

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



SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS
INTERNET OF THINGS GUNA MENINGKATKAN
EFEKTIVITAS MONITORING SUHU MUATAN PADA
KAPAL *BULK CARRIER***

Oleh :

**ARSIL DWI ARNANDA
NRP. 365221323**

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

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



**RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS
INTERNET OF THINGS GUNA MENINGKATKAN
EFEKTIVITAS MONITORING SUHU MUATAN PADA
KAPAL *BULK CARRIER***

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

Oleh:

**ARSIL DWI ARNANDA
NRP. 365221323**

**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	: Arsil Dwi Arnanda
NRP	: 365221323
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: Rancang Bangun Sistem Sensor Berbasis <i>Internet Of Things</i> Guna Meningkatkan Efektifitas Monitoring Suhu Muatan Pada Kapal <i>Bulk Carrier</i>

Jakarta, Mei 2026
Penulis



ARSIL DWI ARNANDA

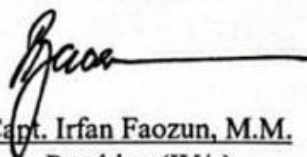
**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	: Arsil Dwi Amanda
NRP	: 365221323
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: Rancang Bangun Sistem Sensor Berbasis <i>Internet Of Things</i> Guna Meningkatkan Efektifitas Monitoring Suhu Muatan Pada Kapal <i>Bulk Carrier</i>

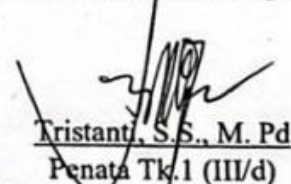
Pembimbing Utama



Capt. Irfan Faozun, M.M.
Pembina (IV/a)

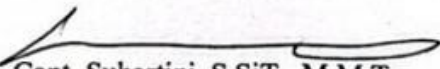
NIP. 19730908 200812 1 001

Jakarta, Mei 2026
Pembimbing Pendamping



Trisanti, S.S., M. Pd
Penata Tk.1 (III/d)
NIP. 19720424 200212 2 007

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika


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

Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19800307 200502 2 002

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



TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	: Arsil Dwi Armanda
NRP	: 365221323
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: Rancang Bangun Sistem Sensor Berbasis <i>Internet Of Things</i> Guna Meningkatkan Efektifitas Monitoring Suhu Muatan Pada Kapal <i>Bulk Carrier</i>

Ketua Penguji

Capt. Saidal Siburian, M.M., M.Mar.
Pembina (IV/a)
NIP. 19630509199809 1 002

Anggota Penguji

Ir. Boedojo Wiwoho S.J., M.T.
Pembina Tk.I (IV/b)
NIP. 19641218 199103 1 003

Anggota Penguji

Capt. Irfan Faozun, M.M.
Pembina (IV/a)
NIP. 19730908 200812 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

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

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan pengharapan kepada Tuhan Yesus Kristus atas limpahan hikmat, kasih, dan pemahaman yang diberikan, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu dengan judul:

RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS *INTERNET OF THINGS* GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MONITORING SUHU MUATAN PADA KAPAL *BULK CARRIER*

Skripsi ini disusun dengan tujuan utama untuk memenuhi serta melengkapi kewajiban akademik yang diberikan kepada penulis, sekaligus berfungsi sebagai wadah pelatihan guna memperkaya khazanah pengetahuan penulis di bidang studi yang ditekuni, dan memenuhi syarat kelulusan pada program pendidikan Diploma IV di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Penyusunan skripsi ini didasarkan pada pengalaman penulis semasa menjalani praktik pelayaran di kapal MV. Lumoso Sayang, yang diperkuat oleh materi kuliah yang diperoleh dari beragam sumber referensi selama proses pendidikan.

Penulis menyadari bahwa seluruh proses yang telah dilalui tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan dan semangat dalam penyelesaian tugas ini. Oleh karena itu, dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yth, Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar. selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
2. Yth, Dr. Meilinasari Nurhasanah Hutagaol, S.SiT., M.M.Tr. selaku Ketua Jurusan Nautika.
3. Yth. Pesta Veri Ahmadi Napitupulu, S.ST.Pel., M.Tr.T. selaku Sekretaris Jurusan Nautika.
4. Yth, Capt. Irfan Faozun, M.M. yang telah berkenan menjadi pembimbing utama serta memberikan banyak pelajaran, motivasi, arahan dan memberikan semangat kepada penulis.
5. Yth, Ibu Trisanti, S.S., M. Pd. yang telah berkenan menjadi pembimbing pendamping serta memberikan masukan dan saran kepada penulis.

6. Yth. Dr. Capt Jaja Suparman, MM. yang telah berkenan menjadi pembimbing akademik serta memberikan banyak motivasi, saran dan semangat kepada penulis.
7. Seluruh Civitas Akademika, Dosen, Perwira, staf pengajar, Instruktur, dan Pegawai di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta yang telah membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua yang sangat penulis kasihi, Bapak Susgiarso dan Ibu Sri Wahyuwijayanti yang selalu mendukung dan mendoakan penulis hingga dapat menyelesaikan tugas ini dengan baik.
9. Suci Setia Ningrum S.Kep. sebagai kakak penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Cikida Aisiya Mustaqfiroh sebagai partnet diskusi sekaligus pasangan, terimakasih kasih telah hadir sebagai cerita paling indah di balik setiap halaman perjuangan ini.
11. PT. Lumoso Pratama Line yang sudah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan praktek laut sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini.
12. Teman-teman taruna dan taruni Angkatan LXV.
13. Keluarga besar Vallreef Team dan Pataka Team LXV, yang berperan sebagai wadah bagi penulis untuk bertumbuh dan memperoleh pengalaman dalam berorganisasi.
14. Rekan - rekan “WARMINDORM” selaku rekan kamar F-109 yang saling mendukung.
15. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang terlibat dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.

Mengingat keterbatasan kemampuan dan pengalaman penulis, hasil skripsi ini diakui masih belum mencapai tingkat kesempurnaan. Penulis dengan rendah hati menyambut kritik dan saran konstruktif terkait penyajian, guna memperbaiki dan menyempurnakan karya ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Jakarta, Juni 2026
Penulis,

ARSIL DWI ARNANDA
NRP. 365221323

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	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
DAFTAR ISTILAH	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
 BAB I : PENDAHULUAN.....	 1
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. RUMUSAN MASALAH	4
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN.....	4
D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN.....	5
 BAB II : LANDASAN TEORI.....	 7
A. KAJIAN TEORI.....	7
B. PENELITIAN TERDAHULU	18
C. KERANGKA PEMIKIRAN	21
 BAB III : METODE PENELITIAN	 24
A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN.....	24
B. METODE PENELITIAN	25
C. SUMBER DATA.....	27
D. PROSEDUR PENELITIAN.....	29

