, indicating minimal fluctuations and stable sensor readings without significant deviation, as well as stable Blynk connectivity without data loss. Validation results indicated a feasibility score of 98.67% from nautical and IoT experts and 95.8% from 20 nautical cadets, both categorized as “Highly Appropriate.”

This research demonstrates that the designed IoT-based monitoring system satisfies functional, technical, and operational criteria as an early warning system for detecting initial signs of self-heating and preventing the degradation of coal cargo quality through real-time and continuous monitoring of temperature and humidity in the cargo hold. Future work is recommended to include the integration of gas sensors, the implementation of backup power systems, and the addition of visual indicators at critical temperature thresholds to enhance monitoring effectiveness in ship operational environments.

Keywords: *Coal; Humidity; Internet of Things; Self-heating; and Temperature.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Batu bara merupakan salah satu komoditas energi utama yang diangkut menggunakan kapal curah (*bulk carrier*) di Indonesia. Dalam proses pengangkutannya, batu bara memiliki sifat kimia yang reaktif terhadap oksigen sehingga berpotensi mengalami oksidasi yang menghasilkan panas. Apabila panas yang terbentuk tidak terkontrol, akumulasi energi termal tersebut dapat berkembang menjadi pemanasan spontan (*self-heating*). Menurut penelitian yang dipublikasikan dalam Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, pemanasan spontan (*self-heating*) menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan pada penyimpanan dan pengangkutan batu bara karena dapat berkembang menjadi titik panas (*hot spot*) yang memicu kebakaran (Widodo dkk., 2020).

Kondisi temperatur dan kelembapan di dalam palka (*cargo hold*) selama pelayaran memiliki pengaruh langsung terhadap keadaan muatan batu bara. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Thabari dkk. (2023), peningkatan kelembapan dapat mempercepat laju oksidasi batu bara sehingga memperbesar kemungkinan kenaikan temperatur internal muatan. Dengan demikian, parameter temperatur dan kelembapan menjadi indikator penting dalam mendeteksi potensi pemanasan spontan (*self-heating*) sejak tahap awal.

Fenomena kebakaran muatan batu bara masih menjadi perhatian dalam kegiatan pelayaran. Berdasarkan laporan yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan laut (2024), insiden kebakaran muatan batu bara masih terjadi baik secara internasional maupun nasional. Lebih lanjut, Alfitriah dkk. (2025) mengungkapkan bahwa kejadian kebakaran muatan batu bara dipengaruhi oleh temperatur muatan yang tinggi serta kurangnya pengawasan selama proses pemuatan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemantauan temperatur yang tidak optimal dapat menyebabkan tidak terdeteksinya peningkatan temperatur secara dini, sehingga dapat

meningkatkan risiko terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) yang berdampak pada keselamatan kapal dan muatan.

Selama periode praktik laut di MV. Bulk Batavia dari 6 Agustus 2024 hingga 10 Agustus 2025, penulis melakukan observasi terhadap prosedur pemantauan kondisi muatan batu bara di dalam palka (*cargo hold*). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pengukuran temperatur dan kelembapan masih dilakukan secara manual dan periodik menggunakan alat ukur manual. Metode ini belum memungkinkan pemantauan secara *real-time* dan kontinu, sehingga perubahan kondisi muatan yang terjadi secara perlahan tidak selalu terdeteksi secara dini. Selain itu, ketiadaan sistem peringatan otomatis yang dapat mendeteksi ketika temperatur melampaui ambang batas tertentu menyebabkan potensi pemanasan spontan (*self-heating*) tidak dapat diidentifikasi secara dini. Hal tersebut berpotensi menyebabkan keterlambatan respons terhadap kenaikan temperatur yang dapat memengaruhi kondisi dan kualitas muatan batu bara.

Berbagai penelitian di Indonesia telah mengkaji potensi pemanasan spontan (*self-heating*) pada fase penimbunan di darat. Berdasarkan penelitian Andrawina dan Ernawati (2019), kombinasi antara temperatur awal yang tinggi, lamanya penimbunan, dan kurangnya pengawasan dapat menyebabkan terjadinya pemanasan internal yang berkembang menjadi pemanasan spontan (*self-heating*). Temuan tersebut diperkuat oleh Putri dkk. (2025) yang menyatakan bahwa kelembapan dan durasi penumpukan berperan signifikan dalam meningkatkan risiko pemanasan spontan (*self-heating*). Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih terfokus pada kondisi *stockpile* di darat dan belum secara spesifik membahas perancangan sistem *monitoring* temperatur dan kelembapan secara *real-time* di dalam palka selama pelayaran.

Di sisi lain, perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi dalam sistem pemantauan lingkungan berbasis sensor yang mampu mengirimkan data secara *real-time* dan kontinu. Berdasarkan penelitian Kusumah dkk., (2023), penerapan IoT dalam *monitoring* temperatur dan kelembapan terbukti meningkatkan ketanggapan sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan serta memungkinkan deteksi dini terhadap potensi gangguan. Teknologi ini berpotensi diterapkan dalam konteks pemantauan muatan batu bara di dalam palka palka (*cargo hold*) guna menyediakan data yang lebih akurat, kontinu, dan terintegrasi.

Berdasarkan uraian tersebut, terlihat bahwa risiko pemanasan spontan (*self-heating*) pada muatan batu bara berkaitan erat dengan kondisi temperatur dan kelembapan di dalam palka (*cargo hold*), sementara sistem pemantauan yang digunakan masih bersifat manual dan belum *real-time* dan kontinu. Di sisi lain, penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada analisis risiko di area penimbunan darat dan belum mengarah pada perancangan sistem *monitoring* berbasis IoT yang aplikatif untuk operasional kapal. Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, penulis bermaksud mengkaji topik tersebut lebih lanjut melalui penelitian yang berjudul:

”PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA *MONITORING* TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BATU BARA PADA MV. BULK BATAVIA”

B. RUMUSAN MASALAH

Untuk meminimalkan risiko terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) serta mencegah menurunnya kualitas pada muatan batu bara di MV. Bulk Batavia, diperlukan sistem pemantauan kondisi muatan secara *real-time* dan kontinu. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengukur temperatur dan kelembapan di dalam palka (*cargo hold*) secara *real-time* dan kontinu serta meminimalkan risiko terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) guna mencegah menurunnya kualitas pada muatan batu bara di MV. Bulk Batavia?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN

1. Tujuan Penelitian

Merancang sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengukur temperatur dan kelembapan muatan batu bara secara *real-time* dan kontinu pada palka (*cargo hold*) MV. Bulk Batavia, guna mendeteksi gejala awal pemanasan spontan (*self-heating*) secara otomatis, serta dapat mencegah penurunan kualitas muatan batu bara.

2. Manfaat Penelitian

- a. Manfaat dari aspek teoritis yaitu dapat memberikan pemahaman serta kontribusi teoritis terkait pengembangan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam mengukur temperatur dan kelembapan muatan batu

bara sebagai upaya pencegahan terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) pada kapal curah.

- b. Manfaat dari aspek praktis yaitu dapat menjadi referensi bagi pembaca dalam perancangan sistem pemantauan temperatur dan kelembapan muatan batu bara menggunakan sensor yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai alat bantu pengawasan kondisi muatan secara *real-time* dan kontinu.

D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN

Spesifikasi produk yang digunakan pada sistem *monitoring* temperatur dan kelembapan muatan batu bara ini, yaitu:

1. Sistem *monitoring* temperatur dan kelembapan muatan batu bara pada palka (*cargo hold*) di MV. Bulk Batavia menggunakan mikrokontroler ESP32.
2. ESP32 merupakan mikrokontroler yang beroperasi pada tegangan 3,3 Volt dengan kemampuan menerima tegangan *input* antara 7 hingga 9 Volt. Perangkat ini dilengkapi dengan 30 pin dan memiliki fitur konektivitas nirkabel berupa *Wireless Fidelity* (WiFi) serta *Bluetooth*, yang menjadikannya sangat fungsional untuk berbagai aplikasi.
3. Sistem *monitoring* ini mengandalkan sensor PT100 yang mampu mengukur temperatur muatan batu bara dalam rentang $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $850\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pengiriman data temperatur dilakukan secara *real-time* dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai media komunikasi yang menghubungkan sensor dan perangkat penerima serta tambahan modul MAX31865.
4. Sistem *monitoring* ini memakai sensor SHT31 yang dapat mengukur kelembapan udara pada muatan batu bara dengan rentang antara 0 hingga 100% *Relative Humidity* (RH). Data kelembapan tersebut dikirimkan secara *real-time* menggunakan *teknologi Internet of Things* (IoT) sebagai sarana komunikasi antara sensor dan sistem penerima.
5. Perangkat keras pada sistem *monitoring* ini dirangkai di atas sebuah papan sirkuit cetak (*Printed Circuit Board*) agar jalur komunikasi antar komponen lebih stabil. Sistem ini menyediakan LCD 1602 I2C berukuran 2,26 inci sebagai tampilan langsung untuk hasil pengukuran temperatur dan kelembapan pada muatan batu

bara. Selain itu, aplikasi Blynk digunakan sebagai media *output* untuk memantau data secara *real-time* melalui perangkat *Personal Computer* (PC).

6. Sistem ini dilengkapi dengan kipas pendingin arus searah (DC) yang berfungsi untuk mempertahankan kestabilan temperatur kerja komponen di dalam penutup kotak (*box cover*). Kipas tersebut bekerja secara otomatis dalam mengalirkan dan membuang panas berlebih, sehingga dapat mencegah terjadinya *overheating* pada mikrokontroler maupun modul elektronik lainnya.
7. Sistem *monitoring* ini memakai *jack DC female* sebagai *input* daya, saklar *rocker* bulat 2 pin sebagai pemutus dan penghubung aliran listrik, transistor BC547 sebagai penguat sinyal, resistor 1k Ohm untuk membatasi arus, serta elektrolit kondensator (elco) untuk stabilisasi tegangan.
8. Adaptor 12V 5A digunakan sebagai sumber daya utama untuk menyuplai seluruh komponen dalam sistem.
9. Sistem ini juga dilengkapi dengan kabel *jumper*, penutup kotak (*box cover*), serta *buzzer* sebagai komponen pendukung.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. KAJIAN TEORI

Kajian teori dalam penelitian ini disusun sebagai landasan konseptual yang mendukung perancangan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan temperatur dan kelembapan muatan batu bara di dalam palka MV. *Bulk Batavia*. Bagian ini memuat teori-teori yang relevan sebagai dasar ilmiah dan kerangka berpikir dalam menjawab permasalahan penelitian secara sistematis, sebagaimana diuraikan sebagai berikut.

1. Perancangan

Perancangan menempati posisi yang sangat penting dalam proses pengembangan suatu sistem teknik, terutama pada sistem yang berlandaskan teknologi. Dalam kajian yang dilakukan oleh Fauzi dkk. (2023), perancangan adalah sebuah tahapan krusial untuk membuat atau merencanakan sesuatu menggunakan teknik-teknik tertentu guna merumuskan tujuan yang ingin dicapai. Dalam konteks *Research and Development* (R&D), perancangan merupakan kajian sistematis mengenai cara membuat rancangan produk sebelum produk tersebut dikembangkan atau diproduksi secara nyata.

Konsep ini sejalan dengan perkembangan perancangan dalam era transformasi digital dan sistem. Jiao dkk. (2022) mengemukakan bahwa aktivitas perancangan pada dasarnya merupakan proses merumuskan apa yang ingin dicapai (*problem space*) menjadi bagaimana cara mencapainya (*solution space*). Dalam perkembangan teknologi saat ini, hasil dari proses perancangan tidak lagi terbatas pada produk fisik, tetapi meluas hingga mencakup sistem sosio-teknis dan berbagai produk digital yang rumit, misalnya sistem *Internet of Things* (IoT) yang menyatukan perangkat keras dengan perangkat lunak dalam satu kesatuan fungsional. yang menyatukan perangkat keras dengan perangkat lunak dalam satu kesatuan fungsional.

Berdasarkan berbagai pandangan para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa perancangan merupakan suatu proses sistematis dan terstruktur yang berfungsi untuk mengubah rumusan masalah (*problem space*) menjadi spesifikasi solusi teknis (*solution space*) sebelum tahap produksi atau pengembangan nyata dilakukan. Dalam era digital, perancangan tidak hanya terbatas pada pembuatan skema produk fisik, melainkan mencakup penggabungan antara perangkat keras dan perangkat lunak seperti *Internet of Things* (IoT) guna mencapai tujuan fungsional yang telah ditetapkan melalui teknik-teknik tertentu.

2. Sistem Monitoring

Indaswari dkk. (2024) menyatakan bahwa sistem adalah himpunan komponen yang saling berhubungan dan bekerja bersama sebagai satu kesatuan untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam konteks teknologi, komponen *hardware* dan *software* harus saling terintegrasi.

Monitoring merupakan kegiatan pemantauan yang dilakukan secara terus-menerus terhadap suatu program atau komponen untuk memastikan kesesuaian pelaksanaannya dengan rencana yang telah ditetapkan. Proses ini melibatkan pengumpulan data secara terus-menerus yang digunakan sebagai dasar dalam melakukan evaluasi (Safrilly & Badarudin, 2024).

Berdasarkan dua konsep sebelumnya, sistem *monitoring* adalah kumpulan komponen *hardware* dan *software* yang saling terintegrasi dan bekerja secara terkoordinasi untuk melakukan pemantauan secara terus-menerus terhadap suatu proses atau kondisi, guna memastikan kesesuaian dengan rencana awal dan standar yang berlaku melalui pengumpulan dan analisis data yang berkelanjutan.

Dalam konteks penelitian ini, sistem *monitoring* temperatur dan kelembapan muatan batu bara pada MV. Bulk Batavia mengintegrasikan sensor PT100/SHT31 (*hardware*), ESP32 (mikrokontroler), serta platform Blynk IoT (*software*) yang secara *real-time* mengumpulkan dan menganalisis data untuk mendeteksi penyimpangan dari standar keselamatan *International Maritime Solid Bulk Cargoes* (IMSBC) *Code*, sehingga mencegah risiko pemanasan spontan (*self-heating*) dan meningkatkan keamanan operasional pemuatan.

3. Batu Bara dan Fenomena Pemanasan Spontan (*Self-Heating*)

Batu bara sebagai sumber energi fosil memiliki karakteristik tertentu termasuk

potensi terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*). Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mengenai aspek-aspek yang berkaitan dengan sifat, mekanisme, serta faktor yang memengaruhinya.

a. Pengertian dan Klasifikasi Batu Bara

Batu bara merupakan bahan galian padat yang terbentuk dari akumulasi material organik berupa sisa-sisa tumbuhan purba yang mengalami perubahan fisik dan kimia secara bertahap dalam kondisi geologi tertentu selama jangka waktu yang sangat panjang. Proses pembentukan tersebut melibatkan pengaruh tekanan dan temperatur alami yang menyebabkan material organik mengalami pemadatan dan peningkatan kandungan karbon (Ogara dkk. 2023).

Pengelompokkan jenis batu bara umumnya didasarkan pada tingkat kematangan material atau peringkat (*rank*) yang dicapainya. Sesuai penjelasan Ogara dkk. (2023), penetapan kategori batu bara biasanya dilakukan melalui pengujian analisis proksimat dan evaluasi daya hantar panas (nilai kalori), yang menghasilkan penggolongan mencakup kategori *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Setiap peringkat batu bara menunjukkan sifat pembakaran dan tingkat kualitas yang berbeda, batu bara dengan peringkat lebih rendah cenderung mengandung persentase tinggi kadar kelembapan dan komponen zat terbang, serta memiliki energi panas yang lebih terbatas, sedangkan batu bara peringkat tinggi didominasi oleh kandungan karbon padat dengan kapasitas energi yang lebih signifikan.

b. Sifat Fisik dan Kimia Batu Bara

Sifat fisik dan kimia batu bara menjadi parameter utama penentu risiko swabakar (*spontaneous combustion*) dan emisi metana di area penumpukan sementara (*temporary stockpile*). Manik & Paindan (2025) menjelaskan bahwa stabilitas batu bara dapat dievaluasi melalui analisis proksimat, di mana variabel seperti zat terbang (*volatile matter*), kadar air (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), dan karbon tertambat (*fixed carbon*) memiliki pengaruh langsung terhadap stabilitas batu bara. Kandungan zat terbang yang tinggi (35,60% – 44,80%) terbukti meningkatkan reaktivitas dan kerentanan terhadap pemanasan spontan (*self-heating*). Sebaliknya, kadar air yang tinggi berfungsi memperlambat titik nyala karena menyerap energi panas, sedangkan kadar abu yang bersifat anorganik tidak berkontribusi dalam reaksi oksidasi.

Secara kimiawi, pembentukan emisi metana dipengaruhi oleh komposisi unsur dasar batu bara yang meliputi hidrogen, karbon, nitrogen, dan oksigen. Keberadaan sulfur, khususnya dalam bentuk pirit, menjadi pemicu panas vital karena kemampuannya mengalami kenaikan temperatur hingga tiga kali lipat dibandingkan massa batu bara. Oleh karena itu, tingginya kandungan sulfur secara signifikan meningkatkan risiko swabakar (*spontaneous combustion*) dan pelepasan emisi berbahaya ke lingkungan.

c. Mekanisme Pemanasan Spontan (*Self-Heating*)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Andrawina & Ernawati (2019) mekanisme pemanasan spontan (*self-heating*) pada batu bara adalah proses kimia sederhana yang menghasilkan panas sendiri ketika batu bara menyerap oksigen dari udara. Proses ini dimulai dari reaksi karbon dalam batu bara dengan oksigen membentuk karbon dioksida (CO_2) dan membebaskan panas awal, sehingga temperatur batu bara naik perlahan. Selanjutnya terjadi reaksi lanjutan di mana CO_2 bereaksi lagi dengan karbon tambahan menghasilkan karbon monoksida (CO) dan panas lebih banyak, yang mempercepat penyerapan oksigen dan kenaikan temperatur secara berantai. Tahapan pemanasan spontan (*self-heating*) berlangsung bertahap pada fase awal, batu bara menyerap oksigen perlahan sehingga temperatur mencapai 100-140 °C, kemudian penyerapan oksigen berlangsung lebih cepat membentuk uap air dan CO_2 hingga temperatur 230 °C. Akhirnya ketika temperatur melewati 350 °C, batu bara mencapai titik sulut dan terbakar spontan.

Sejalan dengan mekanisme tersebut, penelitian Nurlaili & Panjaitan (2024) menjelaskan bahwa peningkatan temperatur akibat reaksi oksidasi yang berlangsung terus-menerus menjadi faktor utama berkembangnya *self-heating* menuju swabakar (*spontaneous combustion*). Akumulasi panas yang terjadi di dalam batu bara menyebabkan temperatur meningkat hingga melewati batas tertentu, di mana reaksi oksidasi berlangsung semakin cepat dan tidak lagi seimbang dengan pelepasan panas ke lingkungan. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses *self-heating* telah berkembang dari fase awal menjadi fase lanjut yang bersifat tidak terkendali.

Kemudian, ketika temperatur batu bara telah mencapai kisaran di atas 60 °C, laju reaksi oksidasi meningkat secara signifikan dan menghasilkan

panas dalam jumlah besar. Pada tahap ini, batu bara memasuki kondisi kritis, di mana panas yang dihasilkan mampu memicu reaksi pembakaran tanpa adanya sumber api dari luar (Nurlaili & Panjaitan, 2024). Dengan demikian, swabakar (*spontaneous combustion*) merupakan kelanjutan langsung dari proses *self-heating* yang tidak terkontrol akibat akumulasi panas internal pada batu bara.

d. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemanasan Spontan (*Self-Heating*)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Andrawina & Ernawati (2019), ada beberapa dampak atau faktor sederhana yang sangat mempengaruhi terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) pada batu bara. Pertama, dimensi tumpukan yang salah seperti tinggi lebih dari 7 meter membuat panas sulit keluar dan udara mudah masuk melalui rongga. Kedua, kondisi saluran air (*drainage*) yang buruk menyebabkan genangan air yang mempercepat oksidasi dan membuat tumpukan tidak stabil. Ketiga, masa penimbunan terlalu lama yakni lebih dari 3 bulan memungkinkan reaksi oksigen berlangsung terus-menerus.

Batu bara yang terpapar udara dalam waktu lama akan mengalami oksidasi yang menyebabkan penumpukan panas di dalamnya (Putri dkk., 2025). Sementara ukuran butir batu bara yang tidak seragam menciptakan rongga udara yang memudahkan oksigen mengalir ke dalam tumpukan. Penelitian tersebut juga menyoroti bahwa batu bara berkualitas rendah dengan kalori 5900 kcal/kg dan zat terbang (*volatile matter*) yang tinggi menjadi pemicu utama karena zat terbang mudah menguap dan mempercepat reaksi panas. Pemadatan tumpukan yang tidak rutin memperburuk situasi karena meninggalkan banyak rongga udara.

Dalam kesimpulan penelitian Andrawina & Ernawati (2019), kombinasi faktor seperti tinggi tumpukan berlebih, *drainage* rusak, penimbunan lama, ukuran butir tidak seragam, pemadatan tidak rutin dan kualitas batu bara rendah dengan zat terbang tinggi menyebabkan pemanasan spontan (*self-heating*) berubah menjadi swabakar penuh di *temporary stockpile*. Hal ini relevan untuk muatan kapal seperti MV. Bulk Batavia, di mana kondisi ruang muat mirip sehingga *monitoring* temperatur dan kelembapan dengan *Internet of Things (IoT)* bisa mengurangi dampak faktor-faktor tersebut.

e. Dampak Pemanasan Spontan (*Self-Heating*)

Fenomena pemanasan spontan (*self-heating*) yang terjadi pada batu bara dalam kondisi penumpukan atau penyimpanan menyebabkan peningkatan temperatur internal yang berpotensi menurunkan mutu fisik dan kimia batu bara melalui perubahan parameter kualitas utama dan sifat mudah menguap komponen organik. Penelitian nasional yang menganalisis dampak kenaikan temperatur pada batu bara menunjukkan bahwa peningkatan temperatur selama periode penumpukan batu bara di area *stockpile* dapat menyebabkan penurunan kualitas batu bara, ditandai oleh perubahan susunan kandungan seperti peningkatan kehilangan air bebas (*moisture loss*), sifat mudah menguap zat organik, serta kemungkinan terjadinya swabakar atau kebakaran spontan akibat akumulasi panas yang berlebihan (Bakri dkk., 2024). Dampak penurunan kualitas tersebut tidak hanya mempengaruhi sifat pembakaran batu bara sebagai bahan bakar, tetapi juga berdampak pada nilai ekonomi dan performa batu bara pada pengguna akhir jika tidak diantisipasi dalam penanganan muatan dan penimbunan batu bara.

4. Regulasi dan Standar Internasional

Penerapan sistem *monitoring* berbasis teknologi pada kapal curah tidak semata-mata ditujukan untuk meningkatkan efisiensi kegiatan operasional, tetapi juga mencerminkan upaya pemenuhan terhadap ketentuan hukum internasional yang mengatur keselamatan jiwa manusia serta perlindungan muatan selama pelayaran. Oleh karena itu, penelitian ini disusun dengan berlandaskan pada kerangka regulasi yang relevan sebagai dasar yuridis dan teknis dalam perancangan serta pengembangan sistem yang diusulkan.

a. Regulasi Keselamatan Maritim Internasional

Bagian ini membahas berbagai regulasi keselamatan maritim internasional yang menjadi acuan dalam menjamin keamanan operasional kapal dan muatan selama pelayaran. Regulasi tersebut mencakup ketentuan penting yang ditetapkan oleh organisasi internasional sebagai dasar dalam pengelolaan risiko serta pencegahan kecelakaan di laut.

1) *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) 2024

Konvensi *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) merupakan instrumen pokok keselamatan maritim internasional

yang menetapkan standar keselamatan minimum bagi kapal dalam aspek konstruksi, perlengkapan, dan pengoperasian guna menjamin keselamatan jiwa, kapal, serta muatan selama pelayaran (International Maritime Organization [IMO], 2024). SOLAS menegaskan pendekatan keselamatan berbasis pencegahan risiko (*risk-based safety*), khususnya terhadap potensi kebakaran dan kondisi berbahaya yang dapat timbul dari karakteristik muatan.

Dalam konteks pengangkutan muatan batu bara, perhatian utama diarahkan pada potensi terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) yang dapat berkembang menjadi kebakaran di ruang muat apabila tidak terdeteksi sejak dini. Pada pengangkutan muatan batu bara, risiko pemanasan spontan (*self-heating*) menjadi perhatian utama karena berpotensi memicu kebakaran di ruang muat. Oleh sebab itu, ketentuan dalam SOLAS Bab II-2 tentang perlindungan kebakaran dan Bab VI mengenai pengangkutan muatan berfungsi sebagai kerangka regulasi, dengan penerapan teknis yang mengacu pada *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code* sebagai pedoman keselamatan muatan padat curah (International Maritime Organization, 2024).

a) *Chapter II-2: Konstruksi, Perlindungan dari Kebakaran, Deteksi, dan Pemadaman Kebakaran*

SOLAS Bab II-2 mengatur prinsip-prinsip keselamatan kebakaran di kapal yang mencakup aspek pencegahan, deteksi dini, serta penanggulangan kebakaran, termasuk pada ruang muat. Dalam SOLAS *Consolidated Edition 2024*, keselamatan kebakaran ditekankan pada kemampuan sistem kapal dalam mengidentifikasi kondisi tidak normal sejak tahap awal guna mencegah peningkatan risiko kebakaran, terutama pada muatan dengan kecenderungan pemanasan spontan (*self-heating*) (International Maritime Organization, 2024).

Sejalan dengan ketentuan tersebut, penerapan sistem pemantauan temperatur dan kelembapan berbasis *Internet of Things (IoT)* sebagaimana dikembangkan dalam penelitian ini secara langsung mendukung prinsip perlindungan kebakaran dalam SOLAS Bab II-2.

Hal ini dikarenakan sistem *monitoring real-time* dan kontinu memungkinkan tersedianya mekanisme peringatan dini (*early warning system*) yang efektif, sehingga tindakan pengendalian seperti pendinginan atau prosedur keselamatan lainnya dapat dilakukan secara cepat dan tepat sebelum kondisi berkembang menjadi situasi yang lebih berbahaya.

b) *Chapter VI: Pengangkutan Muatan dan Bahan Bakar*

International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) Bab VI mengatur persyaratan keselamatan dalam pengangkutan muatan, khususnya muatan padat curah yang berpotensi menimbulkan bahaya fisik maupun kimia selama pelayaran. SOLAS menegaskan bahwa pengangkutan muatan padat curah harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan teknis dalam *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code*, termasuk persyaratan pemantauan kondisi ruang muat untuk mencegah risiko yang berkaitan dengan emisi gas atau pemanasan spontan (*self-heating*) (International Maritime Organization, 2024).

Ketentuan ini bertujuan untuk melindungi awak kapal dengan meminimalkan kebutuhan masuk ke ruang tertutup (*enclosed spaces*) yang berisiko tinggi. Dalam konteks tersebut, implementasi teknologi sensor berbasis *Internet of Things (IoT)* memberikan solusi yang efektif melalui pemantauan temperatur dan kondisi lingkungan secara nirkabel dan *real-time*, sehingga standar keselamatan pelayaran sebagaimana ditetapkan dalam *SOLAS Consolidated Edition 2024* dapat dipenuhi secara lebih optimal.

b. Standar Manajemen Keselamatan Maritim

Bagian ini menguraikan standar manajemen keselamatan maritim yang berfungsi sebagai pedoman dalam pengelolaan operasional kapal secara aman dan sistematis.

1) *International Safety Management (ISM) Code 2018*

International Safety Management (ISM) Code mewajibkan setiap perusahaan pelayaran untuk merancang, mengimplementasikan, serta memelihara Sistem Manajemen Keselamatan (*Safety Management System*)

sebagai upaya sistematis dalam menjamin keselamatan operasional kapal dan pencegahan pencemaran. Keterkaitan *ISM Code* dengan penerapan sistem *monitoring* muatan batu bara tercermin pada beberapa elemen kunci berikut (International Maritime Organization, 2018).

a) Elemen 7: Operasi Kapal (*Shipboard Operations*)

Regulasi ini mewajibkan perusahaan untuk menetapkan prosedur baku terkait persiapan dan respons terhadap potensi bahaya, termasuk dalam penanganan muatan yang memiliki risiko *self-heating*. Penerapan sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* berfungsi sebagai instrumen pendukung bagi perwira jaga dalam melaksanakan prosedur tersebut. Melalui penyediaan data yang terekam secara digital dan kontinu, sistem ini mampu mengurangi ketergantungan pada metode pencatatan manual yang memiliki kerentanan tinggi terhadap kesalahan manusia (*human error*) (International Maritime Organization, 2018).

b) Elemen 10: Pemeliharaan Kapal dan Perlengkapan (*Maintenance of the Ship and Equipment*)

ISM Code menegaskan bahwa seluruh peralatan yang bersifat kritis terhadap keselamatan harus senantiasa dijaga agar berada dalam kondisi operasional yang layak. Pada praktik konvensional, penggunaan alat ukur manual kerap menghadapi kendala berupa keterbatasan dalam pemantauan berkelanjutan serta potensi keterlambatan dalam mendeteksi kerusakan atau gangguan fungsi alat. Oleh karena itu, pengembangan sistem *monitoring* otomatis yang terintegrasi dengan fitur diagnostik pada sensor menjadi solusi yang lebih andal dan adaptif. Sistem ini memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara kontinu, *real-time*, serta dilengkapi kemampuan deteksi dini terhadap anomali atau kegagalan sensor. Dengan demikian, kondisi peralatan dapat selalu terpantau dan terjaga optimal, sehingga mendukung implementasi prinsip pemeliharaan preventif dan memastikan kesesuaian dengan persyaratan keselamatan serta standar operasional yang diamanatkan dalam *ISM Code* (International Maritime Organization, 2018).

c. Standar Teknis untuk Pengangkutan Batu Bara dan Muatan Curah

Bagian ini membahas standar teknis yang digunakan dalam pengangkutan batu bara sebagai acuan untuk menjamin keselamatan dan keamanan selama proses pemuatan.

1) *International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code) 2023 Edition*

International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code merupakan pedoman teknis operasional yang bersifat wajib (*mandatory*) di bawah ketentuan *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)* dan berfungsi sebagai acuan utama dalam pengangkutan muatan curah padat secara aman. Dalam *Schedule for Coal*, batu bara diklasifikasikan secara tegas sebagai muatan *Group B*, yaitu muatan curah padat yang memiliki potensi bahaya kimia, khususnya risiko pemanasan spontan (*self-heating*) dan emisi gas berbahaya. Ketentuan kritis dalam *IMSBC Code* yang berkaitan dengan pengendalian bahaya pemanasan spontan (*self-heating*) pada muatan batu bara diuraikan sebagai berikut.

a) Batasan Temperatur Pemuatan

IMSBC Code secara tegas menetapkan bahwa muatan batu bara tidak diperkenankan untuk dimuat apabila temperatur muatan melebihi 55 °C. Ketentuan ini tercantum dalam *Schedule for Coal*, khususnya pada bagian *Pre-loading checks* yang terdapat dalam bagian *Properties and Hazards* serta *Carriage*. Persyaratan ini menegaskan bahwa pengawasan kondisi termal muatan harus dilakukan sejak tahap pra-pemuatan guna mencegah terjadinya oksidasi dini yang berpotensi berkembang menjadi kebakaran selama pelayaran (International Maritime Organization, 2023).

b) Kewajiban *Monitoring* Selama Pelayaran

Selama proses pengangkutan, *IMSBC Code* pada *Schedule for Coal*, bagian *Carriage*, mewajibkan awak kapal untuk melakukan pemantauan berkala terhadap kondisi udara di dalam palka. Parameter yang harus dipantau meliputi kadar gas Karbon Monoksida (CO), Metana (CH₄), dan Oksigen (O₂), serta temperatur muatan. Kode ini menegaskan bahwa peningkatan kadar Karbon Monoksida (CO)

merupakan indikator awal terjadinya proses pemanasan spontan (*self-heating*), sehingga intensitas pemantauan harus ditingkatkan apabila terdeteksi adanya kecenderungan kenaikan gas tersebut (International Maritime Organization, 2023).

2) ISO 11760: *Classification of Coals* 2018

Standar ISO 11760 menetapkan kerangka acuan dalam pengelompokan batu bara berdasarkan tingkat kematangan (*coal rank*), yang mencakup *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, hingga *anthracite* (International Organization for Standardization, 2018). Keberadaan standar ini memiliki signifikansi penting dalam penelitian, khususnya dalam kaitannya dengan karakteristik keselamatan muatan batu bara, dengan pertimbangan sebagai berikut.

a) Korelasi dengan Risiko Pemanasan Spontan (*Self-Heating*)

Batu bara dengan tingkat kematangan rendah (*low rank coal*), seperti *lignite* dan *sub-bituminous*, umumnya memiliki kandungan air (*moisture content*) dan zat terbang (*volatile matter*) yang relatif tinggi serta struktur pori yang lebih terbuka. Kondisi tersebut menyebabkan batu bara jenis ini lebih reaktif terhadap proses oksidasi, sehingga memiliki kecenderungan lebih besar untuk mengalami fenomena pemanasan spontan (*self-heating*) dibandingkan batu bara dengan tingkat kematangan yang lebih tinggi (International Organization for Standardization, 2018).

b) Implikasi terhadap Perancangan Sistem *Monitoring*

Pemahaman terhadap klasifikasi batu bara berdasarkan ISO 11760 memungkinkan sistem *monitoring* dirancang dan dikalibrasi secara lebih tepat sesuai dengan tingkat risiko muatan. Dengan pendekatan ini, sistem pengawasan dapat memberikan peringatan yang lebih sensitif terhadap perubahan parameter termal pada jenis batu bara yang memiliki reaktivitas tinggi. Hal ini menjadi dasar penting bagi pengembangan sistem *monitoring* yang mampu mendeteksi perubahan temperatur sejak tahap awal, khususnya pada muatan batu bara reaktif yang umum diangkut.

5. *Monitoring Temperatur dan Kelembapan*

Penerapan pemantauan temperatur dan kelembapan secara berkelanjutan sangat penting untuk mencegah risiko pemanasan spontan pada batu bara. Penelitian yang dilakukan oleh Putri dkk. (2025) menunjukkan bahwa pengukuran temperatur internal secara rutin dapat mendeteksi zona panas tersembunyi (*hotspot*) yang menandakan awal oksidasi tidak terkendali. Tanpa data yang akurat, pemanasan spontan sulit diidentifikasi sejak dini, sehingga pemantauan sistematis dengan termometer inframerah memungkinkan tindakan cepat seperti pendinginan sebelum temperatur melebihi nilai ambang bahaya yaitu $>50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Bakri dkk., 2024).

Meskipun pengawasan muatan bersifat wajib, metode pemantauan manual memiliki keterbatasan efisiensi dan kontinuitas data. Irawati dkk. (2023) dalam Jurnal Transmisi menyoroti bahwa pengecekan langsung di lapangan tidak efektif karena data tidak bersifat *real-time* dan berisiko bagi keselamatan operator. Sebagai solusi, teknologi *Internet of Things* (IoT) mampu menyediakan data temperatur dan kelembapan secara akurat, berkelanjutan, serta dapat diakses dari jarak jauh.

6. *Internet of Things (IoT)*

Pada bagian ini akan dibahas konsep dasar *Internet of Things* (IoT) sebagai salah satu teknologi yang berperan penting dalam pengembangan sistem *monitoring* berbasis digital. Pembahasan meliputi pengertian, karakteristik, keunggulan, serta arsitektur dan penerapan IoT yang menjadi landasan dalam perancangan dan implementasi sistem pada penelitian ini.

a. Pengertian dan Karakteristik *Internet of Things* (IoT)

Menurut Lestari dkk. (2023) *Internet of Things* (IoT) adalah merupakan konsep pemanfaatan teknologi internet untuk menghubungkan benda fisik sehingga manusia dapat mengirim data dan mengendalikan benda tersebut tanpa perlu interaksi langsung antarmanusia atau antara manusia dan komputer. Karakteristik utama IoT meliputi identifikasi perangkat yang unik, pengumpulan data lingkungan secara *real-time* melalui sensor, dan kemampuan untuk dikendalikan dari jarak jauh. Secara keseluruhan, teknologi ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan memudahkan kegiatan operasional.

b. Arsitektur dan Komputer Utama *Internet of Things* (IoT)

Lestari dkk. (2023) menjelaskan bahwa arsitektur *Internet of Things* (IoT) mencakup lapisan penginderaan (*perception layer*) yaitu sensor yang mengumpulkan dan mendigitalisasi data lingkungan, lapisan konektivitas (*network layer*) yang menghubungkan, memproses, dan mengirim data, serta lapisan pemrosesan (*application layer*) yaitu antarmuka mudah untuk pengguna mengakses dan mengendalikan data secara *real-time*. komponen utamanya meliputi mikrokontroler (ESP32/Arduino) yang berfungsi sebagai mesin pengolah data pusat, sensor sebagai cara pengambilan data, dan *gateway* sebagai penghubung ke server *cloud*.

c. Keunggulan *Internet of Things* (IoT) untuk Sistem *Monitoring*

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem *monitoring* memberikan keunggulan yang signifikan dibandingkan metode pemantauan manual, terutama dalam hal efisiensi dan kontinuitas data. Penelitian yang dilakukan oleh Irawati dkk. (2023) menunjukkan bahwa *Internet of Things* (IoT) mampu menghasilkan data pemantauan parameter lingkungan seperti temperatur dan kelembapan secara *real-time* dan berkelanjutan yang dapat diakses dari berbagai lokasi melalui dasbor digital. Keunggulan ini memungkinkan deteksi dini terhadap perubahan kondisi yang abnormal tanpa memerlukan kehadiran fisik operator di lapangan, sehingga mengurangi kesalahan manusia (*human error*) dan mempercepat pengambilan tindakan pencegahan ketika terjadi anomali.

d. Penerapan *Internet of Things* (IoT) pada Sistem *Monitoring* di Bidang Maritim

Penerapan *Internet of Things* (IoT) di departemen *deck* kapal meningkatkan efisiensi penanganan muatan. Operasional *deck* konvensional masih bergantung pada hitungan manual, seperti *draft survey* untuk menghitung bobot muatan yang memakan waktu dan rentan terjadi kesalahan manusia (*human error*). Ariany dkk. (2025) menunjukkan bahwa IoT mengatasi keterbatasan tersebut melalui sensor *trim* dan stabilitas *real-time*. Penggunaan sensor IoT berbasis mikrokontroler mampu menyajikan data kemiringan dan sarat kapal secara akurat yang dapat diakses melalui *web*. Ketersediaan informasi secara *real-time* ini efektif mempercepat perencanaan bongkar muat serta memastikan stabilitas kapal tetap dalam batas aman.