E. UJI COBA PRODUK.....	31
F. DESAIN UJI COBA.....	31
G. SUBJEK UJI COBA.....	31
H. JENIS DATA.....	33
I. METODE DAN INSTRUMEN PENGUMPULAN DATA	33
 BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	 36
A. HASIL PENELITIAN	36
B. PENYAJIAN DATA UJI COBA	38
C. HASIL ANALISIS DATA	48
D. HASIL PRODUK.....	55
E. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	59
F. LUARAN PRODUK	62
 BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	 64
A. KESIMPULAN	64
B. SARAN.....	64
 DAFTAR PUSTAKA	
 LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Protokol MQTT	6
Gambar 1. 2 Skema Rancangan Sensor	6
Gambar 2. 1 Batu Bara.	8
Gambar 2. 2 Sensor SHT 31.	14
Gambar 2. 3 ESP 32.....	15
Gambar 2. 4 Logo Software Arduino IDE.....	15
Gambar 2. 5 LCD 16x2 I2C.....	17
Gambar 2. 6 Kerangka Pemikiran.....	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian	29
Gambar 4. 1 Hasil Alat Monitoring Suhu dan Kelembapan	55
Gambar 4. 2 Tampilan Fisik Sensor dan Pemasangannya	56
Gambar 4. 3 Tampilan LCD Saat Alat Bekerja.....	57
Gambar 4. 4 Tampilan Data Pada Sistem Monitoring	58
Gambar 4. 5 Tampilan Sistem Monitoring Kondisi Bahaya.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 3. 1 Data Nama Subjek Uji Coba.....	32
Tabel 3. 2 Keterangan Penilaian Validasi	35
Tabel 3. 3 Presentase Validasi.....	35
Tabel 4. 1 Pengujian Fungsi Sistem.....	39
Tabel 4. 2 Pengujian Akurasi Suhu	40
Tabel 4. 3 Pengujian Akurasi Kelembapan	40
Tabel 4. 4 Pengujian Sistem Real Time	41
Tabel 4. 5 Pengujian Kestabilan Sistem.....	42
Tabel 4. 6 Pengujian Respon Sistem.....	43
Tabel 4. 7 Pengujian Validasi Ahli 1	44
Tabel 4. 8 Pengujian Validasi Ahli 2	44
Tabel 4. 9 Penggabungan Pengujian Validasi Ahli	45
Tabel 4. 10 Pengujian Validasi Pengguna	46

DAFTAR SINGKATAN

IoT	<i>Internet of Things</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
IMSBC Code	<i>International Maritime Solid Bulk Cargoes Code</i>
ESP32	<i>Espressif System 32</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
RH	<i>Relative Humidity</i>
°C	<i>Degree Celsius</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>

DAFTAR ISTILAH

<i>Bulk Carrier</i>	Kapal yang digunakan untuk mengangkut muatan curah kering seperti batu bara, bijih besi, dan grain.
<i>Palka Cargo Hold</i>	Ruang muat atau palka pada kapal yang digunakan untuk menyimpan muatan.
<i>Monitoring Real-time</i>	Proses pemantauan kondisi secara langsung dan berkelanjutan saat sistem beroperasi.
<i>Self-heating</i>	Proses peningkatan suhu secara alami pada muatan akibat reaksi oksidasi internal.
<i>Spontaneous Combustion</i>	Pembakaran spontan yang terjadi tanpa sumber api eksternal akibat kenaikan suhu terus-menerus.
<i>Human Error</i>	Kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia dalam proses pengamatan, pencatatan, atau pengoperasian sistem.
<i>Early Warning System</i>	Sistem peringatan dini yang memberikan notifikasi apabila terjadi kondisi berbahaya.
Sensor	Perangkat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur perubahan kondisi lingkungan tertentu.
Mikrokontroler	Perangkat komputer mini yang digunakan untuk mengendalikan sistem elektronik tertentu.
<i>Publish-Subscribe</i>	Metode komunikasi data pada MQTT di mana perangkat dapat mengirim dan menerima data melalui broke
<i>Delay</i>	Selisih waktu antara proses pengiriman dan penerimaan data pada sistem komunikasi.
<i>Relative Humidity</i>	Persentase kandungan uap air di udara dibandingkan kapasitas maksimum udara pada suhu tertentu.
<i>Internet of Things (IoT)</i>	Konsep penghubungan perangkat fisik melalui jaringan internet untuk pertukaran data secara otomatis.
Broker MQTT	Server perantara pada komunikasi MQTT yang mengatur proses pengiriman dan penerimaan data.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pengajuan Sinopsis
- Lampiran 2 Lembar Bimbingan
- Lampiran 3 Hasil Turnitin
- Lampiran 4 Ship's Particular MV. Lumoso Sayang
- Lampiran 5 Crew List
- Lampiran 6 General Arrangement
- Lampiran 7 Stowage Plan
- Lampiran 8 Nota Dinas Permohonan Validator Ahli 1
- Lampiran 9 Hasil Validator Ahli 1
- Lampiran 10 Pengujian Alat Oleh Ahli 1
- Lampiran 11 Nota Dinas Permohonan Validator Ahli 2
- Lampiran 12 Hasil Validator Ahli 2
- Lampiran 13 Pengujian Alat Oleh Ahli 1
- Lampiran 14 Hasil Validasi Pengguna

ABSTRAK

Arnanda, Arsil Dwi. 2026. “*Rancang Bangun Sistem Sensor Berbasis Internet of Things Guna Meningkatkan Efektivitas Monitoring Suhu Muatan Pada Kapal Bulk Carrier*”

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) guna meningkatkan efektivitas monitoring suhu dan kelembapan muatan pada kapal *bulk carrier*. Latar belakang penelitian ini adalah proses monitoring suhu dan kelembapan muatan batu bara yang masih dilakukan secara manual oleh kru kapal sehingga belum mampu memberikan pengawasan yang optimal, kontinu, dan real-time selama pelayaran. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan keterlambatan deteksi terhadap peningkatan suhu dan kelembapan yang dapat menyebabkan *self-heating*, kerusakan muatan, serta membahayakan keselamatan kapal. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) melalui tahapan identifikasi masalah, perancangan sistem, pembuatan alat, pengujian, dan evaluasi sistem. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor SHT31-D, mikrokontroler ESP32, protokol MQTT, LCD 16x2 I2C, dan buzzer sebagai sistem peringatan dini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan secara otomatis dan *real-time* dengan *delay* pengiriman data rata-rata 1–2 detik. Sensor juga memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai error yang masih berada dalam batas toleransi. Sistem mampu memberikan peringatan dini ketika suhu dan kelembapan melebihi batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem monitoring berbasis IoT yang dikembangkan terbukti mampu meningkatkan efektivitas monitoring muatan pada kapal *bulk carrier*.

Kata Kunci: *Bulk Carrier*; Batu Bara; *Internet of Things*; monitoring *real-time*; suhu.

ABSTRACT

Arnanda, Arsil Dwi. 2026. *“Design and Development of an Internet of Things-Based Sensor System to Improve the Effectiveness of Cargo Temperature Monitoring on Bulk Carrier Ships.”*

This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based sensor system to improve the effectiveness of cargo temperature and humidity monitoring on bulk carrier ships. The background of this study is the monitoring process of coal cargo temperature and humidity which is still carried out manually by ship crews, resulting in monitoring that is not optimal, continuous, and real-time during voyages. This condition may lead to delays in detecting increases in temperature and humidity that can cause self-heating, cargo damage, and threaten ship safety. This research used the Research and Development (R&D) method through stages of problem identification, system design, device manufacturing, testing, and system evaluation. The developed system utilizes an SHT31-D sensor, ESP32 microcontroller, MQTT protocol, 16x2 I2C LCD, and buzzer as an early warning system. The results showed that the system was able to monitor temperature and humidity automatically and in real-time with an average data transmission delay of 1–2 seconds. The sensor also demonstrated good accuracy with an error value still within tolerance limits. The system was capable of providing early warnings when temperature and humidity exceeded predetermined thresholds. Therefore, the developed IoT-based monitoring system proved to improve the effectiveness of cargo monitoring on bulk carrier ships.

Keyword: Bulk Carrier; Coal; Internet of Things; Real-Time Monitoring; Temperature.