7. Komponen *Hardware* Sistem

Komponen *hardware* sistem *Internet of Things* (IoT) memainkan peran penting dalam *monitoring* temperatur dan kelembapan. Mikrokontroler menjadi pusat pengolahan utama yang mendukung integrasi dengan berbagai perangkat. Sistem ini memfasilitasi konektivitas nirkabel dan pengumpulan data akurat dengan beragam sensor. Berikut penjelasan masing-masing komponen utama.

a. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler serbaguna yang sangat cocok untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT), termasuk pemantauan dan pengendalian temperatur serta kelembapan. Harianto dkk. (2024) dalam pengembangan unit kontrol temperatur dan kelembapan berbasis ESP32 menjelaskan bahwa ESP32 memiliki kecepatan pemrosesan hingga 240 MHz, memori besar, serta Wi-Fi dan *bluetooth* terintegrasi yang memungkinkan komunikasi nirkabel *real-time* dengan biaya rendah dan efisiensi energi tinggi. Mikrokontroler ini unggul dibandingkan Arduino UNO karena ESP32 menunjukkan performa yang lebih unggul, dalam hal kemampuan pemrosesan data yang lebih cepat, dukungan *multitasking*, serta kompatibilitas dengan berbagai jenis sensor digital maupun analog. Hal ini menjadikan ESP32 lebih adaptif dalam mengelola sistem *monitoring* dengan kerumitan tinggi, termasuk pengolahan data lingkungan secara bersamaan dalam skala besar seperti pada muatan kapal.

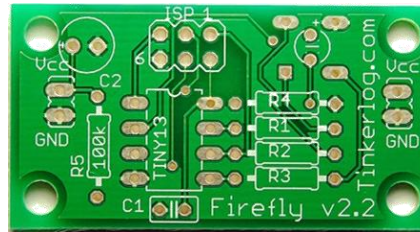
Harianto dkk. (2024) mendeskripsikan ESP32 sebagai unit pemroses inti yang efisien untuk sistem *monitoring real-time*, dengan memanfaatkan kemampuan pemrosesannya yang unggul untuk mengendalikan berbagai komponen sensor dan penggerak secara bersamaan, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1
Bentuk Fisik ESP32.
(<https://www.electronicwings.com/>)

b. Papan Sirkuit Cetak (*Printed Circuit Board*)

Papan Sirkuit Cetak atau *Printed Circuit Board* (PCB) merupakan perangkat keras yang menghubungkan komponen elektronik melalui jalur-jalur konduktor yang terintegrasi di dalamnya (Bere dkk., 2021). Dalam perancangan sistem pemantauan temperatur dan kelembapan, PCB ini digunakan untuk merangkai tata letak komponen seperti sensor SHT31, mikrokontroler, dan unit komunikasi. Jalur konduktor pada PCB memastikan distribusi daya dan transmisi data antar modul terhubung secara rapi dan kokoh, sehingga meminimalisir risiko putusnya koneksi antar komponen, sehingga stabilitas perangkat pemantauan dapat terus terjaga selama sistem beroperasi secara kontinu. Susunan komponen PCB dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2
Bentuk Fisik Papan Sirkuit Cetak.
(<http://www.asun86.com/>)

c. Sensor Temperatur (PT100)

Menurut Hidayat & Kurniawan (2022), sensor RTD PT100 merupakan salah satu jenis sensor temperatur berbasis resistansi (*Resistive Temperature Detector*) yang bekerja berdasarkan perubahan nilai hambatan listrik terhadap perubahan temperatur. Sensor ini memiliki karakteristik koefisien temperatur positif, yang berarti nilai resistansinya akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur. PT100 terbuat dari logam platina yang memiliki kestabilan tinggi, serta dikalibrasi dengan nilai resistansi sebesar 100 ohm pada temperatur 0 °C.

Berdasarkan standar Eropa (DIN), sensor ini menunjukkan perubahan resistansi sebesar 0,385 ohm untuk setiap kenaikan temperatur 1° C serta memiliki rentang temperatur operasional yang luas, yaitu dari -200 °C hingga 850 °C. Pada Gambar 2.3 ditunjukkan bentuk fisik sensor PT100 yang digunakan sebagai elemen utama dalam sistem *monitoring* temperatur.

Dalam implementasinya pada sistem berbasis mikrokontroler, sensor PT100 perlu rangkaian pengkondisi sinyal untuk mengubah resistansi menjadi sinyal tegangan yang dapat diproses oleh sistem. Rangkaian yang umum digunakan antara lain jembatan Wheatstone sebagai pengubah resistansi menjadi tegangan, serta rangkaian penguat untuk menyesuaikan level sinyal agar sesuai dengan kebutuhan *input* mikrokontroler atau sistem kontrol lainnya.



Gambar 2.3
Modul Sensor PT100.

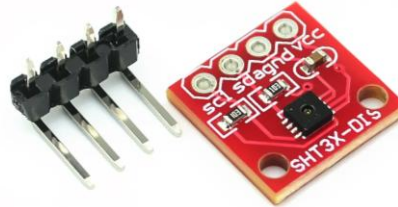
(<https://sino-inst.com/rtd-pt100-3-wire-support-customization/>)

d. Sensor Kelembapan (SHT31)

Sensor SHT31 merupakan sensor digital temperatur dan kelembapan yang diproduksi oleh Sensirion yang mampu melakukan pengukuran secara simultan dalam satu perangkat. Sensor ini menggunakan teknologi CMOSens® yang mengintegrasikan elemen sensor dan pemrosesan sinyal dalam satu *chip*, serta mendukung komunikasi digital melalui antarmuka I²C. Berdasarkan *datasheet* resmi, SHT31 memiliki tingkat akurasi tipikal sekitar $\pm 0,2$ °C untuk pengukuran temperatur dan $\pm 2\%$ RH untuk kelembapan, dengan rentang operasi yang luas yaitu -40 °C hingga 125 °C serta 0 – 100% RH (Sensirion, 2019). Sensor ini juga telah dikalibrasi pabrik dan dirancang stabil pada berbagai kondisi lingkungan.

Penelitian Adilah dkk. (2025) menunjukkan bahwa sensor ini memiliki *error* temperatur < 1 °C dan kelembapan sekitar 15% saat dibandingkan dengan alat ukur standar yang telah terkalibrasi, serta mampu beroperasi optimal pada temperatur ekstrem saat terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Integrasi spesifikasi teknis dari lembar data resmi Sensirion dengan hasil validasi lapangan yang telah dilakukan memperkuat bahwa sensor SHT31 merupakan pilihan yang tepat untuk berbagai aplikasi pemantauan lingkungan yang bersifat kritis, termasuk di antaranya pemantauan

kelembapan di dalam palka (*cargo hold*) kapal secara *real-time* dan kontinu. Gambaran fisik serta konfigurasi sensor SHT31, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, memperlihatkan desain kompak yang mendukung kemudahan integrasi ke dalam sistem pemantauan tersebut.

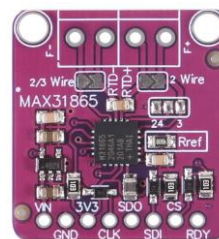


Gambar 2.4
Modul Sensor SHT31.
(<https://id.gnscomponent.com/>)

e. Modul MAX31865

Modul MAX31865 merupakan rangkaian konversi RTD-*to*-digital untuk membaca temperatur dari sensor resistansi platinum seperti PT100 dengan mengubah sinyal resistansi menjadi data digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler (Maxim Integrated, 2015). Prinsip kerjanya adalah dengan mengalirkan arus referensi ke sensor RTD, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dan membandingkannya dengan resistor acuan melalui konverter analog ke digital internal, sehingga nilai temperatur dapat diperoleh.

Modul ini mendukung konfigurasi 2, 3, dan 4 kawat untuk mengurangi pengaruh resistansi kabel terhadap hasil pengukuran. Selain itu, tersedia fitur deteksi gangguan, seperti kabel terputus atau hubungan singkat, yang membantu meningkatkan keandalan sistem. Komunikasi antara modul MAX31865 dan mikrokontroler menggunakan antarmuka *Serial Peripheral Interface* (SPI), sehingga proses pengiriman data dapat berlangsung dengan cepat dan stabil (Maxim Integrated, 2015). Konfigurasi modul MAX31865 dalam sistem yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5
Modul MAX31865.
(<https://www.terminalsblocks.com/>)

f. Kipas Pendingin

Kipas pendingin merupakan komponen aktuator yang berfungsi menghasilkan aliran udara untuk membantu menurunkan temperatur pada suatu sistem elektronik. Dalam implementasinya pada sistem berbasis mikrokontroler, kipas bekerja secara otomatis ketika temperatur melebihi ambang batas tertentu untuk menjaga kestabilan kondisi operasional (Mubarok & Syukron, 2025). Dalam sistem *monitoring* temperatur dan kelembapan, Penggunaan kipas ini memastikan bahwa temperatur di dalam penutup kotak (*box cover*) tetap terjaga, sehingga efisiensi penggunaan energi dan stabilitas sistem *monitoring* dapat dipertahankan selama perangkat bekerja secara kontinu. Bentuk fisik kipas pendingin yang digunakan dalam sistem ini, dapat dilihat pada Gambar 2.6, dengan desain ringkas yang sesuai untuk dipasang di dalam penutup kotak perangkat *monitoring*.



Gambar 2.6
Kipas Pendingin.
(<https://www.terminalsblocks.com/>)

g. Kabel *Jumper*

Kabel *jumper* merupakan kabel elektrik yang sangat penting dalam pembuatan purwarupa (*prototyping*) perangkat *Internet of Things* (IoT) karena berfungsi untuk menghubungkan berbagai komponen elektronika ke mikrokontroler. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, penggunaan kabel ini sangat memudahkan proses perakitan, terutama saat dihubungkan pada papan rangkaian, karena pengguna dapat dengan mudah membongkar pasang jalur sirkuit tanpa perlu melakukan penyolderan permanen (Alfan & Ramadhan, 2022). Fleksibilitas ini memastikan bahwa setiap modul sensor dapat terintegrasi dengan baik dan diuji coba hingga jalur komunikasi data berjalan stabil. Sistem ini menggunakan kabel *jumper* sebagai konduktor penghubung utama untuk mentransmisikan data dari sensor temperatur dan kelembapan menuju mikrokontroler.



Gambar 2.7
Kabel *Jumper*.
(<https://www.arduinoindonesia.id/>)

8. Platform *Monitoring* dan Antarmuka Pengguna

Platform *monitoring* dan antarmuka pengguna digunakan untuk mendukung proses pemantauan data pada sistem pengawasan muatan batu bara. Tampilan antarmuka dirancang agar informasi yang ditampilkan dapat dipantau dengan mudah oleh operator kapal. Desain ini berfokus pada kemudahan penggunaan serta responsivitas. Pembahasan mengenai komponen-komponennya diuraikan sebagai berikut.

a. Konsep Antarmuka Sistem *Monitoring*

Antarmuka sistem *monitoring* merupakan komponen penting dalam sistem informasi karena berfungsi sebagai media interaksi antara pengguna dan sistem. Dalam kajian *Human Computer Interaction* (HCI) atau interaksi manusia dan komputer, kualitas antarmuka berperan dalam menentukan kemudahan penggunaan serta efektivitas sistem. Nusantara dkk. (2023) menunjukkan bahwa aspek *perceived ease of use* (persepsi kemudahan penggunaan), *facilitating condition* (kondisi pendukung), dan *perceived usefulness* (persepsi kegunaan) pada sistem informasi akademik berada dalam kategori baik, yang mengindikasikan bahwa sistem dapat digunakan dengan cukup mudah, didukung oleh fasilitas yang memadai, serta memberikan manfaat bagi pengguna. Temuan ini menegaskan bahwa perancangan antarmuka perlu memperhatikan prinsip-prinsip HCI agar sistem yang dikembangkan mampu mendukung aktivitas pengguna secara efektif dan sesuai dengan kebutuhan.

Ramadhani dkk. (2023) menyatakan bahwa perancangan antarmuka *monitoring* yang efektif memerlukan pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna melalui metode *Human Centered Design* (HCD), yang melibatkan pengguna secara langsung dalam proses perancangan melalui

wawancara dan analisis data. Antarmuka yang baik harus mampu menyajikan data *real-time* dalam format yang mudah dipahami, menyediakan navigasi yang mudah dipahami, dan memberikan *feedback* yang jelas terhadap setiap aksi pengguna. Penerapan antarmuka *monitoring* yang responsif dan *user-friendly* secara signifikan meningkatkan kepuasan pengguna dan mempermudah proses pengambilan keputusan berdasarkan data yang dipantau.

b. *Liquid Crystal Display* (LCD)

Menurut Mahardika dkk. (2024), *Liquid Crystal Display* (LCD) merupakan teknologi tampilan yang memanfaatkan kristal cair sebagai elemen utama penampil. *Liquid Crystal Display* (LCD) telah diterapkan luas pada berbagai perangkat elektronik seperti kalkulator, komputer, televisi, dan aplikasi industri. Dalam sistem *monitoring* ini, digunakan LCD *dot matrix* 2x16 karakter yang berfungsi sebagai media penampilan data *real-time*, menampilkan informasi temperatur dan kelembapan muatan batu bara secara jelas dan mudah dibaca oleh operator kapal. Tampilan fisik LCD I2C yang digunakan dapat diamati pada Gambar 2.8 berikut, yang berperan penting sebagai indikator visual status operasional sistem *Internet of Things* (IoT), memberikan umpan balik langsung tentang kondisi lingkungan tanpa ketergantungan pada perangkat seluler atau komputer.



Gambar 2.8
Bentuk Fisik LCD I2C 16x2.
(<https://www.electronicwings.com/>)

c. Blynk

Platform Blynk merupakan layanan berbasis *cloud* yang berfungsi sebagai server dan aplikasi antarmuka, khusus dirancang untuk mendukung pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT) melalui pengendalian perangkat keras secara jarak jauh melalui internet. Menurut Jamal dkk. (2020)

Blynk adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang mendukung aplikasi iOS dan Android serta kompatibel dengan berbagai mikrokontroler seperti Node MCU ESP, STM32, Arduino, dan Raspberry Pi melalui koneksi internet.

Arsitektur Blynk terdiri dari tiga komponen utama, yaitu aplikasi Blynk untuk mengontrol perangkat dan tampilan data sensor melalui *widget* grafis, server Blynk sebagai pusat komunikasi *cloud* antar *smartphone* dan perangkat tertanam, serta perpustakaan Blynk yang menyediakan *widget* untuk kontrol, tampilan, dan pengelolaan waktu. Platform ini memfasilitasi pemantauan *real-time* dan pengoperasian jarak jauh serta menjadikannya solusi hemat biaya untuk aplikasi pemantauan kargo batu bara di kapal melalui integrasi dengan ESP32 sebagaimana disajikan pada Gambar 2.9, yang menunjukkan alur komunikasi data dalam sistem *Internet of Things* (IoT) yang digunakan. Blynk mendukung notifikasi otomatis berbasis ambang batas yang memungkinkan operator merespons penyimpangan kondisi kargo secara cepat, sekaligus berperan sebagai sistem peringatan dini dalam mendukung operasional.



Gambar 2.9
Prinsip Kerja Blynk.
(Jamal, dkk., 2020)

d. Perangkat Peringatan (*Buzzer*/Alarm)

Buzzer merupakan perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal elektrik menjadi suara (akustik) dan sering diterapkan sebagai mekanisme alarm atau indikator peringatan dalam sistem keamanan. Menurut Mahardika dkk. (2024), *Buzzer* bekerja serupa dengan *loudspeaker* di mana arus listrik pada kumparan menghasilkan medan elektromagnetik yang menggerakkan diafragma untuk memproduksi suara. Pada Gambar 2.10 ditunjukkan bentuk fisik *buzzer* yang digunakan sebagai alarm otomatis yang menyala saat temperatur melebihi batas aman, memungkinkan operator langsung mengetahui anomali dan mengambil tindakan pencegahan sebelum terjadi pemanasan spontan (*self-heating*) bertambah parah.



Gambar 2.10
Bentuk Fisik *Buzzer*.
(<https://id.hydzelec.com/>)

B. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian ini memiliki keterkaitan dengan sejumlah studi terdahulu yang menjadi landasan dalam memperkuat temuan penelitian ini. Penelitian ini juga ditujukan untuk melakukan analisis perbandingan terhadap hasil penelitian sebelumnya sebagaimana yang dirangkum dalam Tabel 1.1. Melalui proses perbandingan tersebut, diharapkan dapat memperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai kelebihan serta keterbatasan dari metode yang telah diterapkan pada penelitian sebelumnya.

Tabel 1.1
Penelitian Terdahulu.

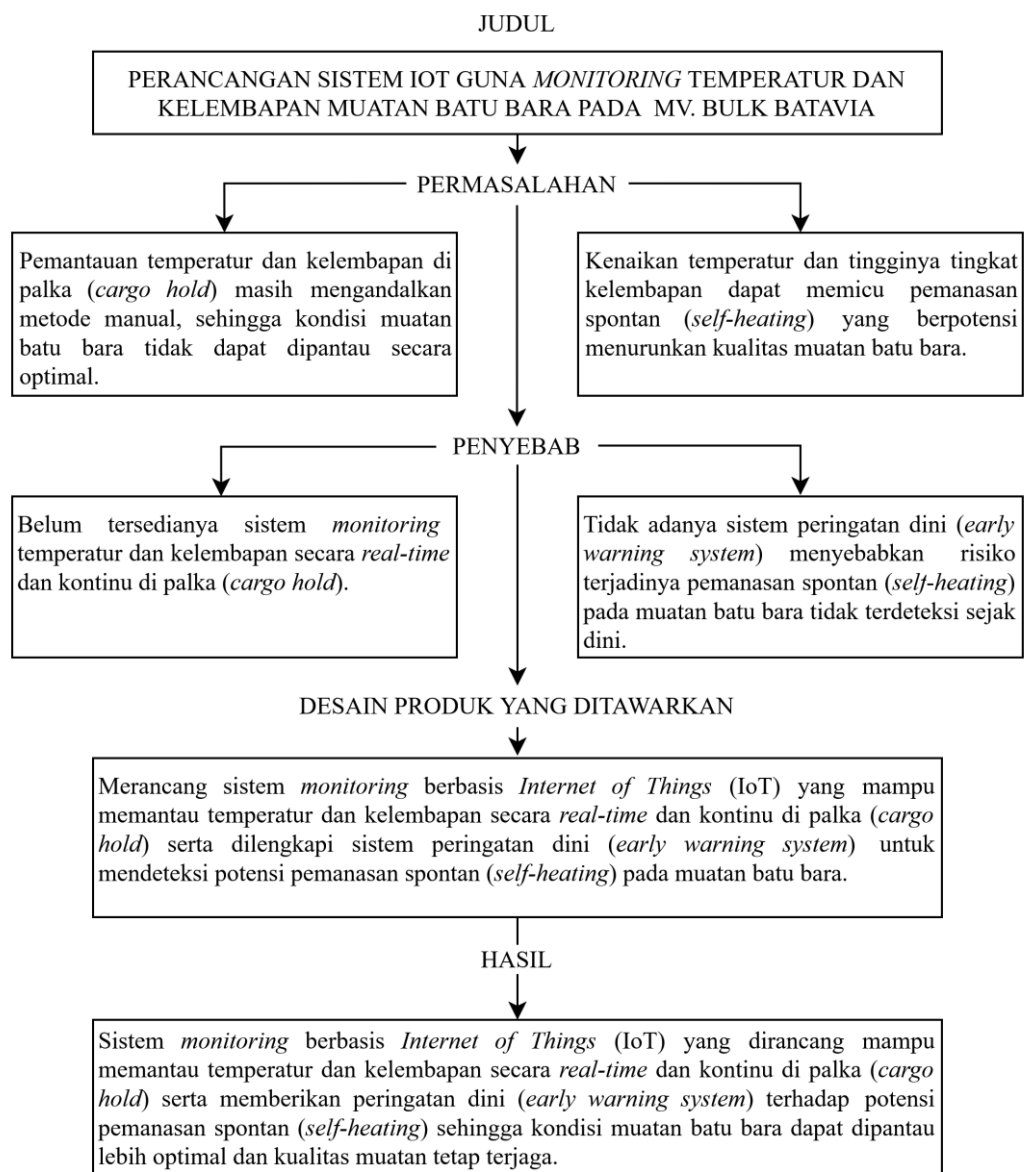
No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbit	Hasil
1.	Sistem <i>Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT (Internet of Thing)</i> pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories	Risam Santosa, Putri Anggun Sari, dan Anato Tri Sasongko (2023)	Penelitian ini merancang sistem <i>monitoring</i> suhu dan kelembapan gudang farmasi berbasis IoT dengan memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor DHT11. Visualisasi data dilakukan melalui platform Thinger.io dengan hasil pengujian akurasi suhu mencapai 98,49% dan kelembapan sebesar 87,78%. Meskipun memiliki kesamaan dalam basis teknologi IoT, penggunaan <i>buzzer</i> , dan <i>monitoring</i> suhu serta kelembapan secara <i>real-time</i> , perbedaan signifikan terdapat pada perangkat (ESP8266 vs ESP32, DHT11 vs PT100 dan SHT31), platform (Thinger.io vs Blynk dengan LCD I2C), serta lokasi implementasi.
2.	Temperature and Humidity Monitoring on IoT Based Shipment Tracking	Zaenurrohman, Arief Marwanto, dan Suryani Alifah (2018)	Penelitian ini mengembangkan sistem <i>monitoring</i> suhu dan kelembapan serta pelacakan posisi pengiriman barang berbasis IoT menggunakan Arduino Uno, sensor DHT11, GPS Neo-6M, RFID MFRC522, dan modul GSM SIM800L. Data dikirim secara <i>real-time</i> ke server Clouduino dan divisualisasikan melalui <i>web</i> berbasis Google Maps, dengan hasil pengujian menunjukkan interval transmisi data rata-rata 5,75 detik (statis) hingga 6,22 detik

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbit	Hasil
			(dinamis) serta <i>delay</i> rendah. Meskipun sama-sama menerapkan IoT untuk <i>monitoring</i> suhu dan kelembaban secara <i>real-time</i> , penelitian ini berbeda pada mikrokontroler Arduino Uno, sensor DHT11, platform Cloudduino/Google Maps, tambahan fitur pelacakan GPS/RFID, serta objek pengiriman barang darat sedangkan penelitian penulis berfokus pada muatan batu bara di palka (<i>cargo hold</i>) kapal dengan menggunakan ESP32, PT100, SHT31, dan Blynk dengan LCD I2C.
3.	Prototipe Alat monitoring Suhu dan Kelembaban pada Rumah Penyimpan Tembakau Berbasis <i>Internet of Thing</i> (IoT)	Muthmainnah, Aan Syaifudin, Ninik Chamidah (2023)	Penelitian ini mengembangkan prototipe <i>monitoring</i> suhu dan kelembaban pada rumah penyimpanan tembakau berbasis IoT menggunakan sensor DHT22 dan mikrokontroler ESP8266. Hasil pengujian mencatat akurasi suhu sebesar 96,36% dan kelembaban 95,33%, dengan data stabil melalui aplikasi Blynk pada <i>smartphone</i> . Meskipun memiliki kesamaan dalam penerapan IoT, visualisasi data <i>via</i> Blynk, dan <i>monitoring</i> suhu-kelembaban, perbedaan utamanya terletak pada mikrokontroler ESP8266, sensor DHT22, serta objek studi rumah penyimpanan tembakau sedangkan penelitian penulis menggunakan ESP32, PT100, SHT31 dengan LCD I2C dan <i>buzzer</i> untuk palka (<i>cargo hold</i>) kapal.
4.	Internet of Things enabled real time cold chain monitoring in a container port	Ahmet Yunus Cil, Dini Abdurahman, dan Ibrahim Cil (2022)	Penelitian ini mengembangkan sistem <i>monitoring cold chain</i> berbasis IoT di pelabuhan kontainer untuk memantau suhu dan kelembaban secara <i>real-time</i> menggunakan WSN, RFID, dan komunikasi GSM yang terhubung ke <i>cloud</i> serta dilengkapi notifikasi peringatan otomatis. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu menyediakan data lingkungan secara kontinu guna mendukung pengelolaan distribusi logistik. Meskipun sama-sama menerapkan <i>monitoring</i> IoT, perbedaannya utama terletak pada pengawasan kontainer skala luas dengan infrastruktur jaringan kompleks, sedangkan penelitian penulis menitik beratkan pada pemantauan kondisi termal briket arang dalam area terbatas menggunakan mikrokontroler dan sensor sederhana untuk mendeteksi potensi pemanasan dini.
5.	Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan	Muhammad Reza Siregar, Andik Bintoro, Raihan Putri (2021)	Penelitian ini mengembangkan sistem <i>monitoring</i> suhu dan kelembaban pada penyimpanan gabah untuk menjaga kualitas beras berbasis IoT menggunakan sensor DHT22, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan <i>relay</i> SSR untuk pengendalian otomatis elemen

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbit	Hasil
	Gabah untuk Menjaga Kualitas Beras Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT)		pemanas. Data dibaca secara <i>real-time</i> dan dapat dimonitor melalui platform Blynk pada <i>smartphone</i> dari jarak jauh, memastikan gabah terhindar dari hama serta memenuhi standar SNI. Meskipun sama-sama menerapkan <i>monitoring</i> IoT dengan platform Blynk, perbedaannya terletak pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor DHT22 untuk gudang penyimpanan gabah beras sedangkan penelitian penulis menggunakan ESP32, PT100, SHT31 dengan LCD I2C serta <i>buzzer</i> untuk palka (<i>cargo hold</i>) kapal.
6.	Design of a Temperature and Humidity Monitoring System Based on the Internet of Things for Cold Chain Vaccine Storage	Utami Nuri Adilah, Aurellia Hendrawan, Muhammad Arman, Nur Khakim, Rofan Aziz (2025)	Penelitian ini mengembangkan sistem <i>monitoring</i> temperatur dan kelembapan berbasis IoT untuk penyimpanan vaksin menggunakan ESP32 dan sensor SHT31. Data dikirim ke <i>Firebase</i> dan disimpan pada <i>SD Card</i> , serta dilengkapi notifikasi Telegram dan <i>dashboard web</i> . Hasil pengujian menunjukkan <i>error</i> suhu <1% dan kelembapan $\pm 15\%$ dengan tingkat kehilangan data rendah. Meskipun sama-sama menerapkan sistem <i>monitoring</i> IoT menggunakan ESP32 dan sensor SHT31, perbedaannya terletak pada objek dan sistem pendukung yang digunakan. Penelitian tersebut berfokus pada rantai dingin penyimpanan vaksin dengan integrasi <i>Firebase</i> dan <i>web dashboard</i> , sedangkan penelitian penulis berfokus pada <i>monitoring</i> temperatur dan kelembapan muatan batu bara di palka (<i>cargo hold</i>) kapal menggunakan sensor PT100, LCD I2C, <i>buzzer</i> , kipas pendingin 5V, serta platform Blynk sebagai media pemantauan.
7.	Evaluasi Akurasi Sensor Suhu Digital untuk Aplikasi Pemantauan Suhu Ruangan Penyimpanan: Studi <i>Indoor</i> dan <i>Outdoor</i>	Aprilia Yogi Setiawati & Munnik Haryanti (2025)	Penelitian ini mengevaluasi akurasi dan stabilitas lima sensor suhu digital DHT11, DHT22, DS18B20, BMP085, dan BMP280 menggunakan NodeMCU ESP8266 yang divalidasi terhadap termometer air raksa bersertifikat SNI pada kondisi <i>indoor</i> dan <i>outdoor</i> untuk aplikasi pemantauan ruang penyimpanan. Hasil pengujian menunjukkan BMP280 paling akurat secara <i>indoor</i> dengan selisih rata-rata 0,52 °C dan <i>error</i> 2,0%, sementara DS18B20 unggul di <i>outdoor</i> dengan selisih hingga 0,4 °C. Kesamaan terdapat pada pemanfaatan teknologi IoT dan evaluasi sensor suhu, namun perbedaannya terletak pada studi evaluasi akurasi sensor semata, sedangkan penelitian penulis mengimplementasikan sistem <i>monitoring</i> temperatur dan kelembapan muatan batu bara di kapal.

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini menggambarkan hubungan antara karakteristik batu bara yang berpotensi mengalami pemanasan spontan, keterbatasan sistem pemantauan manual di atas kapal, serta kebutuhan akan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu bekerja secara *real-time* dan kontinu. Alur tersebut menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dan kelembapan sebagai variabel utama dapat diidentifikasi lebih dini melalui sistem yang dirancang, sehingga risiko *self-heating* dan penurunan kualitas muatan dapat diminimalkan. Kerangka penelitian yang disusun kemudian ditampilkan pada Gambar 2.11 sebagai berikut.



Gambar 2.11
Kerangka Pemikiran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis data yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya mengenai perancangan sistem *monitoring* pada muatan batu bara, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang menggunakan ESP32, sensor PT100, dan SHT31 berhasil dirancang dan mampu melakukan *monitoring* temperatur dan kelembapan secara *real-time* dan kontinu pada palka (*cargo hold*) kapal. Sistem ini terbukti efektif mengatasi keterbatasan pemantauan manual dengan menyajikan data melalui tampilan LCD dan platform Blynk yang dapat diakses dari jarak jauh. sehingga menjawab kebutuhan pengawasan yang sebelumnya masih dilakukan secara manual dan konvensional.
2. Berdasarkan hasil pengujian dan validasi, sistem menunjukkan kinerja yang responsif, stabil, dan layak digunakan sebagai deteksi dini (*early warning system*) dalam mengidentifikasi gejala awal pemanasan spontan (*self-heating*) serta mencegah penurunan kualitas muatan batu bara.

B. SARAN

Berdasarkan temuan, keterbatasan, dan potensi sistem *monitoring* berbasis IoT, disampaikan saran untuk peningkatan kinerja dan pengembangan penelitian selanjutnya.

1. Untuk Perusahaan Pelayaran

Disarankan agar perusahaan pelayaran dapat mempertimbangkan penerapan perancangan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) ini secara nyata di kapal, sebagai pengganti atau pendukung metode manual dan konvensional, guna meningkatkan efektivitas pengawasan muatan serta mempercepat deteksi potensi bahaya selama proses pemuatan dan dalam suatu pelayaran.

2. Nakhoda dan Perwira di Atas Kapal

Disarankan agar nakhoda memanfaatkan sistem ini sebagai sarana pemantauan kondisi muatan secara *real-time* dan kontinu, sehingga potensi terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) dapat dideteksi sejak dini dan tindakan pencegahan pemanasan spontan dapat segera dilakukan. Dengan demikian, aspek keselamatan pemuatan dan pelayaran dapat ditingkatkan melalui pengambilan keputusan yang lebih cepat, tepat, dan berbasis data aktual.

3. Untuk Anak Buah Kapal

Disarankan agar anak buah kapal diberikan pelatihan teknis mengenai pengoperasian dan pemeliharaan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mendukung penggunaan alat secara tepat dan optimal. Pelatihan tersebut diharapkan dapat meningkatkan pemahaman anak buah kapal terhadap fungsi alat, pembacaan hasil *monitoring*, serta pelaksanaan perawatan rutin sehingga kinerja sistem dapat terpelihara secara optimal.

4. Untuk Penelitian Selanjutnya

Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menerapkan sensor nirkabel (*wireless sensor*) berbasis protokol komunikasi jarak jauh seperti *Long Range* (LoRa) untuk mengatasi kendala transmisi data pada konstruksi baja palka yang tebal, sehingga jangkauan *monitoring* menjadi lebih luas dan stabil tanpa ketergantungan penuh pada jaringan Wi-Fi kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, U. N., Hendrawan, A., Arman, M., Khakim, N., & Aziz, R. (2025). Design of a Temperature and Humidity Monitoring System Based on the Internet of Things for Cold Chain Vaccine Storage. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 17(2), 103–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/joki.2025.17.2.5>
- Alfan, A. N., & Ramadhan, V. (2022). Prototype detektor gas dan monitoring suhu berbasis Arduino Uno. *Jurnal PROSISKO*, 9(2), 61–69.
- Alfitrah, S. R., Arifin, M. Z., & Sari, R. H. (2025). Fire Incident during Coal Cargo Operation: A Case Study in MV Manalagi Tisya. *Journal of Maritime Dynamic*, 6(1), 1–8.
- Andrawina, & Ernawati, R. (2019). Analisis Terjadinya Swabakar serta Penanganan Swabakar di Temporary Stockpile Pit 1 C TE-5900 HS Area Banko Barat di PT. Bukit Asam Tanjung Enim. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 1(1), 489–494.
- Arduino. (2024). *Arduino IDE*. Arduino AG. <https://docs.arduino.cc/software/ide/>
- Ariany, Z., Shihab, F. F., Akbar, S., Baital, M. S. H., & Hanifuddin, A. R. (2025). IoT Application in Designing Ship Trim Reading and Monitoring Tools. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 10(4), 1347–1352. <https://doi.org/https://doi.org/10.12962/j25481479.v10i4>
- Bagno, R. B., & Freitas, J. S. (2023). Setting the three-stage R & D shared portfolio methodology : an innovative approach to industry – university collaboration. *Revista de Gestão*, 30(3), 282–298. <https://doi.org/10.1108/REGE-07-2021-0108>
- Bakri, S., Thamsi, A. B., & Muhdi, I. (2024). Analisis Dampak Kenaikan Suhu Terhadap Penurunan Kualitas Batubara Muara Bengalun PT Mitrabara Adiperdana Tbk: Analysis of the Impact of Temperature Increase on the Decrease in Coal Quality of Bengalun Muara PT Mitrabara Adiperdana Tbk. *Journal of Engineering Science and Technology Applications*, 2(1), 16–21. <https://doi.org/10.58227/jesta.v2i1.194>
- Bere, S. H., Mahmudi, A., & Sasmito, A. P. (2021). RANCANG BANGUN ALAT PEMBUKA DAN PENUTUP TONG SAMPAH OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR JARAK BERBASIS ARDUINO. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 357–363.
- Direktorat Jenderal Perhubungan laut. (2024). *Kebakaran Muatan Batu Bara di Tongkang MJL 3015 yang Ditarik oleh Kapal TB. Gonaya V Berhasil Dipadamkan // Coal Cargo Fire on MJL 3015 Barge Towed by TB. Gonaya V Successfully Extinguished*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. <https://hubla.dephub.go.id/indonesianmaritimesafetyinformation/page/news/read/23120/kebakaran-muatan-batu-bara-di-tongkang-mjl-3015-yang-ditarik-oleh-kapal-tb-gonaya-v-berhasil-dipadamkan-coal-cargo-fire-on-mjl-3015-barge-towed-by-tb-gonaya-v-successfully>
- Espressif Systems. (2025). *ESP32 Series Datasheet Version 5.2* (pp. 1–78). https://www.espressif.com/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.

- Fauzi, R., Zainy, A., Nasution, H. N., Hastini, F., & Simanjuntak, F. A. (2023). PERANCANGAN APLIKASI PARIWISATA BERBASIS ANDROID DI KOTA PADANG SIDEMPUAN. *Jurnal Education and Development*, 11(1), 437–442. <https://doi.org/10.37081/ed.v11i1.2687>
- Harianto, D., Bintang, H. S., Ardiyanto, A., & Widyawan, V. L. D. (2024). Development and Evaluation of an ESP32-based Temperature and Humidity Control Unit for Textile Storage. *International Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.58291/ijec.v4i1.309> March
- Hidayat, M. S. T., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa Perbandingan Sistem Kontrol Berbasis Arduino dan PLC Pada Pengendalian Suhu. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 07(02), 24–28.
- Hitachi. (1999). *HD44780U (LCD-II) (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver)* (Vol. 272, pp. 1–60). Hitachi, Ltd.
- Indaswari, R. A., Akbar, Z., & Santoso, H. (2024). Sistem Aplikasi E-Booking Berbasis Web Pada Salon Misumi Beauty&Skin. *Jurnal Informatika, Sistem Informasi Dan Kehutanan (FORSINTA)*, 3(2), 12–18. <https://doi.org/10.53978/jfsa.v3i2.504>
- International Electrotechnical Commission. (2022). *IEC 60751:2022 Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors*. IEC.
- International Maritime Organization. (2018). *International Safety Management (ISM) Code* (2018 Editi). International Maritime Organization.
- International Maritime Organization. (2023). *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code* (2023 Editi). International Maritime Organization.
- International Maritime Organization. (2024). *SOLAS: Consolidated edition 2024*. IMO Publishing.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 11760: Classification of coals* (Second edi). International Organization for Standardization.
- Irawati, I., Amien, M. T., Sumarno, E., & Rosyadi, F. (2023). PROTOTYPE MONITORING SUHU DAN KELEMBAPAN PADA KUBIKEL 20 kV BERBASIS IoT. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 25(3), 103–114. <https://doi.org/10.14710/transmisi.25.3.103-114>
- Jamal, H., Arshad, M. N., Butt, Y., Shafiq, H., Manan, A., Arif, A., & Janjua, M. K. (2020). Design of an economical and reliable net-metering device for residential consumption measurement using IoT. *Proceedings of the SICE Annual Conference 2020*, 1747–1752.
- Jiao, R., Luo, J., Malmqvist, J., & Summers, J. (2022). New design: opportunities for engineering design in an era of digital transformation. *Journal of Engineering Design*, 33(10), 685–690. <https://doi.org/10.1080/09544828.2022.2147270>
- Kusumah, R., Islam, H. I., & Susilawati. (2023). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT) Pada Ruang Data Center. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 7(1), 88–94. <https://doi.org/10.30871/jaic.v7i1.5199>
- Lestari, L., Syahwin, & Haramaini, T. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things

- untuk Kendali Lampu menggunakan Android. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(2), 122–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i2.312>
- Mahardika, I. M. G. W., Arta, I. K. J., & Dewi, A. A. K. (2024). Penggunaan Sensor Suhu Dht 11 Buzzer Dan Lampu Led Sebagai Pemantau Suhu Ruangan. *JMTI: Jurnal Manajemen Dan Teknologi Informasi*, 14(1), 10–18. <https://doi.org/DOI: 10.59819>
- Manik, N., & Paingan, E. N. (2025). Pengaruh Karakteristik Batubara Terhadap Pembentukan Emisi Gas Metana Pada Swabakar Batubara di Temporary Stockpile. *Majamecha*, 7(1), 25–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.36815/majamecha.v7i1.3627>
- Max Flow. (2023). *MFD3007 DC brushless fan datasheet*. <https://www.max-flow.com/products/datasheet/mfd3007.html>
- Maxim Integrated. (2015). *MAX31865: RTD-to-Digital Converter*. Maxim Integrated (Analog Devices, Inc.). <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX31865.pdf>
- Mubarok, R., & Syukron, A. A. (2025). Pengembangan Alat Pendingin Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Dengan Sensor Dht 22. *Jurnal Media Informatika*, 6(3), 1554–1561.
- Nurlaili, & Panjaitan, N. Y. (2024). Pengaruh pola penumpukan dan tingginya tumpukan batubara terhadap potensi terjadinya pembakaran spontan. *Jurnal Ruang Luar Dan Dalam*, 07(02), 356–362.
- Nusantara, T. A., Syam, H., & Tjandi, Y. (2023). Analisis HCI (Human Computer Interaction) pada sistem informasi akademik Universitas Negeri Makassar untuk pengukuran user experience. *UNM of Journal Technologycal and Vocational*, 7(1), 67–82.
- Ogara, E. R., Fadhilah, A., & Ilham, A. (2023). PENENTUAN PERINGKAT DAN PENGARUH KARAKTERISTIK BATUBARA TERHADAP NILAI KALORI DETERMINATION. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 09(02), 122–130. <https://doi.org/10.23960/jge.v9i2.275>
- Philips Semiconductors. (2004). *BC546; BC547 NPN general purpose transistors*. Philips Semiconductors.
- Pindra, W., Suryadi, D., & Hiendro, A. (2020). ANALISIS DC LINE FILTER PADA CATU DAYA. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 8(2).
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2015). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Pribeanu, C. (2017). A Revised Set of Usability Heuristics for the Evaluation of Interactive Systems. *Informatica Economica*, 21(3), 31–38. <https://doi.org/10.12948/issn14531305/21.3.2017.03>
- Putri, Elsy Sonia Lukalma Gumanti, S., & Yasen, D. (2025). ANALISIS UPAYA PENCEGAHAN SWABAKAR PADA STOCKPILE RL 56 TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM, Tbk. TANJUNG ENIM. *Jurnal Humaniora Dan Sosial Sains*, 2(3), 324–328.