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kapal *bulk carrier* merupakan salah satu jenis kapal yang dirancang untuk mengangkut muatan curah kering seperti batu bara, bijih besi, grain, dan komoditas curah lainnya dalam jumlah besar melalui jalur transportasi laut (Prabowo et al., 2021). Setiap jenis muatan memiliki karakteristik yang berbeda, khususnya terkait sensitivitas terhadap perubahan suhu dan kelembapan di dalam ruang muat (*cargo hold*). Kondisi lingkungan ini sangat memengaruhi keselamatan serta kualitas muatan. Muatan seperti batu bara dapat mengalami *self-heating* dan *spontaneous combustion* bila suhu tidak terkontrol, sedangkan komoditas *grain* sangat rentan terhadap peningkatan kelembapan yang dapat menyebabkan fermentasi, jamur, dan penurunan kualitas. Oleh karena itu, pemantauan suhu dan kelembapan secara akurat merupakan aspek penting dalam operasional kapal *bulk carrier* (IMO, 2019).

Dalam praktiknya, di MV. Lumoso Sayang monitoring suhu dan kelembapan muatan yang dilakukan secara manual oleh kru kapal belum mampu memberikan pengawasan yang optimal dan berkelanjutan selama pelayaran. Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan, seperti monitoring yang tidak *real-time* akibat pengecekan yang hanya dilakukan pada waktu-waktu tertentu. Hal ini menyebabkan terbatasnya frekuensi pengecekan, sehingga perubahan kondisi muatan sering kali terlambat terdeteksi (Putra et al., 2020). Selain itu, metode manual juga sangat bergantung pada manusia sehingga berpotensi menimbulkan *human error* dalam proses pencatatan maupun pembacaan data, yang dapat berakibat fatal jika terjadi kesalahan interpretasi terhadap kondisi muatan (Kurniawan & Prasetyo, 2021).

Ketiadaan sistem pemantauan otomatis juga menyebabkan tidak adanya penyimpanan data historis dan analisis tren terhadap perubahan suhu dan kelembapan muatan. Padahal, data historis sangat penting untuk mendeteksi pola peningkatan suhu secara bertahap sebelum mencapai level berbahaya (Rahman et al., 2022).

Menurut International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC Code) yang diterbitkan oleh International Maritime Organization, batu bara termasuk muatan yang berpotensi mengalami *self-heating* akibat proses oksidasi yang menyebabkan kebakaran spontan, oleh karena itu suhu batu bara sebelum dimuat tidak boleh melebihi 55°C dan kondisi muatan harus dipantau secara berkala selama pelayaran untuk mendeteksi peningkatan suhu yang berpotensi membahayakan keselamatan kapal.

Penulis melaksanakan praktik laut di Perusahaan Lumoso Pratama Line di atas kapal *bulk carrier* MV. Lumoso Sayang selama 12 bulan, terhitung mulai tanggal 9 Agustus 2024 sampai 12 Agustus 2025. Pada saat melakukan praktik di MV. Lumoso Sayang peneliti mengidentifikasi terjadinya masalah saat kapal melakukan proses bongkar muatan batu bara. Cuaca saat itu cerah dengan suhu udara yang cukup tinggi, operator crane dan petugas dek melihat adanya nyala titik api dan asap tipis berwarna putih yang keluar dari palka nomor 3. Kondisi ini mengidentifikasikan terjadinya *self heating* yang berkembang menjadi *spontaneous combustion* (pembakaran spontan) pada batu bara. Kejadian ini menunjukkan pentingnya monitoring suhu secara berkala serta pemantauan yang mampu memberikan peringatan dini terhadap potensi *self heating*.

Seiring berkembangnya teknologi maritim dan digitalisasi, IoT menjadi solusi potensial untuk mengatasi seluruh permasalahan tersebut. IoT memungkinkan integrasi sensor suhu dan kelembapan yang dapat bekerja secara otomatis, mengirimkan data secara *real-time*, menyimpan data historis, dan memberikan notifikasi apabila terjadi perubahan kondisi yang membahayakan (Atzori et al., 2017). Penggunaan sistem sensor berbasis IoT akan meningkatkan akurasi pengawasan, mempercepat pengambilan keputusan, serta meminimalkan risiko kerusakan muatan dan kecelakaan kapal.

Dengan melihat berbagai permasalahan yang telah diuraikan mulai dari monitoring manual yang tidak *real-time*, keterbatasan frekuensi pengecekan, potensi *human error*, tidak adanya data historis, tidak adanya sistem peringatan dini, hingga terjadinya *self heating* di MV. Lumoso Sayang maka diperlukan suatu inovasi berupa rancang bangun sistem sensor berbasis IoT. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas monitoring suhu dan kelembapan muatan, mendukung

keselamatan pelayaran, serta meningkatkan efisiensi operasional kapal *bulk carrier* secara keseluruhan (Kim & Lee, 2020).

Selain aspek keselamatan dan kualitas muatan, efektivitas sistem monitoring juga berkaitan erat dengan efisiensi operasional kapal *bulk carrier*. Sistem monitoring yang kurang optimal dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan operasional, seperti tindakan ventilasi ruang muat, penyesuaian prosedur penanganan muatan, atau langkah pencegahan lainnya. Kondisi ini berpotensi meningkatkan biaya operasional serta risiko klaim kerusakan muatan dari pihak pemilik muatan.

Penerapan sistem monitoring berbasis IoT juga sejalan dengan tuntutan perkembangan industri maritim menuju konsep *smart ship* dan digitalisasi kapal. Integrasi teknologi digital dalam operasional kapal menjadi kebutuhan untuk meningkatkan daya saing, keandalan, dan keselamatan pelayaran. Dengan adanya sistem monitoring otomatis, kapal dapat memiliki sistem pengawasan muatan yang lebih modern, akurat, dan terintegrasi. Selain itu, penggunaan sistem sensor berbasis IoT memungkinkan awak kapal untuk memantau kondisi muatan tanpa harus melakukan pengecekan langsung ke ruang muat.

Hal ini sangat membantu dalam mengurangi risiko keselamatan awak kapal, terutama pada kondisi cuaca buruk atau ketika ruang muat berada dalam kondisi yang berbahaya untuk dimasuki. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfokus pada muatan, tetapi juga mendukung keselamatan kerja awak kapal. Oleh karena itu, pengembangan sistem sensor berbasis *Internet of Things* yang dirancang secara khusus untuk kapal *bulk carrier* menjadi sangat relevan untuk diteliti. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu sistem monitoring yang aplikatif, mudah dioperasikan, serta sesuai dengan kebutuhan operasional kapal, sehingga dapat menjadi solusi alternatif dalam meningkatkan keselamatan pelayaran, kualitas muatan, dan efisiensi operasional kapal *bulk carrier*.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti mencoba mengangkat masalah tersebut dalam penelitian yang berjudul

“RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MONITORING SUHU MUATAN
PADA KAPAL *BULK CARRIER*”

B. RUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang yang telah penulis uraikan di atas, maka penulis akan merumuskan permasalahan yang penulis hadapi selama melakukan penelitian di MV Lumoso Sayang selama 1 tahun yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan muatan secara *real-time* pada kapal *bulk carrier*?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN

1. Tujuan Pengembangan

- a. Meningkatkan efektivitas proses monitoring muatan dengan mengurangi ketergantungan pada metode manual yang memiliki keterbatasan frekuensi pengecekan, potensi *human error*, serta kesulitan akses ruang muat.
- b. Merancang dan membangun sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan muatan secara *real-time* pada kapal *bulk carrier*.

2. Manfaat Pengembangan

a. Aspek Teoretis

- 1) Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi maritim dan penerapan *Internet of Things* (IoT) pada sistem monitoring muatan kapal.
- 2) Menambah literatur akademik mengenai peningkatan keselamatan dan efektivitas pengawasan muatan batu bara yang memiliki potensi bahaya seperti *self-heating* dan gas berbahaya.
- 3) Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengkaji integrasi teknologi IoT pada sistem keselamatan kapal atau monitoring muatan.

b. Aspek Praktis

- 1) Bagi perwira dan kru kapal: memberikan solusi monitoring suhu dan kelembapan yang lebih cepat, akurat, dan dapat dilakukan secara

kontinu sehingga mengurangi risiko *human error* dalam pengecekan manual.