- Ramadhani, S., Az-Zahra, H. M., & Rachmadi, A. (2023). Perancangan User Interface Sistem Monitoring Akademik dan Kehadiran Siswa Terintegrasi Auto Notification berbasis Mobile dengan menggunakan Metode Human Centered Design (Studi Kasus: SMKN 6 Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(5), 2568–2575. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Safrilly, S. M., & Badarudin, R. (2024). Sistem Monitoring Suhu secara Real-Time berbasis Arduino Uno untuk Pemantauan Lingkungan. *EELCTROPS Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 3(2), 1–7. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TE>
- Same Sky. (2024). *Model: PJ-102AH DC Power Jack Datasheet*. Same Sky (formerly CUI Devices). <https://www.sameskydevices.com/product/resource/pj-102ah.pdf>
- Samwha Capacitor Group. (n.d.). *Miniature Aluminum Electrolytic Capacitors (BR Series)*. Samwha Capacitor Group.
- Santosa, R., Sari, P. A., & Sasongko, A. T. (2023). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT (Internet of Thing) pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 5(4), 391–400. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i4.943>
- Saputro, A. F. Y., & Prasetyo, D. A. (2022). Rancang Bangun Thermopen Sebagai Pengukur Suhu Menggunakan Sensor Ds18B20 Dilengkapi Internet of Things. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 26–33. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i1.14928>
- Sensirion. (2019). *Datasheet SHT3x-DIS Humidity and Temperature Sensor* (pp. 1–22). Sensirion AG. https://www.sensirion.com/media/documents/213E6A3B/63A5A569/Datasheet_SHT3x_DIS.pdf
- Setiawati, A. Y., & Haryanti, M. (2025). Evaluasi Akurasi Sensor Suhu Digital untuk Aplikasi Pemantauan Suhu Ruangan Penyimpanan: Studi Indoor dan Outdoor. *Jurnal Teknologi Industri (JTI)*, 14(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.35968/jti.v14i1.1712>
- Siregar, M. R., Bintoro, A., & Putri, R. (2021). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan Gabah untuk Menjaga Kualitas Beras Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Energi Elektrik*, 10(1), 14–17.
- Sommerville, I. (2016). *Software Engineering* (10th ed.). Pearson Education.
- STEMpedia. (2023). *Arduino sketch: Structure and flow*. <https://ai.thestempedia.com/docs/evive/evive-arduino-ide-tutorials/arduino-sketch-structure-and-flow/>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Switch Components. (2021). *Rocker Switch RA1-2F-DC-2-B datasheet*. Switch Components.
- Syukhron, I., Rahmadewi, R., & Ibrahim. (2021). Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro Penggunaan*, 15(1), 1–11.
- TDK Corporation. (2022). *Piezoelectronic Buzzers: PS Series Pin Terminal Type*. TDK

Corporation.

- Thabari, J. A., Auzani, A. S., Nirbito, W., Muharam, Y., & Nugroho, Y. S. (2023). Modeling of Coal Spontaneous Fire in A Large-Scale Stockpile. *International Journal of Technology*, 14(2), 257–266. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i2.5367>
- Vishay Intertechnology. (2025). *CMF Industrial: Metal Film Resistors, Axial, Industrial, Precision* (Issue 1, pp. 1–5). Vishay Intertechnology, Inc.
- Widodo, N., Syawaludin, E., & Arifin, Z. (2020). *Studi pembakaran spontan batubara menggunakan metode pemanasan adiabatik pada skala laboratorium*. Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol16.no2.2020.1066>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengajuan Sinopsis Skripsi

 KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN J A K A R T A 	
<u>PENGAJUAN SINOPSIS SKRIPSI</u>	
NAMA	: Hafis Aulia
NRP	: 365221340
KELAS	: Nautika 7 Charlie
JURUSAN	: Nautika
SEMESTER	: 7
Mengajukan Sinopsis Skripsi sebagai berikut:	
A. JUDUL	
PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA MONITORING TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BATU BARA DI KAPAL MV. BULK BATAVIA.	
B. LATAR BELAKANG MASALAH	
Operasi kapal curah modern sangat bergantung pada keselamatan muatan dan pemantauan kondisi lingkungan di dalam ruang muat. Batu bara merupakan salah satu komoditas yang memiliki risiko tinggi terhadap fenomena <i>self-heating</i> atau pemanasan spontan akibat proses oksidasi. Menurut ketentuan dalam <i>International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code</i>, batu bara termasuk ke dalam kategori muatan berbahaya (Group B) yang memerlukan pengawasan temperatur dan kelembapan secara berkala untuk mencegah timbulnya titik panas yang dapat berkembang menjadi kebakaran di dalam <i>cargo hold</i>. Oleh karena itu, pemantauan parameter lingkungan selama proses pemuatan dan pelayaran menjadi aspek penting dalam menjaga keselamatan kapal dan kualitas muatan. Pada praktiknya, kondisi di kapal MV. Bulk Batavia menunjukkan bahwa pengawasan terhadap temperatur dan kelembapan <i>cargo hold</i> masih dilakukan secara manual dengan frekuensi yang sangat terbatas. Salah satu masalah paling krusial yang muncul adalah tidak dilakukannya pengukuran temperatur muatan secara rutin oleh <i>officer</i> pada saat proses <i>loading</i>. Padahal, sesuai pedoman IMSBC Code, fase pemuatan merupakan tahapan paling rawan karena batu bara yang berasal dari <i>stockpile</i> dapat membawa	

panas internal akibat oksidasi sebelumnya. Ketika pengukuran tidak dilakukan, kenaikan temperatur awal tidak terdeteksi dan potensi *self-heating* dapat berkembang tanpa diketahui hingga mencapai kondisi berbahaya.

Ketiadaan pemantauan yang sistematis tidak hanya meningkatkan risiko keselamatan, tetapi juga berdampak pada kualitas muatan. Penelitian menunjukkan bahwa *self-heating* menyebabkan perubahan komposisi kimia serta degradasi termal yang menurunkan nilai kalor batu bara. Penurunan nilai kalor ini mengakibatkan kerusakan mutu komoditas dan berpotensi menimbulkan kerugian bagi pihak pengangkut maupun penerima muatan. Dalam konteks operasional kapal, *officer deck* membutuhkan data yang akurat, cepat, dan real-time guna menentukan tindakan seperti pengaturan ventilasi *cargo hold*, identifikasi titik panas, atau langkah mitigasi lainnya.

Namun hingga saat ini, kapal MV. Bulk Batavia belum memiliki sistem monitoring digital yang dapat memberikan pembacaan temperatur dan kelembapan secara otomatis dan kontinu. Pemantauan manual rawan terhadap kesalahan manusia, kurang efisien, dan tidak mampu memberikan informasi real-time yang dibutuhkan untuk menjaga keselamatan pelayaran. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang bagi penerapan sensor terintegrasi yang mampu mengukur kondisi lingkungan muatan secara otomatis, mengirimkan data secara langsung, dan memberikan peringatan dini apabila terjadi anomali. Sistem semacam ini dapat meningkatkan akurasi pengukuran, meminimalkan *human error*, serta mempercepat respon terhadap potensi bahaya *self-heating*.

Berdasarkan kondisi tersebut, dibutuhkan suatu rancangan sistem monitoring temperatur dan kelembapan berbasis IoT pada *cargo hold* kapal curah bermuatan batu bara yang mampu memberikan informasi aktual, akurat, dan berkesinambungan. Penerapan sistem ini diharapkan dapat memperbaiki praktik pemantauan yang sebelumnya bersifat manual, meningkatkan keselamatan pelayaran, serta menjaga kualitas muatan selama proses pemuatan dan pelayaran. Dengan demikian, pengembangan sistem monitoring berbasis IoT menjadi solusi yang relevan dan dibutuhkan untuk menjawab permasalahan operasional yang terjadi di MV. Bulk Batavia.

C. RUMUSAN MASALAH

Untuk meminimalkan risiko terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) serta mencegah menurunnya kualitas pada muatan batu bara di MV. Bulk Batavia, diperlukan sistem pemantauan kondisi muatan secara *real-time* dan kontinu. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengukur temperatur dan kelembapan di dalam palka (*cargo hold*) secara *real-time* dan kontinu serta meminimalkan risiko terjadinya pemanasan spontan (*self-heating*) guna mencegah menurunnya kualitas pada muatan batu bara di kapal MV. Bulk Batavia?

D. PENJELASAN PENELITIAN

PENDEKATAN MASALAH PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada pengajuan sinopsis skripsi ini adalah metode penelitian *Research and Development* (R&D). Penelitian R&D adalah metode sistematis untuk menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada melalui riset dan pengembangan berkelanjutan yang bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji sebuah sistem pemantauan temperatur dan kelembapan berbasis *Internet of Things* (IoT) pada *cargo hold* kapal curah bermuatan batu bara. Sistem ini dikembangkan untuk memberikan informasi kondisi muatan secara *real-time*, sehingga mampu meningkatkan akurasi pemantauan, mendeteksi risiko *self-heating* lebih awal, serta mendukung pengambilan keputusan *officer deck* dalam menentukan langkah mitigasi.

Selama ini, pemantauan temperatur dan kelembapan di kapal MV. Bulk Batavia masih dilakukan secara manual atau dengan sensor terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem berbasis sensor IoT yang mampu mengukur suhu dan kelembapan secara otomatis, mengirimkan data secara kontinyu, serta memberikan notifikasi apabila kondisi muatan mencapai batas yang tidak normal sesuai IMSBC Code.

Melalui metode R&D, penelitian ini menghasilkan prototipe alat yang dirancang menggunakan sensor suhu dan kelembapan, *microcontroller*

(ESP32/NodeMCU), serta *dashboard monitoring* berbasis web. Setelah alat dirancang, dilakukan pengujian untuk menilai akurasi sensor, stabilitas pembacaan data, serta keefektifan sistem dalam kondisi kapal yang sesungguhnya. Hasil akhir penelitian berupa produk sistem monitoring beserta analisis performanya untuk mendukung keselamatan pelayaran dan mencegah kebakaran muatan batu bara.

Metode Pengumpulan Data:

a. Studi Literatur

Studi literatur adalah metode pengumpulan data melalui penelaahan sumber tertulis seperti buku, artikel, dan karya ilmiah untuk mendapatkan landasan teori dan informasi relevan mengenai suatu topik penelitian. Metode ini mengandalkan data sekunder dan dilakukan dengan mengumpulkan, membaca, mencatat, dan mengolah bahan-bahan pustaka tersebut secara sistematis. Pada penelitian ini, studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori, konsep dasar, dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem monitoring muatan, teknologi sensor, serta penerapan *Internet of Things* (IoT) pada lingkungan maritim.

b. Eksperimen / Pengujian Produk

Eksperimen atau pengujian produk adalah tahap dalam penelitian yang bertujuan untuk menilai performa, keakuratan, dan kelayakan dari sistem atau alat yang telah dirancang. Dalam konteks penelitian ini, eksperimen dilakukan untuk menilai performa, keakuratan, dan kelayakan dari sistem monitoring temperatur dan kelembapan berbasis IoT.

Jakarta, 24 November 2025

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Inayaturobbany,
M.Si., M.M.Tr.

NIP: 196604211991032002

Pembimbing Pendamping

Capt. Saidal Siburian,
MM.

NIP: 196305091998091002

Penulis

Hafis Aulia

NRP: 365221340

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

9/12-25

Dr. Meilinasari N.H., S.SiT., M.MTr.

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 198105032002122001

Lampiran 2. Pengajuan Judul Skripsi



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
J A K A R T A



PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI

Nama : Hafis Aulia
N R P : 365221340
Bidang Keahlian : Nautika
Semester : VII(Tujuh)

Mengajukan Judul Skripsi Sebagai Berikut :

- A. JUDUL **PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA MONITORING TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BATU BARA PADA KAPAL MV. BULK BATAVIA.**
- B. MASALAH POKOK : Ketidadaan sistem pemantauan temperatur dan kelembapan berbasis digital di dalam *cargo hold*, menghambat identifikasi dini pemanasan spontan (*self-heating*) dan berpotensi menurunkan kualitas muatan batu bara.
- C. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH :
Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model prototipe melalui tahap analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Untuk meminimalkan risiko *self-heating* dan menjaga kualitas muatan batu bara di MV. Bulk Batavia, dikembangkan sistem monitoring berbasis IoT yang mengukur temperatur dan kelembapan paika secara *real-time* dan kontinu.

Mengetahui :

Jakarta, 24 November 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Penulis

Dr. Inayatur Robbany, M.Si., M.M. Tr.

Capt. Saldal Siburian, M.M.

Hafis Aulia

Penata

Penata

NIP. 19660421 199103 2 002

NIP. 19630509 199809 1 002

NRP. 365221340

Mengetahui;

Ketua Jurusan Nautika

Dr. Meilinasari Nurhasanah N.H.S.SiT., M.M.Tr.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19810503 200212 2 001

Lampiran 3. Lembar Bimbingan Skripsi



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



PEMBIMBING I : Dr. Inayatullah Robbany, M.Si, M.M.T.
MATERI PEMBIMBING : PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA MONITORING TEMPERATUR
DAN KELEMBABAN MUATAN BATU BARA PADA KAPAL MU. BULE BATAVIA

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	24/11/2025	Pengajuan Judul & Sinopsis . lanjutan penulisan Bab I .	
2	4/12/2025	Revisi Bab I . Revisi . lanjutan penulisan Bab II .	
3	02/02/2026	Pembahasan Bab II . - Acc . lanjut Bab II	
4	03/02/2026	Pembahasan Bab III . lanjut dg. perancangan alat .	
5	06/02/2026	Bab III - ok .	
6	28/04/2026	Pembahasan Bab IV .	
7	29/04/2026	Pembahasan Bab V .	
8	4/5/2026	Pembahasan Bab I s/d V . secara keseluruhan . - ok . acc .	
9	6/5/2026	Pembahasan penajaman hasil, kesimpul an & saran Agar lampiran skripsi lengkap disipkan	
10	7/5/2026	Acc. Siap dihidangkan..	

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



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



PEMBIMBING II : Capt. Saidat Siburian, MM
MATERI PEMBIMBING : PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA MONITORING TEMPERATUR DAS
KELEMBAPAN MURTAJ BATU BARA PADA KAPAL MV. BULE BATAVIA

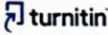
NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	21/11-2025	- Penyusunan Synopsis Skripsi	
2	24/11-2025	- Lanjut Bab I -	
3	8/12-2025	- Penarikan kerangka Pustaka Memusukkan fakta / kejadian yg diketahui → masalah	
4	15/12-2025	Penarikan bab I : OK Lanjut Bab II : OK	
5	4/01-2026	- Lanjut Bab : III Penarikan masalah.	
6	6/02-2026	- Penarikan bab III OK - Lanjut Bab IV	
7	27/04-2026	- Penarikan bab IV : Forum UPI Prodiok dibagi: 2 bagian - Kesimpulan & saran	
8	7/05-2026	- Penarikan bab I s/d V Selesai. - Skripsi siap direvisi	
9			
10			

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 4. Hasil Turnitin

 Page 1 of 123 - Cover Page

Submission ID trn:oid::3618:138499302


Ardita

Perpustakaan STIP Jakarta

PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA MONITORING TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BATU BARA PADA ...

 Kamis

Document Details

Submission ID	trn:oid::3618:138499302	105 Pages
Submission Date	May 11, 2026, 2:59 PM GMT+7	22,109 Words
Download Date	May 11, 2026, 3:02 PM GMT+7	142,612 Characters
File Name	PERANCANGAN SISTEM IOT GUNA MONITORING TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN MUATAN BAT....pdf	
File Size	3.9 MB	

 Page 1 of 123 - Cover Page

Submission ID trn:oid::3618:138499302

15% Overall Similarity

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

Top Sources

- 9%  Internet sources
- 6%  Publications
- 12%  Submitted works (Student Papers)



Adito

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

9%  Internet sources
6%  Publications
12%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

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

1	Internet	repository.its.ac.id	<1%
2	Internet	123dok.com	<1%
3	Internet	repositori.umrah.ac.id	<1%
4	Internet	core.ac.uk	<1%
5	Internet	media.neliti.com	<1%
6	Publication	Aeltri Jeacfkyl Gozal Go, Fajerin Biabdillah, Agusma Wajiansyah. "SMART AGRICUL...	<1%
7	Internet	journal.universitassuryadarma.ac.id	<1%
8	Student papers	Telkom University on 2026-01-21	<1%
9	Internet	dspace.uil.ac.id	<1%
10	Internet	www.scribd.com	<1%
11	Internet	ifsa.sgu.ac.id	<1%

12	Student papers	Telkom University on 2025-07-08	<1%
13	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	<1%
14	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-04-21	<1%
15	Publication	Ahmad Umar Farisi -, Anton Brevia Yunanda -. "RANCANG BANGUN SISTEM GREEN...	<1%
16	Internet	www.coursehero.com	<1%
17	Publication	Wa ode denada mar ella -, Fajerin Biabdillah -, Agusma Wajiansyah -, Abbizar Muli...	<1%
18	Internet	lppm.polman.astra.ac.id	<1%
19	Internet	text-id.123dok.com	<1%
20	Student papers	Telkom University on 2026-05-06	<1%
21	Internet	repository.uir.ac.id	<1%
22	Internet	repository.radenintan.ac.id	<1%
23	Student papers	Universitas Pendidikan Indonesia on 2025-06-27	<1%
24	Internet	repository.metrouniv.ac.id	<1%
25	Publication	Tundo, Anisah Nurul Azhar, Kiki Setiawan, Raisah Fajri Aula. "Penerapan IoT dala...	<1%

26	Internet	fdocument.org	<1%
27	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-04-22	<1%
28	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2026-04-20	<1%
29	Internet	repository.itpln.ac.id	<1%
30	Publication	Alfiza Erzoni Elendra. "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PLTB BERBASIS I...	<1%
31	Student papers	Universitas Bengkulu on 2025-06-22	<1%
32	Student papers	Universitas Islam Riau on 2025-07-21	<1%
33	Student papers	Universitas Siliwangi on 2026-02-13	<1%
34	Internet	journal.artei.or.id	<1%
35	Internet	ojs.unimal.ac.id	<1%
36	Student papers	Hogeschool Rotterdam on 2026-05-04	<1%
37	Student papers	Universitas Muhammadiyah Makassar on 2019-12-12	<1%
38	Internet	www.researchgate.net	<1%
39	Publication	Ahmad Zainudin, Tribudi Santoso, Ari Wijayanti, Aries Pratiarso et al. "Pemanfaat...	<1%

40	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-08-13	<1%
41	Internet	eprints.umpo.ac.id	<1%
42	Student papers	IAIN Purwokerto on 2026-04-27	<1%
43	Student papers	Universitas Mercu Buana on 2025-07-23	<1%
44	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2019-02-10	<1%
45	Student papers	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2026-03-09	<1%
46	Internet	digilib.uinkhas.ac.id	<1%
47	Internet	pdffox.com	<1%
48	Student papers	STT PLN on 2024-08-09	<1%
49	Student papers	Telkom University on 2025-07-04	<1%
50	Internet	adoc.pub	<1%
51	Student papers	itera on 2025-08-15	<1%
52	Internet	ml.scribd.com	<1%
53	Internet	repository.uin-malang.ac.id	<1%

54	Internet	repository.unja.ac.id	<1%
55	Internet	tasyarn192031.blogspot.com	<1%
56	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-07-29	<1%
57	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-10-27	<1%
58	Student papers	Telkom University on 2025-05-11	<1%
59	Student papers	Universitas Merdeka Malang on 2022-11-17	<1%
60	Internet	bonusboxcasino.com	<1%
61	Internet	eprints.unm.ac.id	<1%
62	Internet	journal.ipts.ac.id	<1%
63	Internet	repository.unama.ac.id	<1%
64	Internet	www.slideshare.net	<1%
65	Student papers	Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2025-07-15	<1%
66	Publication	R. Glenn Wright. "Unmanned and Autonomous Ships - An Overview of MASS", Rou...	<1%
67	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-04-26	<1%

68	Internet	e-journal.uniflor.ac.id	<1%
69	Internet	repository.upiypk.ac.id	<1%
70	Internet	widuri.raharja.info	<1%
71	Internet	www.teknobgt.com	<1%
72	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-08-22	<1%
73	Student papers	Perpustakaan on 2026-02-08	<1%
74	Student papers	Sriwijaya University on 2020-06-09	<1%
75	Internet	amorindolive.blogspot.com	<1%
76	Student papers	fpptijateng on 2024-09-25	<1%
77	Internet	ikhsank6.wordpress.com	<1%
78	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
79	Student papers	IAIN Bengkulu on 2026-03-11	<1%
80	Student papers	Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2025-10-15	<1%
81	Student papers	Rose-Hulman Institute of Technology on 2025-05-26	<1%

82	Student papers	Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta on 2023-03-08	<1%
83	Student papers	Universitas Negeri Semarang on 2025-08-11	<1%
84	Internet	ejurnal.itenas.ac.id	<1%
85	Internet	eprints.polsri.ac.id	<1%
86	Internet	jurnal.risetilmiah.ac.id	<1%
87	Internet	lib.unnes.ac.id	<1%
88	Internet	researcher.life	<1%
89	Student papers	SDM Universitas Gadjah Mada on 2021-10-08	<1%
90	Student papers	Universitas Islam Riau on 2025-07-21	<1%
91	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2017-01-16	<1%
92	Internet	indriyaniratih.blogspot.com	<1%
93	Internet	journal.itttelkom-pwt.ac.id	<1%
94	Internet	journals.itb.ac.id	<1%
95	Internet	library.polmed.ac.id	<1%

96	Internet	perpusteknik.com	<1%
97	Internet	repository.usd.ac.id	<1%
98	Internet	www.lts.ac.id	<1%
99	Publication	Antonius Simamora, Jhonson Monang Siburian, Piala Mutiara, Rasmi Sitohang, Jo...	<1%
100	Student papers	Canterbury Christ Church University on 2025-05-05	<1%
101	Student papers	Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada on 2019-07-22	<1%
102	Student papers	Institut Teknologi Nasional Malang on 2022-02-02	<1%
103	Publication	Prama Permana, Linda Faridah, Farradita Nugraha, Rian Nurdiansyah, Nadya Gla...	<1%
104	Publication	Rio Fawwaz Helmi, Nuraqilla Waidha Bintang, Danang Tejo Kumoro. "DESAIN <i>...	<1%
105	Student papers	UIN Sultan Syarif Kasim Riau on 2019-07-12	<1%
106	Publication	Ulfa Sari, Muhammad Anwar. "Rancang Bangun Prototype Sistem Peringatan Din...	<1%
107	Student papers	Universitas Brawijaya on 2020-06-24	<1%
108	Student papers	Universitas Muhammadiyah Purwokerto on 2025-10-17	<1%
109	Student papers	Universitas Muria Kudus on 2016-09-01	<1%

110	Student papers	Universitas Negeri Padang on 2018-01-31	<1%
111	Student papers	Universiti Tun Hussein Onn Malaysia on 2026-01-08	<1%
112	Publication	Zulkifli Zulkifli, Muhlis Muhallim, Hasnahwati Hasnahwati. "PENGEMBANGAN SIS...	<1%
113	Internet	ejournal.poltek-amimedan.ac.id	<1%
114	Internet	ejournal.radenintan.ac.id	<1%
115	Internet	eprints.itn.ac.id	<1%
116	Internet	eprints.unimudasorong.ac.id	<1%
117	Internet	eprints.uny.ac.id	<1%
118	Internet	healthnutritioncorner.blogspot.com	<1%
119	Student papers	iGroup on 2012-06-11	<1%
120	Internet	meylaniarifmuhammah.blogspot.com	<1%
121	Internet	repo.darmajaya.ac.id	<1%
122	Internet	student.blog.dinus.ac.id	<1%
123	Internet	www.perumperindo.co.id	<1%

124	Student papers	Exeed College on 2025-11-21	<1%
125	Student papers	IAIN Kediri on 2025-03-09	<1%
126	Student papers	IAIN Kediri on 2026-05-07	<1%
127	Publication	Mhd Zahir Az Zikri, Dicky Apdilah, Dea Tiara Azhari, Heri Kusniadi. "Implementasi ...	<1%
128	Publication	Ramli Ahmad, Yuli Laily Niswani, Intan Komala Dewi Patwari. "Rancang Bangun S...	<1%
129	Publication	Suratiyah. "Pengaruh Permainan Congklak Modifikasi Terhadap Kemampuan Lite...	<1%
130	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-04-22	<1%
131	Student papers	Universitas Merdeka Malang on 2026-04-10	<1%
132	Student papers	Universitas Muhammadiyah Sukabumi on 2025-07-08	<1%
133	Internet	ap.fip.um.ac.id	<1%
134	Internet	cdn.juris.id	<1%
135	Internet	digilib.uin-suka.ac.id	<1%
136	Internet	ejurnal.umiba.ac.id	<1%
137	Internet	idoc.pub	<1%

138	Internet	jurnal.umk.ac.id	<1%
139	Internet	repositori.unwira.ac.id	<1%
140	Internet	repository.ar-raniry.ac.id	<1%
141	Internet	repository.president.ac.id	<1%
142	Internet	repository.unhas.ac.id	<1%
143	Internet	repository.unissula.ac.id	<1%
144	Internet	simki.unpkediri.ac.id	<1%
145	Internet	www.microthings.id	<1%
146	Internet	www.scilit.net	<1%
147	Publication	. SUMARYONO, Masna Maya SINTA, . NURHAIMI-HARIS. "Daya hidup planlet karet...	<1%
148	Publication	Erick Radwitya, Syarif Ishak Alkadri. "PERANCANGAN ALAT MONITORING TEGANG...	<1%
149	Student papers	FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN on 2026-04-24	<1%
150	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-08-01	<1%
151	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-08-04	<1%

152	Publication	Kholdiyah Masykuroh, Danny Kurnianto, Muhamad Fahrul Rozi. "Rancang Bangun...	<1%
153	Student papers	Korea International School on 2025-11-11	<1%
154	Publication	Kostan D. F. Mataubenu. "Desain Jaringan Sensor Nirkabel untuk Pemantauan Su...	<1%
155	Publication	Rasiban Rasiban, Alaqsha Gilang Imantara, Mesra Betty Yel, Dadang Iskandar Mu...	<1%
156	Publication	Selvi Nurazizah. "INTEGRASI SENSOR IOT PADA SISTEM RUMAH CERDAS UNTUK D...	<1%
157	Student papers	Submitted on 1691050936467	<1%
158	Publication	Syams. Kurniawan Hidayat. "Sistem Integrasi IoT dan GIS untuk Optimalisasi Res...	<1%
159	Student papers	Telkom University on 2025-07-04	<1%
160	Student papers	UIN Maulana Malik Ibrahim Malang on 2025-10-25	<1%
161	Student papers	Universitas 17 Agustus 1945 Semarang on 2026-03-02	<1%
162	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-07-11	<1%
163	Student papers	Universitas Brawijaya on 2021-02-08	<1%
164	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2025-07-17	<1%
165	Student papers	Universitas Muhammadiyah Sukabumi on 2026-01-20	<1%

166	Student papers	Universitas Negeri Makassar on 2013-06-12	<1%
167	Student papers	Universitas Pendidikan Ganesha on 2020-06-27	<1%
168	Student papers	Universitas Pendidikan Ganesha on 2020-06-30	<1%
169	Publication	Yosef Antonius Thaumet, Soebijantoro Soebijantoro. "Akulturasi Budaya Mahasi...	<1%
170	Internet	docplayer.info	<1%
171	Internet	e-journal.potensi-utama.ac.id	<1%
172	Internet	ejournal.unuja.ac.id	<1%
173	Internet	eprints.pktj.ac.id	<1%
174	Internet	eprints.poltektegal.ac.id	<1%
175	Internet	eprints.walisongo.ac.id	<1%
176	Internet	eprints2.undip.ac.id	<1%
177	Internet	garuda.kemdikbud.go.id	<1%
178	Student papers	iGroup on 2012-03-16	<1%
179	Student papers	iGroup on 2016-06-03	<1%

180	Internet	id.123dok.com	<1%
181	Internet	ideas.repec.org	<1%
182	Internet	jurnal.untidar.ac.id	<1%
183	Internet	perhapi.or.id	<1%
184	Internet	repositori.usu.ac.id:8080	<1%
185	Internet	repository.pip-semarang.ac.id	<1%
186	Internet	repository.polman-babel.ac.id	<1%
187	Internet	www.berotak.com	<1%
188	Publication	Akbar Abdul Fatah, Ummul Khair. "PENERAPAN TEKNOLOGI INTERNET OF THING...	<1%
189	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-07-18	<1%
190	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-10-28	<1%
191	Student papers	Institut Teknologi Sumatera on 2026-02-02	<1%
192	Student papers	Perpustakaan on 2025-09-02	<1%
193	Student papers	Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2025-05-27	<1%

194	Student papers	Politeknik Negeri Bandung on 2017-07-04	<1%
195	Student papers	Politeknik Pariwisata NHI Bandung on 2026-04-29	<1%
196	Student papers	Politeknik Pariwisata NHI Bandung on 2026-04-29	<1%
197	Student papers	Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya on 2019-01-26	<1%
198	Student papers	Universitas Maritim Raja Ali Haji on 2024-01-12	<1%
199	Student papers	Universitas Pertahanan RI on 2025-11-17	<1%
200	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-09-16	<1%
201	Student papers	Morgan Park High School on 2023-01-04	<1%
202	Student papers	School of Business and Management ITB on 2025-07-15	<1%
203	Student papers	Telkom University on 2026-01-22	<1%
204	Student papers	Universitas Bengkulu on 2025-07-22	<1%
205	Student papers	Universitas Negeri Jakarta on 2019-06-20	<1%
206	Student papers	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2017-06-14	<1%
207	Publication	William Halim, Farida Ardiani. "Pengembangan Aplikasi Android untuk Monitorin..."	<1%

208	Publication	
	Zuhrotun Nafisah. "Pengukuran Berat Bdan Untuk Anak Usia Pertumbuhan", Jur...	<1%
209	Student papers	
	iGroup on 2014-05-27	<1%

Lampiran 5. MV. Bulk Batavia



Lampiran 6. Ship Particulars



SHIP'S PARTICULARS

PT. ADNYANA

Name of Ship		MV. BULK BATAVIA (ex KYTHNOS VOYAGER)			
Owner		PT. ASIAN BULK LOGISTICS			
Operator		PT. Andhika Lines - Email : ship.operation@andhika.com			
Manager		PT. Adnyana - Email : ship.management@andhika.com , IMO Company : 0650367			
Address		Menara Kadin Indonesia(20th floor) Jl.H.Rasuna Said Blok X-5 Kav 2&3 RT 008/ RW 03			
PT. ADNYANA		Jakarta selatan 12950 - Indonesia			
Nationality	Indonesia	Gross Tonnage	41,684		
Port of registry	Jakarta	Net Tonnage	25,928		
Official No. Indonesia	2020 Pst No. 578/L	Panama NRT & ID	34,439 / 6008805		
Call Sign	YDBA2	Suez GRT / NRT & ID	43632.52 / 40313.30 & 50777		
IMO No.	9642526	Block Coefficient (Summer)			
MMSI no. / Inmarsat C no:	525 106 003 / Inm-C: 452504745	LOA	225 m		
Type of Ship	Panamax - Bulk Carrier	LBP	218.50 m		
Service Speed	13.5 Knots - Ballast	Light Ship	13,537 mt		
	13.0 Knots - Laden	Moulded Breadth	32.26 m		
Builder	YANGFAN GROUP,ZHOUSHAN SHIPYARD	Moulded Depth	19.60 m		
Ship Hull No.	2189	Summer Draft	14.20 m		
Keel Laying Date	31-Dec-11	Summer DWT	76,243 kt		
Launching date	06-May-12	Summer Displacement	89,780 kt		
Delivery date	30-Oct-12	Summer TPC Loaded	69.4 t/cm		
Class / ID No.	DNV-GL / ID.41442	Summer TPC Ballast	69.4 t/cm		
P&I Club	The London P&I Club	FWA non Timber	323. mm		
Main Engine					
HYUNDAI B&W MAN 5S60 MC7-TIERII Output: MCR 8753 KW /97 Rpm , CSR 7878 KW / 93,7 Rpm					
Year Built / S/No. / HP					
24 Nov 2011 / AA4548 / 11892 HP					
Diesel Generators					
3 SETS TYPE - YANMAR 6EY18ALW X 605 Kw					
Year Built / HP					
01 Jan 2012 / 822 HP					
DG No.1 S/No.					
20114399RAL 47101					
DG No.2 S/No.					
20114399RAL 47102					
DG No.3 S/No.					
20114399RAL 47103					
Classification,Notation,Number					
DNV-GL 1A Bulk Carrier BC (A) BIS COAT-PPSPC(B) CSR E0 ESP Grab(20t)					
DNV-GL ID No: 41442					
Holds (2 , 4 and 6) may be empty , T/MON (Oil Lubricated)					
FREEBOARD MARK & DEADWEIGHT SCALE					
International Load line	Freeboard	Draught	Deadweight	Displacement	TPC
	Metres	Metres	Tonnes	Tonnes	mt/cm
TF Tropical Fresh	4,801	14,819	78,247.0	91,785	69,4
F Fresh	5,098	14,523	76,240.0	89,778	69,4
T Tropical SW	5,124	14,496	78,297.0	91,835	69,4
S Summer SW	5,420	14,200	76,243.0	89,780	69,4
W Winter	5,716	13,904	74,191.0	87,728	69,3
CARGO HOLD & HATCH					
Compartment	CAPACITIES(100%)		DIMENSION (L x B x H)-Meter		TANKS CAPACITY
	Cubic Meters	Grain (M3)	Cargo Hold	Hatch Cover	Fuel oil (HFO) 85% Cbm 1826.08
No.1 C/Hold & Hatch	11,822.0	11765	No.1	13.20 x 14.62	MGO 85% Cbm 459.9
No.2 C/Hold & Hatch	13,568.5	13553	No.2	14.40 x 15.48	Lubricating Oil Cbm -
No.3 C/Hold & Hatch	13,285.4	13274	No.3	14.40 x 15.48	Cylinder Oil Storage Cbm
No.4 C/Hold & Hatch	13,260.5	13251	No.4	14.40 x 15.48	Fresh Water Cbm
No.5 C/Hold & Hatch	13,315.6	13296	No.5	14.40 x 15.48	Dirty Bilge Cbm
No.6 C/Hold & Hatch	13,298.3	13298	No.6	14.40 x 15.48	Bilge Cbm
No.7 C/Hold & Hatch	12,734.1	12734	No.7	14.40 x 15.48	Ballast Water Cbm
Total C/Hold & Hatch	91281.3	91,171			
CONSUMPTION					
Sailing/Laden : Main Engine : 32 mt			Distance from Bridge to Forward/forecastle : 196.44 mtrs/ 644.41 mtrs		
(RPM 87) Auxillary Engine : 2.70 mt			Distance from Bridge to Aft side : 28.56 mtrs/ 93.70 mtrs		
Sailing/ Ballast : Main Engine 80 mt			Max Height : 50.20 Mtrs		
(RPM 87) Auxillary Engine : 2.70 mt			Ship's Email : bulk.batavia@geotekno.asia		
In Port- Idle : Auxillary Engine 2.0 mt			: mv.bulkbatavia@andhika.com		
Boiler : 1.0 mt			Satelite phone FBB : NA		
Fresh water : 10 - 14 ton/Day - Production			Mobile phone : +62 - 822 3311 9677		
Fresh water : 10 - 12 ton/Day - Consumption			WhatsApp : +62 - 822 3311 9677		
			Internal Communication VHF portable : Ch 6 / 15		
			Believe all information above are true but no guarante		
			Master of MV.Bulk Batavia		