- 2) Bagi perusahaan pelayaran / operator *bulk carrier*: membantu meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan muatan melalui sistem pemantauan *real-time* yang dapat mendeteksi potensi bahaya lebih awal.
- 3) Bagi keselamatan kapal dan muatan: memberikan sistem peringatan dini (*early warning system*) sehingga perubahan suhu atau kelembapan yang berpotensi memicu *self-heating*, oksidasi, atau pembentukan gas dapat segera ditindaklanjuti.
- 4) Bagi dunia pendidikan dan peneliti: menjadi contoh penerapan teknologi modern di sektor maritim dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk inovasi monitoring muatan pada jenis kapal lain.
- 5) Bagi penulis sendiri: memberikan pengalaman langsung dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem IoT yang bermanfaat untuk proyeksi karier di bidang nautika dan teknologi kapal.

D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk:

1. Mengembangkan sebuah produk
2. Menguji kelayakan produk, dan
3. Menilai efektivitas produk yang dikembangkan.

Berikut merupakan spesifikasi produk yang akan dikembangkan

1. Produk yang dikembangkan

Pada penelitian ini produk yang dikembangkan adalah sistem IoT untuk monitoring suhu dan kelembapan muatan batu bara secara *real time* melalui smartphone.

2. Prosedur Pengembangan

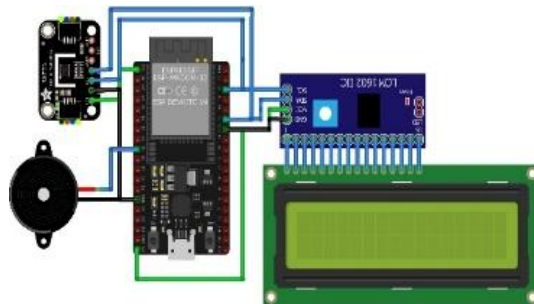
- a. Potensi dan Masalah

- 1) Monitoring suhu & kelembapan dilakukan manual
- 2) Potensi *human error*

- 3) Tidak ada sistem peringatan dini
 - 4) Tidak ada monitoring *real-time*
- b. Pengumpulan Data (*Need Analysis*)
- 1) Standar monitoring muatan batu bara (IMSBC Code)
 - 2) Prosedur kapal dalam mengecek suhu palka
 - 3) Kebutuhan kru terhadap sistem monitoring yang cepat dan akurat
 - 4) Spesifikasi sensor IoT yang cocok di lingkungan palka
 - 5) Kendala teknis di kapal (sinyal, akses palka, penempatan sensor)
- c. Desain Produk
- 1) Sensor suhu & kelembapan (misalnya SHT31-D)
 - 2) Mikrokontroler IoT (ESP32)
 - 3) Protokol pengiriman data (MQTT)
 - 4) Dashboard monitoring (*web*)
 - 5) Skema wiring sensor dan mikrokontroler
 - 6) Perancangan fitur peringatan dini (alert)



Gambar 1. 1
Protokol MQTT



Gambar 1. 2
Skema Rancangan Sensor

BAB II

LANDASAN TEORI

A. KAJIAN TEORI

Pada bab ini dijabarkan landasan yang digunakan sebagai sumber teori yang dijadikan dasar penelitian. Sumber tersebut memberikan kerangka atau dasar yang memahami latar belakang dari permasalahan secara sistematis.

1. Karakteristik Batu Bara sebagai Muatan Curah Kering

Batu bara merupakan salah satu muatan utama yang diangkut oleh kapal *bulk carrier* dan memiliki karakteristik khusus yang memerlukan perhatian dalam pengelolaannya. Batu bara merupakan material karbonan yang dapat mengalami oksidasi secara alami ketika bereaksi dengan oksigen sehingga berpotensi menghasilkan panas dan menyebabkan self-heating (Qi et al., 2020).

Jika panas yang dihasilkan tidak terdisipasi dengan baik, maka suhu muatan dapat meningkat secara perlahan hingga mencapai kondisi *self-heating*. Self-heating batu bara merupakan salah satu faktor utama yang dapat menyebabkan pembakaran spontan pada proses penyimpanan dan pengangkutan batu bara, termasuk pada kapal *bulk carrier* (Onifade & Genc, 2020).

Menurut Xuan et al. (2024) kandungan air yang berlebih juga dapat memengaruhi stabilitas muatan selama pelayaran. IMSBC Code mengklasifikasikan batu bara sebagai muatan yang berpotensi berbahaya dan mensyaratkan adanya monitoring kondisi muatan selama pelayaran. Hal ini menunjukkan batu bara sebagai material yang memerlukan pengawasan lingkungan secara berkelanjutan. Pemantauan suhu dan kelembapan secara *real-time* melalui sistem sensor berbasis IoT diharapkan mampu mengurangi risiko self-heating dan meningkatkan keselamatan pengangkutan batu bara pada kapal *bulk carrier*.



Gambar 2. 1

Batu Bara. (Sumber: <https://www.stabilitas.id/wp-content/uploads/images-28.jpeg>)

2. Suhu dan Kelembapan pada Muatan Curah Kering

Suhu dan kelembapan merupakan parameter lingkungan utama yang secara langsung memengaruhi kondisi fisik, kimia, dan biologis muatan curah kering di dalam palka kapal. Menurut Gibbs dan Coffey (2014), pengendalian suhu dan kelembapan merupakan aspek kritis dalam manajemen muatan karena perubahan kecil sekalipun dapat memicu reaksi berantai yang berdampak pada keselamatan dan kualitas muatan. Oleh karena itu, kedua parameter ini sering dijadikan indikator utama dalam sistem monitoring muatan kapal.

Suhu muatan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain suhu lingkungan luar, intensitas radiasi matahari, lama pelayaran, sistem ventilasi palka, serta sifat intrinsik muatan. Pada muatan batu bara, suhu dapat meningkat akibat reaksi oksidasi eksotermis yang berlangsung secara perlahan namun kontinu. Peningkatan suhu internal batu bara yang tidak terdeteksi dapat berkembang menjadi kondisi *self-heating* dan berpotensi menimbulkan kebakaran muatan selama proses penyimpanan maupun pengangkutan (Onifade & Genc, 2020).

Kelembapan udara di dalam palka berkaitan erat dengan kandungan uap air di udara dan kadar air pada muatan. Gardiner (2013) menjelaskan bahwa kelembapan relatif yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya kondensasi pada permukaan muatan maupun struktur palka. Kondisi ini tidak hanya menurunkan kualitas muatan, tetapi juga meningkatkan risiko korosi pada struktur kapal.

Interaksi antara suhu dan kelembapan bersifat dinamis dan saling memengaruhi. Perbedaan suhu antara udara luar dan udara di dalam palka dapat

memicu fenomena kondensasi yang dikenal sebagai *sweat*. Secara teoritis, *sweat* diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *ship sweat* dan *cargo sweat*. *Ship sweat* terjadi ketika udara hangat dan lembap dari luar kapal bersentuhan dengan permukaan palka yang lebih dingin, sedangkan *cargo sweat* terjadi ketika udara di dalam palka mengembun pada permukaan muatan yang suhunya lebih rendah.

Fenomena *sweat cargo* merupakan salah satu penyebab utama kerusakan muatan curah kering selama pelayaran jarak jauh. Menurut IMO melalui IMSBC Code, kegagalan dalam mengendalikan suhu dan kelembapan dapat mengakibatkan degradasi kualitas muatan, pembusukan, hingga kerugian ekonomi yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa suhu dan kelembapan tidak dapat diperlakukan sebagai variabel lingkungan yang berdiri sendiri, melainkan sebagai sistem yang saling berkaitan.

Dalam praktik manajemen muatan, kondisi suhu dan kelembapan sering diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkat risiko, seperti kondisi aman, waspada, dan berbahaya. Klasifikasi ini didasarkan pada ambang batas tertentu yang disesuaikan dengan jenis muatan. Pendekatan klasifikasi tersebut penting untuk mendukung pengambilan keputusan operasional secara cepat dan tepat.

Pemantauan suhu dan kelembapan secara manual dan periodik dinilai tidak lagi memadai dalam menghadapi kompleksitas dinamika lingkungan muatan. Rodrigue et al. (2020) menyatakan bahwa sistem monitoring berbasis data *real-time* mampu meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap kondisi abnormal secara signifikan. Dengan demikian, diperlukan sistem monitoring yang mampu mengukur dan merekam kedua parameter ini secara kontinu.

3. Sensor Suhu dan Kelembapan

Sensor suhu dan kelembapan adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengukur kondisi lingkungan dan mengubah besaran fisik menjadi sinyal listrik. Menurut Fraden (2016), sensor merupakan elemen dasar dalam sistem pengukuran yang menentukan kualitas dan keandalan data yang diperoleh. Oleh karena itu, pemilihan sensor yang tepat menjadi aspek krusial dalam sistem monitoring.

Sensor suhu bekerja berdasarkan prinsip tertentu, seperti perubahan resistansi pada termistor atau karakteristik semikonduktor pada sensor digital.

Sementara itu, sensor kelembapan umumnya bekerja berdasarkan perubahan kapasitansi atau resistansi akibat perubahan kadar uap air di udara. Perkembangan teknologi telah menghasilkan sensor digital yang mampu mengukur kedua parameter secara simultan dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Dalam aplikasi maritim, sensor dituntut memiliki ketahanan terhadap lingkungan ekstrem, seperti kelembapan tinggi, getaran, dan fluktuasi suhu. Menurut Johnson (2017), sensor yang digunakan pada kapal harus memenuhi standar keandalan tertentu agar dapat beroperasi secara stabil dalam jangka panjang. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam penerapan sensor di ruang palka kapal.

Sensor suhu dan kelembapan dapat diklasifikasikan menjadi sensor analog dan sensor digital. Sensor analog memerlukan rangkaian tambahan untuk pengolahan sinyal, sedangkan sensor digital telah dilengkapi dengan konverter internal dan antarmuka komunikasi. Dalam sistem IoT, sensor digital lebih banyak digunakan karena kemudahan integrasi dan efisiensi sistem.

Keakuratan sensor sangat dipengaruhi oleh proses kalibrasi dan penempatan sensor. Kesalahan dalam pemasangan dapat menyebabkan data yang dihasilkan tidak merepresentasikan kondisi muatan secara sebenarnya. Oleh karena itu, perancangan sistem monitoring harus mempertimbangkan aspek teknis dan lingkungan secara menyeluruh.

Dalam konteks penelitian ini, sensor suhu dan kelembapan berperan sebagai sumber data utama yang menentukan efektivitas sistem monitoring. Data yang dihasilkan oleh sensor akan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan muatan kapal *bulk carrier*. Sebagai transisi, data yang diperoleh dari sensor memerlukan sistem pengolahan dan komunikasi agar dapat dimanfaatkan secara optimal. Konsep *Internet of Things* menjadi kerangka utama yang mengintegrasikan sensor dengan sistem monitoring berbasis jaringan.

4. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan paradigma teknologi yang menghubungkan berbagai objek fisik melalui jaringan internet sehingga mampu berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis. Menurut (I. Gunawan & H. Ahmadi, 2021) *Internet of Things* adalah sebuah teknologi yang memanfaatkan

jaringan internet secara real-time atau terus menerus dengan fitur control jarak jauh.

Arsitektur IoT umumnya terdiri dari tiga lapisan, yaitu *device layer*, *network layer*, dan *application layer*. *Device layer* berfungsi sebagai pengumpul data melalui sensor, *network layer* bertugas mengirimkan data melalui jaringan komunikasi, sedangkan *application layer* menyajikan data dalam bentuk informasi yang mudah dipahami oleh pengguna. Struktur ini memungkinkan sistem bekerja secara modular dan fleksibel.

Dalam bidang maritim, IoT dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, seperti monitoring kondisi kapal, manajemen bahan bakar, dan pemantauan muatan. Menurut Tzannatos dan Kokarakis (2017), penerapan IoT pada kapal mampu meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan pelayaran melalui ketersediaan data *real-time*.

Keunggulan utama IoT terletak pada kemampuannya menyediakan data secara kontinu dan terintegrasi. Data historis yang tersimpan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan tren tertentu. Hal ini mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat dan objektif.

Dalam penelitian ini, IoT digunakan sebagai pendekatan utama untuk mengintegrasikan sensor suhu dan kelembapan dengan sistem monitoring muatan. Konsep ini memungkinkan peningkatan efektivitas monitoring dibandingkan metode konvensional.

5. Mikrokontroler dan Sistem Tertanam

Mikrokontroler merupakan perangkat komputasi berukuran kecil yang dirancang untuk mengendalikan sistem tertentu secara spesifik. Menurut Valvano (2019), mikrokontroler mengintegrasikan CPU, memori, dan antarmuka *input/output* dalam satu chip, sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem tertanam. Perangkat ini menjadi pusat kendali dalam sistem sensor berbasis IoT.

Dalam sistem monitoring, mikrokontroler bertugas membaca data dari sensor, melakukan pengolahan awal, dan mengirimkan data ke server atau platform IoT. Kecepatan pemrosesan dan stabilitas mikrokontroler sangat

memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemilihan mikrokontroler harus disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi.

Sistem tertanam dirancang untuk menjalankan fungsi tertentu secara berkelanjutan dan andal. Berbeda dengan sistem komputasi umum, sistem tertanam dioptimalkan untuk efisiensi daya dan keandalan operasi. Dalam aplikasi maritim, sistem tertanam harus mampu bekerja dalam kondisi lingkungan yang menantang.

Mikrokontroler dapat diklasifikasikan berdasarkan arsitektur, kapasitas memori, dan fitur komunikasi. Mikrokontroler modern umumnya telah dilengkapi dengan modul komunikasi nirkabel yang mendukung implementasi IoT. Hal ini memudahkan integrasi sistem monitoring berbasis jaringan.

Integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi membentuk sistem monitoring yang utuh. Setiap komponen harus dirancang secara sinergis agar sistem dapat bekerja secara optimal. Kesalahan pada satu komponen dapat memengaruhi kinerja keseluruhan sistem. Dalam penelitian ini, mikrokontroler berperan sebagai penghubung utama antara sensor suhu dan kelembapan dengan sistem IoT. Peran ini sangat menentukan efektivitas monitoring muatan kapal *bulk carrier*.

6. Efektivitas Monitoring Muatan

Efektivitas monitoring muatan mengacu pada kemampuan sistem dalam menyediakan informasi kondisi muatan secara akurat, tepat waktu, dan dapat diandalkan. Menurut Robbins (2016), efektivitas suatu sistem dapat diukur dari sejauh mana sistem tersebut mampu mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dalam konteks monitoring muatan kapal *bulk carrier*, tujuan utama tersebut meliputi pencegahan kerusakan muatan, peningkatan keselamatan pelayaran, serta efisiensi pengambilan keputusan operasional.