Lampiran 7. Crew List

CREW LIST

		Arrival		Departure			
Name of Vessel MV. BULK BATAVIA		Call Sign YDBA2	Port of Arrival TANJUNG JATI		Date of ARRIVAL 14-Dec-2024		
Nationality of Ship INDONESIA		IMO NO. 9642526	Arrived from LUBUK TUTUNG		Destination / Nextport MUARA PANTAI		
No	Family / Given names	Rank Nationality	Date and Place of Birth	Date and Place of Join	Passport No Expiry Date	Seaman-Book No Expiry Date	
1	DJAIFUL ASHARI	Master Indonesian	5-Apr-1969 Surabaya	5-Jul-2024 Tanjung Jati	X 3219199 22-May-2034	F 132173 31-May-2025	
2	ALDI NIDJO	C/OFF Indonesian	24-May-1994 Lombe	26-Sep-2024 Tanjung Jati	C 7833963 21-May-2026	H 076319 27-Nov-2026	
3	RAHMAT CAHYA RAHARJA	2/OFF Indonesian	22-May-1995 Bekasi	4-Aug-2024 Tanjung Jati	C 6859825 12-Jun-2025	H 032745 16-Jun-2025	
4	DION TORO	3/OFF Indonesian	4-Jun-2000 Makassar	24-Aug-2024 Tanjung Jati	C 7039749 17-Dec-2025	G 027047 29-Nov-2025	
5	MANNURUKI TULLE	CHIEF/ENG Indonesian	29-Nov-1975 Ujung Pandang	24-Aug-2024 Tanjung Jati	C 7144315 10-Dec-2025	F 088677 8-Dec-2024	
6	HENDRO CIPTO	2/ENG Indonesian	13-Sep-1983 Pemalang	22-Jan-2024 Tanjung Jati	E 6239037 12-Jan-2034	F 174482 13-Nov-2025	
7	CATUR SAKTI RAHARJO	3/ENG Indonesian	28-Oct-1990 Boyolali	1-Jun-2024 Tanjung Jati	C 6980710 25-Aug-2025	H 036031 5-Feb-2025	
8	SYARIF HIDAYATULLAH	4/ENG Indonesian	1-Jan-2000 Sumenep	18-Jun-2024 Tanjung Jati	E 2654768 21-Mar-2033	G 061856 30-Mar-2026	
9	EDY KHOINUDHIN	ELECT Indonesian	27-Nov-1997 Demak	26-Sep-2024 Tanjung Jati	ON PROGRESS ON PROGRESS	G 026913 4-Nov-2025	
10	ABDUL ROHIM	Bosun Indonesian	7-Nov-1970 Bangkalan	1-Jun-2024 Tanjung Jati	C8301612 7-Feb-2027	F 132337 7-Jun-2025	
11	ICHWAN KHAUSYAR	AB - 1 Indonesian	27-Oct-1984 Jakarta	3-Apr-2024 Tanjung Jati	E 2153624 6-Jan-2033	I 026237 15-Feb-2026	
12	SISWONAJI	AB - 2 Indonesian	24-Dec-1984 Pemalang	3-Apr-2024 Tanjung Jati	E 2061383 7-Feb-2033	G 015959 30-Jul-2025	
13	TONNY SETIAWAN	AB - 3 Indonesian	31-Dec-1979 Garut	9-Oct-2024 Tanjung Jati	E 1080535 19-Oct-2032	F 220572 3-Feb-2027	
14	MUH. NURUSSOBEH	OS Indonesian	12-Jun-1985 Bangkalan	1-Jun-2024 Tanjung Jati	E 0699432 1-Oct-2027	G 040812 23-Dec-2025	
15	M. IBRAHIM AKBAR	Fitter Indonesian	8-Nov-1983 Belawan	25-Feb-2024 Tanjung Jati	C 7795919 26-Oct-2026	I 110939 24-Jan-2027	
16	RUDIANTO	Oiler - 1 Indonesian	12-Jul-1991 Lalento	9-Oct-2024 Tanjung Jati	C 6585318 22-Feb-2027	H 032824 17-Jun-2025	
17	UCOK SAPUTRA	Oiler - 2 Indonesian	25-Aug-1994 Pattedong	17-Nov-2024 Tanjung Jati	C 6756748 31-Aug-2025	G 022905 25-Nov-2025	
18	JA'FAR SHODIQ	Oiler - 3 Indonesian	8-Dec-1981 Pati	1-Jun-2024 Tanjung Jati	E 3249829 18-Apr-2033	G 108461 25-Nov-2026	
19	MUH FIKRI HIMAWAN IHSAN	Wiper Indonesian	6-Mar-2002 Padang - Padang	16-Sep-2024 Tanjung Jati	E 6290677 5-Mar-2034	H 059626 4-Aug-2025	
20	BAMBANG SUTEJA	Cook Indonesian	28-May-1981 Majalengka	4-May-2024 Tanjung Jati	E 7525467 29-Apr-2034	G 095899 2-Sep-2026	
21	LUDFI MADANI	M/ Mate Indonesian	3-Apr-1984 Bangkalan	5-Jul-2024 Tanjung Jati	E 7210969 25-Jun-2034	I 048798 28-Apr-2026	
22	HAFIS AULIA	D/ Cadet - 1 Indonesian	10-Feb-2002 Medan	24-Aug-2024 Tanjung Jati	E 5597014 24-Feb-2034	J 061473 26-Jun-2027	
23	TEGAR BINTANG SAMUDRA	D/ Cadet - 2 Indonesian	7-Apr-2003 Pontianak	24-Aug-2024 Tanjung Jati	E 5597011 24-Feb-2034	J 061943 2-Jul-2027	
24	FRAN SUGANDA	E/Cadet - 1 Indonesian	25-Apr-2001 Pangkalan	17-Nov-2024 Tanjung Jati	E 4753051 4-Sep-2033	J 049018 31-May-2027	

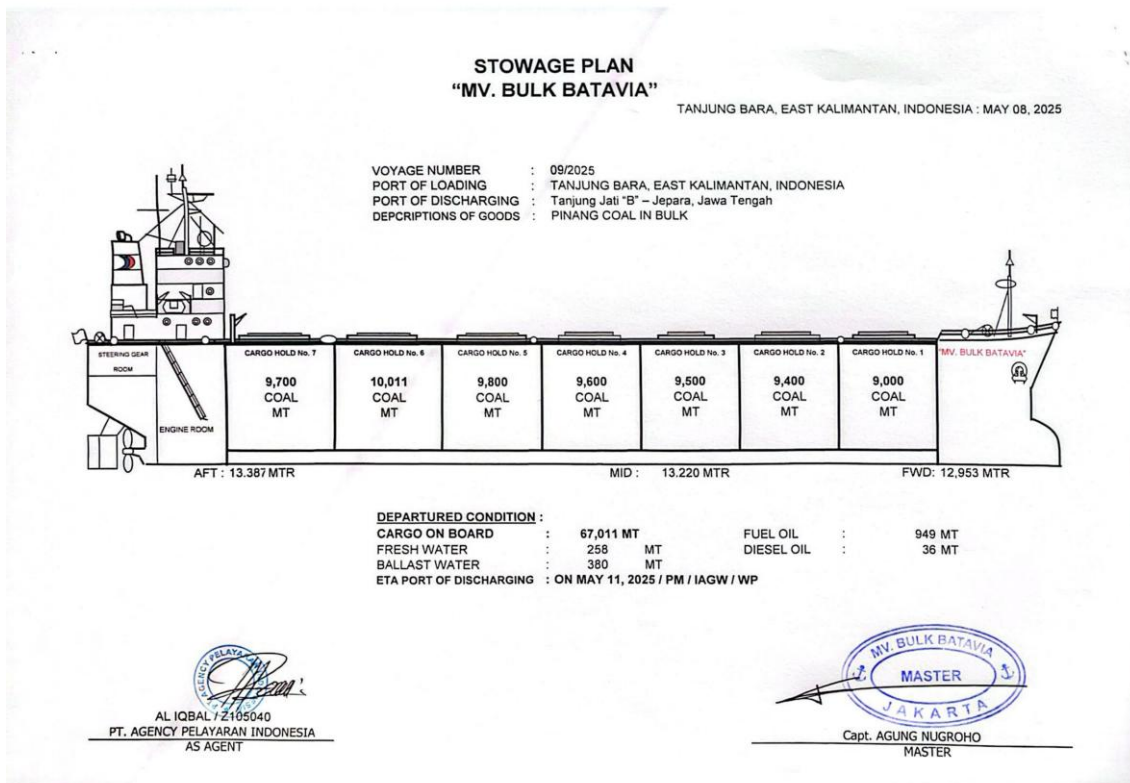


CAPT. DJAIFUL ASHARI
MASTER

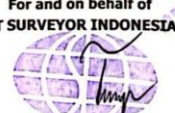
Lampiran 8. Cargo List

ITEM	Material	Group	Class	Reference	Mechanical ventilation	Fixed gas fire-extinguishing system(CO2)	Water supply systems	Insulation of machinery space boundaries A-60	Application
16	Chile saltpetre	B	5.1	see SODIUM NITRATE	N	N	N	N	Y
17	Chilean natural nitrate	B	5.1	see SODIUM NITRATE	N	N	Y	N	Y
18	Chilean natural potassic nitrate	B	5.1	see SODIUM NITRATE AND POTASSIUM NITRATE MIXTURE	N	N	Y	N	Y
19	COAL	B (and A)	MHB		N	N	N	N	Y
20	COPRA (dry) UN 1383	B	4.2		N	Y	N	Y	Y
21	DIRECT REDUCED IRON (A) Briquettes, hot-moulded	B	MHB		N	N	N	N	Y
22	Dolomitic quicklime	B	MHB	see LIME (UNSLAKED)	N	N	N	N	Y
23	D.R.I.	B	MHB	see DIRECT REDUCED IRON A or B or C	N	N-A/Y-B&C	N		Y
24	FERROUS METAL BORINGS UN 2793	B	4.2		N	Y	N	Y	Y
25	FERROUS METAL CUTTINGS UN 2793	B	4.2		N	Y	N	Y	Y

Lampiran 9. Stowage Plan



Lampiran 10. Draft Survey Report

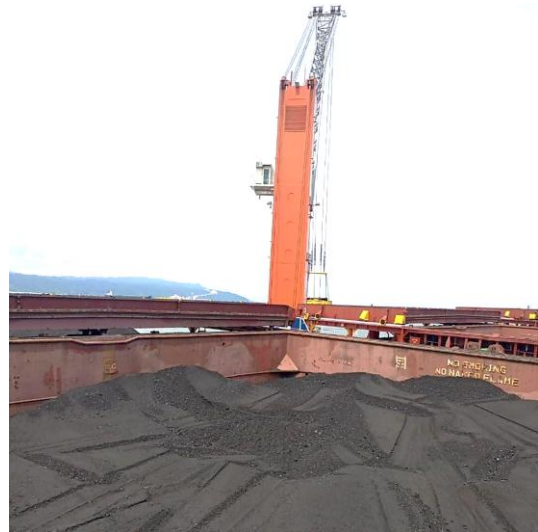
DRAFT SURVEY REPORT (PROVISIONAL)				FIK-MINBA03-05 Rev 03																																																																																																																																																			
																																																																																																																																																							
To Accompany Job No. : CO-1905258053A Applicant : PT. SURVEYOR INDONESIA Shipper : PT. KALTIM PRIMA COAL Loading Port : LUBUK TUTUNG ANCHORAGE, EAST BORNEO Vessel/Barge : MV. BULK BATAVIA Discharge Port : PLTU TANJUNG JATI , Cargo : COAL IN BULK Load/Disc. Commenced : May 4, 2025 at 16.20 LT Load/Disc. Completed : May 8, 2025 at 08.40 LT Initial Sea Condition : Swell 0,2 m Final Sea Condition : Swell 0,3 m Constanta : 360 MT																																																																																																																																																							
E.T.A : May 11, 2025 Voyage : 09/2025 Shipment : Registry : JAKARTA		Lwt : 13.537,000 M/T Dwt : 76.243,000 M/T Lpp : 218,500 m Loa : 225,000 m																																																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Date & Time</th> <th colspan="3">INITIAL</th> <th colspan="3">FINAL</th> </tr> <tr> <th>PORT</th> <th>STB</th> <th>MEAN</th> <th>PORT</th> <th>STB</th> <th>MEAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>May 04, 2025 at 02.10 - 02.40 LT</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Forward</td> <td>4,35</td> <td>4,35</td> <td>4,350</td> <td>12,98</td> <td>12,98</td> <td>12,980</td> </tr> <tr> <td>Stern Correction</td> <td></td> <td></td> <td>-0,070</td> <td></td> <td></td> <td>-0,009</td> </tr> <tr> <td>Forward Mean After Corr'd</td> <td></td> <td></td> <td>4,280</td> <td></td> <td></td> <td>12,953</td> </tr> <tr> <td>After</td> <td>7,72</td> <td>7,78</td> <td>7,750</td> <td>13,40</td> <td>13,37</td> <td>13,385</td> </tr> <tr> <td>Stern Correction</td> <td></td> <td></td> <td>-0,024</td> <td></td> <td></td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td>After Mean After Corr'd</td> <td></td> <td></td> <td>7,726</td> <td></td> <td></td> <td>13,387</td> </tr> <tr> <td>Mean Fwd and After</td> <td></td> <td></td> <td>6,0030</td> <td></td> <td></td> <td>13,1700</td> </tr> <tr> <td>Midship</td> <td>5,94</td> <td>5,98</td> <td>5,960</td> <td>13,25</td> <td>13,23</td> <td>13,240</td> </tr> <tr> <td>Midship Correction.</td> <td></td> <td></td> <td>-0,017</td> <td></td> <td></td> <td>-0,002</td> </tr> <tr> <td>Midship Mean After Corr'd</td> <td></td> <td></td> <td>5,943</td> <td></td> <td></td> <td>13,220</td> </tr> <tr> <td>Mean of Means</td> <td></td> <td></td> <td>5,97300</td> <td></td> <td></td> <td>13,19500</td> </tr> <tr> <td>Draft Correction for Deformation</td> <td></td> <td></td> <td>5,940000</td> <td></td> <td></td> <td>13,207500</td> </tr> <tr> <td>Corresponding Displacement</td> <td></td> <td></td> <td>34,743</td> <td></td> <td></td> <td>82,910</td> </tr> <tr> <td>Trim & Trim Correction (1)</td> <td>3,446</td> <td></td> <td>-741</td> <td>0,434</td> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Trim Correction (2)</td> <td></td> <td></td> <td>109</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Displacement Corr. for Trim.</td> <td></td> <td></td> <td>34,111</td> <td></td> <td></td> <td>82,936</td> </tr> <tr> <td>Density Observe & Density Corr.</td> <td>1,020</td> <td></td> <td>-166</td> <td>1,020</td> <td></td> <td>-405</td> </tr> <tr> <td>Displacement Corr. for Density</td> <td></td> <td></td> <td>33,945</td> <td></td> <td></td> <td>82,531</td> </tr> </tbody> </table>						Date & Time	INITIAL			FINAL			PORT	STB	MEAN	PORT	STB	MEAN	May 04, 2025 at 02.10 - 02.40 LT							Forward	4,35	4,35	4,350	12,98	12,98	12,980	Stern Correction			-0,070			-0,009	Forward Mean After Corr'd			4,280			12,953	After	7,72	7,78	7,750	13,40	13,37	13,385	Stern Correction			-0,024			0,020	After Mean After Corr'd			7,726			13,387	Mean Fwd and After			6,0030			13,1700	Midship	5,94	5,98	5,960	13,25	13,23	13,240	Midship Correction.			-0,017			-0,002	Midship Mean After Corr'd			5,943			13,220	Mean of Means			5,97300			13,19500	Draft Correction for Deformation			5,940000			13,207500	Corresponding Displacement			34,743			82,910	Trim & Trim Correction (1)	3,446		-741	0,434		25	Trim Correction (2)			109			1	Displacement Corr. for Trim.			34,111			82,936	Density Observe & Density Corr.	1,020		-166	1,020		-405	Displacement Corr. for Density			33,945			82,531
Date & Time	INITIAL			FINAL																																																																																																																																																			
	PORT	STB	MEAN	PORT	STB	MEAN																																																																																																																																																	
May 04, 2025 at 02.10 - 02.40 LT																																																																																																																																																							
Forward	4,35	4,35	4,350	12,98	12,98	12,980																																																																																																																																																	
Stern Correction			-0,070			-0,009																																																																																																																																																	
Forward Mean After Corr'd			4,280			12,953																																																																																																																																																	
After	7,72	7,78	7,750	13,40	13,37	13,385																																																																																																																																																	
Stern Correction			-0,024			0,020																																																																																																																																																	
After Mean After Corr'd			7,726			13,387																																																																																																																																																	
Mean Fwd and After			6,0030			13,1700																																																																																																																																																	
Midship	5,94	5,98	5,960	13,25	13,23	13,240																																																																																																																																																	
Midship Correction.			-0,017			-0,002																																																																																																																																																	
Midship Mean After Corr'd			5,943			13,220																																																																																																																																																	
Mean of Means			5,97300			13,19500																																																																																																																																																	
Draft Correction for Deformation			5,940000			13,207500																																																																																																																																																	
Corresponding Displacement			34,743			82,910																																																																																																																																																	
Trim & Trim Correction (1)	3,446		-741	0,434		25																																																																																																																																																	
Trim Correction (2)			109			1																																																																																																																																																	
Displacement Corr. for Trim.			34,111			82,936																																																																																																																																																	
Density Observe & Density Corr.	1,020		-166	1,020		-405																																																																																																																																																	
Displacement Corr. for Density			33,945			82,531																																																																																																																																																	
Deductible Weight																																																																																																																																																							
Ballast Water (BW)		18.745			380																																																																																																																																																		
Fresh Water (FW)		300			258																																																																																																																																																		
Fuel Oil (FO)		966			949																																																																																																																																																		
Diesel Oil (DO)		37			36																																																																																																																																																		
Lubricating Oil (LO)		0			0																																																																																																																																																		
Others :		0			0																																																																																																																																																		
TOTAL DEDUCTIBLE WEIGHT		20.048			1623																																																																																																																																																		
CORRECTED NET DISPLACEMENT		13.897			80908																																																																																																																																																		
TOTAL CARGO			67.011	M/T																																																																																																																																																			
From the figure obtained by means of the ship's draft checked at the time of the initial and final surveys, we hereby the weight of the cargo which loaded /discharged on/from the above vessel to be as follow. WEIGHT: 67.011 metric tons or long tons																																																																																																																																																							
REMARK :																																																																																																																																																							
Acknowledge by:   Master/Chief Officer			For and on behalf of PT SURVEYOR INDONESIA   TAUFIKURAHMAN Inspector																																																																																																																																																				

This report reflects our finding at time and place of inspection and does not refer to any other matter. This report is issued without prejudice and on the understanding that it does not relieve parties from their contractual obligations. All inspection covered in this report have been carried out to the best of our knowledge and ability and in accordance with practice and standard generally in trade. Our responsibility is limited to the exercise of reasonable care and due diligence.