Monitoring muatan secara konvensional yang mengandalkan inspeksi manual memiliki keterbatasan dalam hal frekuensi pengamatan, subjektivitas hasil inspeksi, dan keterlambatan penyampaian informasi. Kondisi ini menyebabkan potensi terjadinya kegagalan deteksi dini terhadap perubahan suhu dan kelembapan yang bersifat kritis. Oleh karena itu, efektivitas monitoring

konvensional sering kali tidak optimal dalam menghadapi dinamika lingkungan muatan.

Penerapan sistem sensor berbasis *Internet of Things* memungkinkan monitoring dilakukan secara *real-time* dan berkelanjutan. Data yang diperoleh dari sensor dapat direkam, dianalisis, dan ditampilkan secara otomatis melalui platform digital. Menurut Laudon dan Laudon (2018), sistem informasi berbasis teknologi mampu meningkatkan kualitas keputusan melalui penyediaan data yang akurat dan tepat waktu.

Efektivitas monitoring juga dipengaruhi oleh kemudahan akses dan interpretasi data. Sistem yang dirancang dengan antarmuka yang informatif memungkinkan awak kapal maupun operator darat memahami kondisi muatan dengan cepat. Hal ini berkontribusi terhadap peningkatan respons terhadap kondisi abnormal yang terdeteksi.

Dalam penelitian ini, efektivitas monitoring digunakan sebagai indikator keberhasilan penerapan sistem sensor berbasis IoT. Peningkatan efektivitas diharapkan tercermin dari meningkatnya akurasi data, kecepatan deteksi perubahan kondisi, serta kontinuitas monitoring muatan selama pelayaran.

7. Sensor SHT31

Sensor SHT31 merupakan sensor digital suhu dan kelembapan yang dikembangkan oleh Sensirion dan banyak digunakan dalam aplikasi industri maupun riset. Sensor ini dikenal memiliki tingkat akurasi yang tinggi serta stabilitas pengukuran yang baik. Menurut Sensirion (2020), SHT31 mampu mengukur suhu dengan akurasi hingga $\pm 0,3$ °C dan kelembapan relatif hingga $\pm 2\%$ RH, sehingga sesuai untuk aplikasi monitoring lingkungan yang menuntut presisi.

Sensor SHT31 bekerja berdasarkan prinsip sensor kapasitif untuk pengukuran kelembapan dan sensor band-gap untuk pengukuran suhu. Kedua sensor tersebut terintegrasi dalam satu modul digital yang dilengkapi dengan antarmuka komunikasi I2C. Integrasi ini memudahkan proses pembacaan data oleh mikrokontroler tanpa memerlukan rangkaian pengkondisi sinyal tambahan.

Keunggulan lain dari SHT31 adalah waktu respons yang cepat dan konsumsi daya yang relatif rendah. Hal ini menjadi aspek penting dalam sistem

monitoring berbasis IoT yang beroperasi secara kontinu. Selain itu, sensor ini memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap kondisi lingkungan dengan kelembapan tinggi.

Dalam konteks aplikasi maritim, sensor SHT31 dapat dipasang di dalam palka kapal untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan muatan secara *real-time*. Data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar peringatan dini terhadap potensi kondisi berbahaya, seperti peningkatan suhu akibat oksidasi batu bara.



Gambar 2. 2

Sensor SHT 31. (Sumber: https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove-TempAndHumi_Sensor-SHT31/img/main_new.jpg)

8. ESP32 dan Arduino sebagai Platform Mikrokontroler

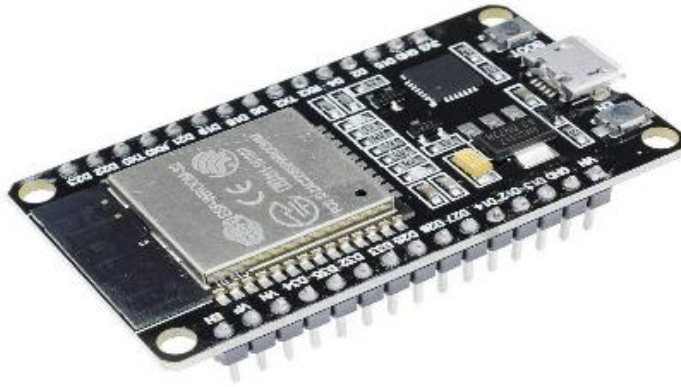
ESP32 dan Arduino merupakan platform mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem tertanam dan *Internet of Things*. Arduino dikenal sebagai platform yang mudah diprogram dan memiliki komunitas pengguna yang luas, sedangkan ESP32 menawarkan keunggulan berupa integrasi modul komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu chip.

Menurut Monk (2017), Arduino sangat sesuai digunakan untuk prototipe sistem sensor karena kemudahan pengembangan perangkat lunak dan kompatibilitas dengan berbagai jenis sensor. Sementara itu, ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan yang lebih tinggi serta mendukung komunikasi data secara langsung ke jaringan internet.

Dalam sistem monitoring berbasis IoT, ESP32 sering digunakan sebagai pengendali utama yang mengolah data sensor dan mengirimkannya ke *server* atau platform *cloud*. Arduino dapat berperan sebagai pengendali lokal atau

sebagai bagian dari sistem akuisisi data. Pemilihan platform bergantung pada kebutuhan sistem dan kompleksitas aplikasi.

Keunggulan ESP32 dalam konteks penelitian ini adalah kemampuannya menyediakan konektivitas internet secara langsung, sehingga mendukung pengiriman data suhu dan kelembapan secara *real-time*. Hal ini sangat relevan untuk monitoring muatan kapal yang membutuhkan akses data jarak jauh.



Gambar 2. 3

ESP 32. (Sumber: <https://www.arduinoindonesia.id/2019/07/memulai-pemrograman-esp32-menggunakan.html>)

Ada beberapa jenis board ESP 32, di antaranya ESP 32 Doit DevKit V1, ESP 32 DevKit, ESP 32S NodeMCU, ESP 32 Thing, WEMOS Lolin 32, ESP 32 CAM, dan masih banyak lagi jenis lainnya tergantung pada kebutuhan penggunaannya.



Gambar 2. 4

Logo Software Arduino IDE. (Sumber: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino_IDE_logo.svg)

Perangkat lunak Arduino IDE (Integrated Development Environment) Adalah pemrograman yang dirancang khusus untuk papan Arduino dan

berfungsi sebagai platform untuk memprogramnya. Arduino IDE berbasis pada Bahasa pemrograman java dan dilengkapi dengan Pustaka C atau C++ untuk mempermudah pengoperasian *input* dan *output* (Ramdani, 2020). “*Sketch*” Adalah istilah yang digunakan untuk program yang dibuat dengan perangkat lunak Arduino IDE. Sketch ini ditulis dalam editor teks dan disimpan dengan ekstensi

9. MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) merupakan protokol komunikasi ringan (*lightweight messaging protocol*) yang dirancang khusus untuk sistem *Internet of Things* (IoT). Protokol ini bekerja menggunakan metode *publish-subscribe* yang memungkinkan pertukaran data antar perangkat melalui sebuah *broker* sebagai perantara komunikasi. MQTT banyak digunakan pada sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT karena memiliki kebutuhan bandwidth yang rendah, konsumsi daya kecil, serta mampu bekerja secara stabil pada jaringan internet yang terbatas atau tidak stabil. Menurut Sutikno et al. (2023), MQTT menjadi salah satu protokol komunikasi yang paling populer dalam pengembangan sistem IoT karena kemudahan implementasi, kecepatan transmisi data, dan kompatibilitasnya dengan berbagai perangkat mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi, dan WEMOS D1.

Secara fungsional, MQTT memungkinkan perangkat untuk mengirim (*publish*) dan menerima (*subscribe*) data secara *real-time* melalui topik (*topic*) tertentu yang telah ditentukan pada *broker*. Sistem ini mendukung komunikasi dua arah yang efisien sehingga sangat sesuai digunakan dalam proses monitoring sensor, pengendalian perangkat jarak jauh, serta integrasi data antar sistem IoT (Kurniawan & Sari, 2022). Keunggulan utama MQTT terletak pada protokolnya yang sederhana, ringan, dan mampu mempertahankan komunikasi secara cepat dan stabil, sehingga banyak diterapkan dalam penelitian monitoring suhu, kelembapan, energi listrik, hingga sistem otomasi berbasis *Internet of Things*.

10. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan rangkaian elektronik yang digunakan bersama mikrokontroler untuk menampilkan informasi. LCD telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang industri dan perangkat elektronik,

seperti televisi, kalkulator, serta layar komputer (Suryantoro, 2019). Dalam sistem berbasis mikrokontroler, LCD berfungsi sebagai media output yang menampilkan data hasil pemrosesan dalam bentuk teks maupun angka.

Secara umum, LCD terdiri atas dua bagian utama. Bagian pertama adalah panel tampilan yang berfungsi untuk menampilkan informasi berupa karakter angka dan huruf. Panel ini biasanya memiliki kapasitas tampilan tertentu, salah satunya adalah 16 karakter dalam satu baris. Bagian kedua merupakan sistem pengendali yang terhubung dengan mikrokontroler, yang berfungsi mengatur tampilan informasi serta mengelola komunikasi data antara LCD dan mikrokontroler. Untuk meningkatkan efisiensi komunikasi, LCD 16×2 sering dikombinasikan dengan modul antarmuka I2C.

I2C (Inter-Integrated Circuit) adalah protokol komunikasi dua arah yang umum digunakan dalam sistem mikrokontroler dan perangkat perifer. Protokol ini hanya memerlukan dua jalur komunikasi, yaitu SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data), untuk mengirim dan menerima data antara perangkat master dan slave. Penggunaan I2C memungkinkan pengurangan jumlah pin yang digunakan pada mikrokontroler sehingga lebih efisien (Anantama et al., 2020).

Dalam sistem ini, LCD 16×2 I2C berfungsi sebagai media tampilan yang menyajikan informasi hasil pembacaan sensor suhu dan kelembapan. Data yang telah diproses oleh mikrokontroler dikirimkan melalui komunikasi I2C untuk ditampilkan secara *real-time* pada layar LCD, sehingga memudahkan pemantauan kondisi sistem secara langsung.



Gambar 2. 5
LCD 16x2 I2C (Sumber: <https://www.electronicwings.com/esp32/lcd16x2-i2c-interfacing-with-esp32>)

B. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian ini dilakukan tentunya tidak lepas dari penelitian-penelitian terdahulu dengan tujuan untuk memperkuat hasil dari penelitian yang sedang dilakukan. Selain itu juga bertujuan untuk membandingkan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya. Pada table menunjukkan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 2. 1
Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
1.	<i>Design and Prototype Development of an IoT-Based Temperature and Humidity Monitoring System with Real-Time Data and Automated Alerts</i>	Nadhras Wivanius, Willy Isranda Sihombing, Domi Kamsyah (2025)	a) Sistem berbasis IoT ini dirancang menggunakan sensor DHT11 dan mikrokontroler ESP32-C3 untuk memonitor suhu dan kelembapan secara <i>real-time</i> . Data ditransmisikan melalui Wi-Fi ke Google Sheets untuk penyimpanan dan analisis cloud. Sistem mencapai rentang pengukuran 0–50 °C dan 20–90 % RH dengan akurasi ± 2 °C dan ± 5 % RH, serta dapat memberikan notifikasi otomatis ketika ambang batas dilampaui. b) Menunjukkan kemampuan IoT melakukan pengukuran lingkungan berkelanjutan dengan penyimpanan cloud & notifikasi otomatis.
2.	Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan	Akhmad Miftakhul Fajar, Sri Mulyanto	a) Penelitian ini mengembangkan prototipe sistem monitoring berbasis IoT

	Kelembapan di Ruang Gandroom Kapal	Herlambang, Faris Nofandi (2023)	yang mampu memantau suhu dan kelembapan secara <i>real-time</i> di ruang gandroom kapal KM Lambelu menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor DHT22, dan protokol MQTT. Hasil uji menunjukkan bahwa sistem dapat mengukur rentang suhu dari -40 °C sampai 80 °C dan kelembapan 0–100 % RH, serta data dapat diakses secara jarak jauh melalui platform IoT. b) Langsung berkaitan dengan kapal dan penggunaan IoT untuk monitoring lingkungan kapal terutama di ruang gandroom kapal.
3.	<i>IoT Optimization in Marine Weather Monitoring for Maritime Activities with Mamdani Fuzzy Analysis Method</i>	Ardika Cahya Riyatna & Iman Fahruzi (2025)	a) Penelitian ini merancang sistem monitoring parameter cuaca laut (termasuk suhu dan kelembapan) menggunakan sensor BME280 dan IoT dengan optimasi menggunakan metode Mamdani fuzzy. Sistem ini terbukti mampu memberikan informasi lingkungan laut yang berguna bagi nelayan dan pihak penjaga pantai untuk keputusan operasional pelayaran.

			b) Meski fokus khusus ke cuaca laut, penelitian ini menunjukkan penerapan IoT untuk parameter lingkungan termasuk suhu & kelembapan yang sangat relevan dengan konteks kapal.
4.	Sistem Monitoring Kondisi Mesin Kapal Berbasis IoT dan <i>Predictive Maintenance</i>	Yulian Wardi, Dominggus Bakka, Fachri Al Aziz (2025)	a) Penelitian ini menggabungkan IoT dan machine learning untuk monitoring kondisi mesin kapal dalam konteks maintenance prediktif, termasuk pemantauan suhu komponen mesin secara <i>real-time</i> dengan mikrokontroler ESP32 dan sensor thermocouple. Sistem ini menunjukkan akurasi tinggi dalam deteksi potensi kerusakan mesin. b) Menunjukkan penerapan IoT plus sensor suhu pada kapal untuk pemeliharaan prediktif meskipun fokus bukan cargo, ini bagian dari aplikasi IoT maritim yang menggunakan suhu.
5.	Rancang Bangun Sistem Monitoring Muatan Batu Bara Menggunakan Data	Bayu Setiono, Sonhaji Sonhaji,	a) Sistem monitoring muatan batu bara pada kapal bulk carrier dirancang menggunakan

	Logger Berbasis Mikrokontroler ESP32 pada Kapal <i>Bulk Carrier</i>	Samsul Huda (2025)	mikrokontroler ESP32 dan data logger yang mencatat beban muatan secara <i>real-time</i>. Hasil uji menunjukkan tingkat akurasi pembacaan beban kurang dari 2 % dibanding berat aktual serta kemampuan mengirimkan data ke Google Spreadsheet secara kontinu. Prototipe bekerja stabil dan responsif sesuai tujuan perancangan. b) meskipun fokus utamanya berat muatan, penelitian ini terletak langsung pada kapal <i>bulk carrier</i> dan menunjukkan penerapan IoT untuk monitoring kondisi muatan.
--	---	--------------------	--

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Pada penulisan skripsi ini, penulis berupaya menjelaskan proses perancangan dan pembangunan suatu sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk memonitor suhu dan kelembapan muatan secara *real-time* pada kapal *bulk carrier*. Pemantauan kondisi lingkungan muatan menjadi aspek yang sangat penting mengingat jenis muatan curah kering, khususnya batu bara, memiliki karakteristik yang sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembapan yang dapat menimbulkan risiko penurunan kualitas muatan maupun potensi bahaya keselamatan pelayaran.