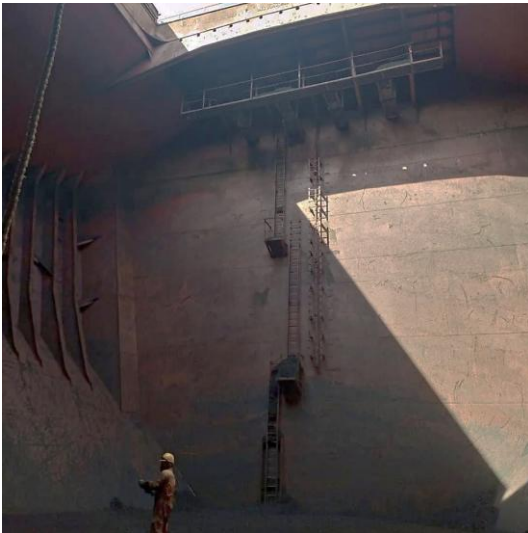
Lampiran 11. Pengukuran Temperatur Batu Bara Secara Manual



Lampiran 12. Kondisi Palka (*Cargo Hold*) Bermuatan Batu Bara



Lampiran 13. Kondisi Palka (*Cargo Hold*) Tanpa Muatan Batu Bara



Lampiran 14. Nota Dinas Ahli 1

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN BADAN LAYANAN UMUM SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN		  
	JL. MARUNDA MAKMUR CILINCING JAKARTA UTARA JAKARTA 14150	TELP : (021) 88991618 (Hunting)	

NOTA DINAS
Nomor : 084 / JURNAU/III/2026

Kepada Yth : Bapak Capt. Irfan Faozun, M.M
Dari : Ketua Jurusan Nautika
Hal : Permohonan untuk menjadi validator
Tanggal : 04 Maret 2026

Sehubungan dengan tugas akhir/skripsi Mahasiswa Nautika Semester VIII yaitu:

Nama : Hafis Aulia

Kelas : N8C

NRP : 365221340

Judul : Perancangan Sistem IoT Guna Monitoring Tempetarur dan Kelembapan Muatan Bara pada Kapal MV.Bulk Batavia.

Terkait hal tersebut di atas, dengan ini kami memohon Bapak/ibu untuk menjadi validator pada perangkat yang telah dibuat oleh Mahasiswa tersebut.

Demikian Nota Dinas ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih



Meilinasari. N.H., S.SiT.,M.M.Tr
NIP. 19810503 200212 2 00

Tembusan:

1. Koordinator ADM. Pendidikan;
2. Ka. Unit Bintar;
3. Arsip.

Lampiran 15. Nota Dinas Ahli 2

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN BADAN LAYANAN UMUM SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN		  
	JL. MARUNDA MAKMUR CILINCING JAKARTA UTARA JAKARTA 14150	TELP : (021) 88991618 (Hunting)	

NOTA DINAS
Nomor : 080 / JURNAU/III/2026

Kepada Yth : Bapak Capt. Abdul Rochman, M.M
Dari : Ketua Jurusan Nautika
Hal : Permohonan untuk menjadi validator
Tanggal : 04 Maret 2026

Sehubungan dengan tugas akhir/skripsi Mahasiswa Nautika Semester VIII yaitu:

Nama : Hafis Aulia

Kelas : N8C

NRP : 365221340

Judul : Perancangan Sistem IoT Guna Monitoring Temperatur dan Kelembapan Muatan Bara pada Kapal MV.Bulk Batavia.

Terkait hal tersebut di atas, dengan ini kami memohon Bapak/ibu untuk menjadi validator pada perangkat yang telah dibuat oleh Mahasiswa tersebut.

Demikian Nota Dinas ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih



Meilinasari. N.H., S.SiT.,M.M.Tr
NIP. 19810503 200212 2 00

Tembusan:

1. Koordinator ADM. Pendidikan;
2. Ka. Unit Bintar;
3. Arsip.

Lampiran 16. Nota Dinas Ahli 3

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN BADAN LAYANAN UMUM SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN		  
	JL. MARUNDA MAKMUR CILINCING JAKARTA UTARA JAKARTA 14150	TELP : (021) 88991618 (Hunting)	

NOTA DINAS
Nomor : 145 / JURNAU/IV/2026

Kepada Yth : Bapak Aditya Rinaldi, S.Si.,M.Si
Dari : Ketua Jurusan Nautika
Hal : Permohonan untuk menjadi validator
Tanggal : 13 April 2026

Sehubungan dengan tugas akhir/skripsi Mahasiswa Nautika Semester VIII yaitu:

Nama : Hafis Aulia

Kelas : N8C

NRP : 365221340

Judul : Perancangan Sistem IoT Guna Monitoring Tempetarur dan Kelembapan Muatan Bara pada Kapal MV.Bulk Batavia.

Terkait hal tersebut di atas, dengan ini kami memohon Bapak/ibu untuk menjadi validator pada perangkat yang telah dibuat oleh Mahasiswa tersebut.

Demikian Nota Dinas ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih



Meilinasari. N.H., S.SiT.,M.M.Tr
NIP. 19810503 200212 2 00

Tembusan:

1. Koordinator ADM. Pendidikan;
2. Ka. Unit Bintar;
3. Arsip.

Lampiran 17. Pengujian Alat oleh Ahli 1



Lampiran 18. Pengujian Alat oleh Ahli 2



Lampiran 19. Pengujian Alat oleh Ahli 3



Lampiran 20. Pengujian Alat oleh Pengguna



Lampiran 21. Hasil Validasi oleh Ahli 1

Uji Validasi Produk Sistem Monitoring Tempertur dan Kelembapan Berbasis ESP32

Tujuan : Dalam kegiatan pemantauan temperatur dan kelembapan, penelitian ini memanfaatkan sensor PT100 dan SHT31. Skenario yang dirancang meliputi pengembangan sistem sensor berbasis ESP32 dengan mengintegrasikan kedua sensor tersebut, yang selanjutnya akan ditempatkan pada *cargo hold* guna memperoleh data kondisi lingkungan secara *real-time* dan kontinu.

Nama : Capt. Irfan Faizun, M.M.

Keahlian :

No.	Aspek	Indikator Penilaian				
		1	2	3	4	5
1.	Rancangan Produk					✓
2.	Peran Setiap Komponen					✓
3.	Efisiensi Kinerja Komponen					✓
4.	Stabilitas Sistem					✓
5.	Proteksi Produk					✓

Komentar dan Saran

Saran, bisa ditambahkan lampu alarm.

Keterangan :

1 : Tidak Tepat

2 : Kurang Tepat

3 : Cukup Tepat

4 : Tepat

5 : Sangat Tepat

Jakarta, 9 APRIL 2026

Validator,


(IRFAN FAIZUN)

Lampiran 22. Hasil Validasi oleh Ahli 2

Uji Validasi Produk Sistem Monitoring Tempertur dan Kelembapan Berbasis ESP32

Tujuan : Dalam kegiatan pemantauan temperatur dan kelembapan, penelitian ini memanfaatkan sensor PT100 dan SHT31. Skenario yang dirancang meliputi pengembangan sistem sensor berbasis ESP32 dengan mengintegrasikan kedua sensor tersebut, yang selanjutnya akan ditempatkan pada *cargo hold* guna memperoleh data kondisi lingkungan secara *real-time* dan kontinu.

Nama : Capt. Abdul Rochman, M.M.

Keahlian :

No.	Aspek	Indikator Penilaian				
		1	2	3	4	5
1.	Rancangan Produk					✓
2.	Peran Setiap Komponen					✓
3.	Efisiensi Kinerja Komponen					✓
4.	Stabilitas Sistem					✓
5.	Proteksi Produk					✓

Komentar dan Saran

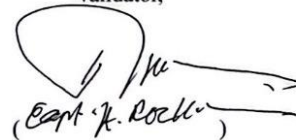
Non diformat dg benar/cakup

Keterangan :

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

Jakarta, 9 APRIL 2026

Validator,


(Capt. K. Rochman)

Lampiran 23. Hasil Validasi oleh Ahli 3

Uji Validasi Produk Sistem Monitoring Tempertur dan Kelembapan Berbasis ESP32

Tujuan : Dalam kegiatan pemantauan temperatur dan kelembapan, penelitian ini memanfaatkan sensor PT100 dan SHT31. Skenario yang dirancang meliputi pengembangan sistem sensor berbasis ESP32 dengan mengintegrasikan kedua sensor tersebut, yang selanjutnya akan ditempatkan pada *cargo hold* guna memperoleh data kondisi lingkungan secara *real-time* dan kontinu.

Nama : Aditya Rinaldi, S.Si., M.Si

Keahlian :

No.	Aspek	Indikator Penilaian				
		1	2	3	4	5
1.	Rancangan Produk					✓
2.	Peran Setiap Komponen					✓
3.	Efisiensi Kinerja Komponen					✓
4.	Stabilitas Sistem				✓	
5.	Proteksi Produk					✓

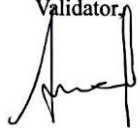
Komentar dan Saran

- Diperjelas skenario pemanasan.
- Lubang? kecil mohon diberikan Seal.

Keterangan :

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

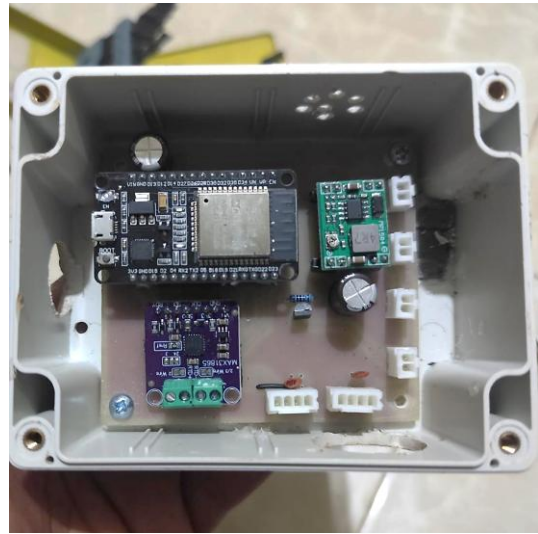
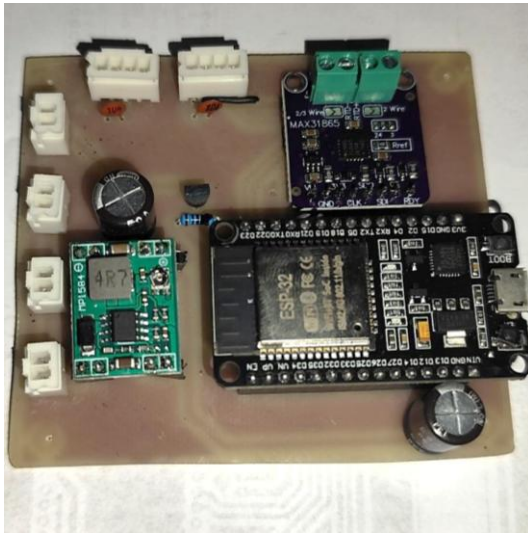
Jakarta, 14 APRIL 2026

Validator,

(Aditya Rinaldi

Lampiran 24. Hasil Validasi oleh Pengguna

Timestemp	Nama	Perusahaan	Jabatan	Rancangan Produk	Peran Setiap Komponen	Efisiensi Kinerja Komponen	Stabilitas Sistem	Proteksi Produk
4/20/2026 9:57:00	MUHAMMAD ADI SETIAWAN	PT. SOLUSI PELAYARAN NUSANTAR	CADET DECK	4	5	4	5	5
4/20/2026 10:11:51	HARITO JESE HEINRICH MATONDANG	HMM CO.LTD	DECK CADET	4	5	5	4	5
4/20/2026 10:23:11	ANGGA SAPTARI	PT. INDOMARITIME BOGASARI	DECK CADET	5	5	5	4	5
4/20/2026 10:23:18	holly aditia	PT. Aman Maritim Nusantara	Cadet deck	4	4	4	4	4
4/20/2026 10:23:19	TEGAR BINTANG SAMUDRA	ANDHIKA LINES	DECK CADET	5	5	4	5	4
4/20/2026 10:23:40	DHEVANNI RAMDANA WIBOWO	PT. Andhika Lines	Cadet Deck	5	5	5	4	5
4/20/2026 10:52:53	MICHAEL AL FERNANDO TAMBA	PT SOLUSI PELAYARAN NUSANTARA	CADET	5	5	5	5	5
4/20/2026 10:59:19	ahmad ananda s	pos sm	cadet	5	5	5	4	4
4/20/2026 11:01:39	Sandi Yudha Mahadika Pratama Putra	PT.Sumber Bumi Global Niaga	Cadet	5	5	5	5	5
4/20/2026 11:01:41	Raihan Dhafin Ramadhan	Aweidhia, Laskaridis	Cadet	5	5	5	5	5
4/20/2026 11:02:01	MOHAMMAD NUR RADITYA PUTRA	POS SM	DECK CADET	5	5	5	5	5
4/20/2026 11:02:44	MUHAMAD ALFIN AZIZ	AWEIDHIA	CADET	5	5	5	4	5
4/20/2026 11:11:34	Hadrian manggala putra hartady	KORIN GLOBAL MANDIRI	Cadet	4	5	5	5	5
4/20/2026 11:44:39	Bayu Fajar Purwanto	POSSM	Cadet	5	5	5	5	5
4/20/2026 11:54:43	ADIN SUPYADIN	PT. SPN	Deck cadet	4	5	5	5	5
4/20/2026 12:05:58	KADEK GONDAN PRAMUDITA	HYUNDAI GLOVIS	CADET DECK	5	5	5	5	5
4/20/2026 12:06:14	Atif ramadhan	laskaridis shipping co ltd	deck cadet	5	5	4	5	5
4/20/2026 12:40:48	Muhammad hafish	Andhika line	Cadet	4	4	5	5	5
4/20/2026 13:19:17	Bonardo Simanullang	JASINDO	Deck Cadet	5	5	5	5	5
4/20/2026 13:34:06	GERALD BINTAN SILALAH	PT. LUMOSO PRATAMA LINE	DECK CADET	5	5	5	5	5

Lampiran 25. Proses Perancangan Alat



Lampiran 26. Listing Program

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6Raaeb1fc"    // ID template dari Blynk
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Monitoring"      // Nama template di Blynk
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "6OHLvvCgDh0svDFYYL8STxk3B5hvBjvB" //
Token autentikasi device

#include <WiFi.h>           // Library WiFi ESP32
#include <BlynkSimpleEsp32.h> // Library Blynk untuk ESP32
#include <Wire.h>           // Library I2C
#include <Adafruit_SHT31.h> // Library sensor SHT31
#include <Adafruit_MAX31865.h> // Library MAX31865 (PT100)
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library LCD I2C

char ssid[] = "Monitoring Cargo"; // Nama WiFi
char pass[] = "monitoring2026"; // Password WiFi

BlynkTimer timer;           // Timer Blynk (non-blocking)

// LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Alamat LCD 0x27, ukuran 16x2

// SHT31
Adafruit_SHT31 sht31 = Adafruit_SHT31(); // Inisialisasi sensor kelembapan

// MAX31865 (PT100)
#define MAX_CS 5
#define MAX_MOSI 23
#define MAX_MISO 19
#define MAX_CLK 18
```

```

Adafruit_MAX31865 pt100 =
Adafruit_MAX31865(MAX_CS,MAX_MOSI,MAX_MISO,MAX_CLK);

// Parameter PT100

#define RNOMINAL 100.0 // Resistansi nominal PT100 (100 ohm)

#define RREF 430.0 // Resistor referensi modul

// alarm

#define ALARM_PIN 33 // Pin buzzer/alarm

// buffer untuk filter (moving average)

float tempBuffer[5]; // Buffer suhu
float humBuffer[5]; // Buffer kelembapan

int indexFilter = 0; // Index posisi buffer

float avgTemp = 0; // Nilai suhu rata-rata
float avgHum = 0; // Nilai kelembapan rata-rata

unsigned long lastAlert = 0; // Waktu terakhir kirim notifikasi

// =====

// fungsi utama: baca sensor + kirim data

// =====

void sendData()
{

float temp_pt100 = pt100.temperature(RNOMINAL,RREF); // Baca suhu dari PT100
float humidity = sht31.readHumidity(); // Baca kelembapan dari SHT31

```

```

// simpan data ke buffer untuk filter
tempBuffer[indexFilter] = temp_pt100;
humBuffer[indexFilter] = humidity;

indexFilter++;          // pindah index buffer
if(indexFilter >=5) indexFilter =0; // jika penuh, ulang dari awal

avgTemp =0;
avgHum =0;

// hitung rata-rata (moving average)
for(int i=0;i<5;i++)
{
    avgTemp += tempBuffer[i];
    avgHum += humBuffer[i];
}

avgTemp /=5;
avgHum /=5;

double temperature = avgTemp; // suhu dalam double (untuk Blynk)
int humidityInt = (int)avgHum; // kelembapan dalam integer

// =====
// tampilkan ke LCD
// =====

lcd.setCursor(0,0);      // baris 1 kolom 0

```

```

lcd.print("Temp:");
lcd.print(temperature,1);    // tampilkan suhu 1 desimal
lcd.print("C ");

lcd.print("WiFi");          // label WiFi

lcd.setCursor(0,1);          // baris 2
lcd.print("Hum :");
lcd.print(humidityInt);      // tampilkan kelembapan
lcd.print("% ");

// status WiFi
if(WiFi.status()==WL_CONNECTED)
    lcd.print("OK ");        // WiFi terhubung
else
    lcd.print("NO ");        // WiFi tidak terhubung

// =====
// kirim ke Blynk
// =====

if(WiFi.status()==WL_CONNECTED) // hanya kirim jika WiFi tersambung
{
    Blynk.virtualWrite(V0,temperature); // kirim suhu ke V0
    Blynk.virtualWrite(V2,humidityInt); // kirim kelembapan ke V2
}

// =====
// alarm suhu

```

```

// =====

if(temperature > 55)      // jika suhu > 55°C
{
    digitalWrite(ALARM_PIN,HIGH); // aktifkan alarm

    // kirim notifikasi tiap 3 menit
    if(millis() - lastAlert > 300000)
    {
        Blynk.logEvent("high_temp","Temperature above 55C!");
        lastAlert = millis();
    }
}
else
    digitalWrite(ALARM_PIN,LOW); // matikan alarm

// tampilkan ke serial monitor
Serial.print("Temperature: ");
Serial.println(temperature);

Serial.print("Humidity: ");
Serial.println(humidityInt);

}

// =====
// fungsi reconnect WiFi
// =====

```

```

void reconnectWiFi()
{
  if(WiFi.status()!=WL_CONNECTED) // jika WiFi putus
  {
    Serial.println("Reconnect WiFi...");
    WiFi.begin(ssid,password);    // coba konek ulang
  }
}

// =====

// setup

// =====

void setup()
{

  Serial.begin(115200);    // mulai serial monitor

  Wire.begin(21,22);      // inisialisasi I2C (SDA=21, SCL=22)

  pinMode(ALARM_PIN,OUTPUT);    // set pin alarm sebagai output

  lcd.begin(16,2);        // inisialisasi LCD
  lcd.backlight();        // nyalakan backlight

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("System Start");    // tampilan awal

  // inisialisasi sensor

```

```

sht31.begin(0x44);          // alamat I2C SHT31
pt100.begin(MAX31865_2WIRE); // mode 2-wire PT100

// koneksi WiFi
WiFi.begin(ssid,pass);

// konfigurasi Blynk (non-blocking)
Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);

// timer
timer.setInterval(2000L,sendData); // baca sensor tiap 2 detik
timer.setInterval(10000L,reconnectWiFi); // cek WiFi tiap 10 detik

}

// =====

// loop utama

// =====

void loop()
{

  if(WiFi.status()==WL_CONNECTED)
    Blynk.run(); // jalankan Blynk hanya jika WiFi terhubung

  timer.run(); // jalankan semua timer

}

```