Permasalahan utama yang melatar belakangi penelitian ini adalah masih diterapkannya metode monitoring suhu dan kelembapan muatan secara manual dan periodik, sehingga tidak mampu memberikan informasi kondisi muatan secara kontinu dan cepat. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam

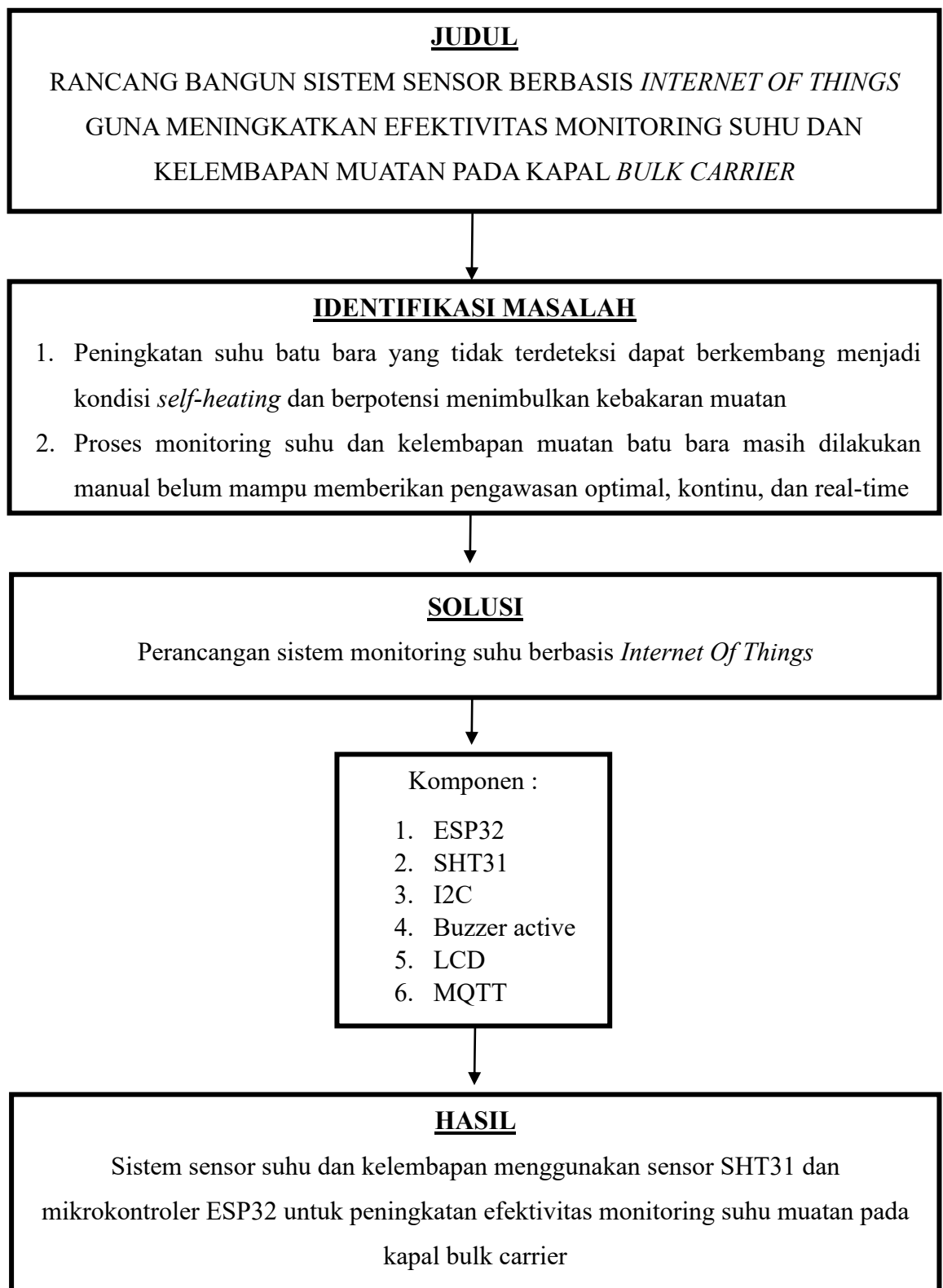
mendeteksi peningkatan suhu atau kelembapan yang melebihi batas aman, yang pada akhirnya dapat berdampak pada keselamatan kapal, awak kapal, serta muatan itu sendiri.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, penerapan *Internet of Things* (IoT) dinilai mampu menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan sistem monitoring muatan kapal. Melalui integrasi sensor suhu dan kelembapan SHT31, mikrokontroler ESP32/Arduino, serta sistem komunikasi data berbasis jaringan internet, data kondisi muatan dapat dikumpulkan, diproses, dan dikirimkan secara otomatis untuk ditampilkan dalam bentuk informasi yang mudah dipahami oleh operator kapal maupun pihak terkait.

Pemilihan sensor SHT31 didasarkan pada tingkat akurasi dan stabilitas pengukuran yang tinggi, sehingga mampu merepresentasikan kondisi lingkungan muatan secara lebih presisi. Sementara itu, penggunaan mikrokontroler ESP32 memungkinkan sistem memiliki kemampuan pemrosesan data dan konektivitas yang memadai untuk mendukung pengiriman data secara *real-time*. Dengan demikian, sistem yang dirancang diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi muatan dibandingkan metode konvensional.

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun berdasarkan kajian literatur, standar keselamatan pelayaran dan muatan, pengalaman penulis selama menjalani praktik laut, serta masukan dari perwira kapal dan tenaga profesional di bidang pelayaran. Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut, penelitian ini diarahkan pada perancangan dan pembangunan sistem monitoring berbasis IoT yang mampu memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efektivitas pengawasan suhu dan kelembapan muatan pada kapal *bulk carrier*.

Untuk mempermudah pemahaman terhadap alur penelitian yang dilakukan, maka kerangka pemikiran penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk bagan yang menjelaskan hubungan antara permasalahan, solusi teknologi, proses perancangan sistem, serta tujuan yang ingin dicapai.



Gambar 2. 6
Kerangka Pemikiran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Setelah melalui serangkaian proses pengujian dan evaluasi, maka dapat disimpulkan bahwa:

Sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor SHT31-D yang mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan secara *real-time* melalui komunikasi data berbasis MQTT. Sistem ini mampu membaca, mengolah, serta menampilkan data secara kontinu dengan *delay* rendah ($\pm 1-2$ detik), baik melalui LCD maupun aplikasi monitoring jarak jauh. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur peringatan dini (*early warning system*) pada batas suhu $\geq 38^{\circ}\text{C}$, sehingga mampu meningkatkan efektivitas monitoring, mengurangi *human error*, serta meningkatkan keselamatan operasional dibandingkan metode manual

B. SARAN

Berdasarkan temuan dan kesimpulan yang diperoleh, peneliti mengajukan beberapa saran yang diharapkan dapat memberikan manfaat serta menjadi bahan pertimbangan bagi pihak-pihak terkait, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya:

1. Untuk Perusahaan Pelayaran

Perusahaan pelayaran disarankan untuk mulai mengintegrasikan system monitoring suhu berbasis *internet of things* (IoT) ke dalam prosedur pengawasan muatan batu bara di atas kapal. Penerapan sisten ini dapat mendukung proses pengambilan Keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam mendeteksi potensi peningkatan suhu muatan yang mengarah pada *self-heating*. Selain itu, Perusahaan perlu Menyusun standar operasional prosedur (SOP) terkait pemeliharaan, penggunaan, serta evaluasi data hasil monitoring agar sistem bisa

secara optimal dalam meningkatkan keselamatan pelayaran.

2. Untuk Kru kapal

Kru kapal disarankan untuk tetap melakukan monitoring kondisi muatan secara rutin sesuai prosedur yang berlaku meskipun telah menggunakan system monitoring berbasis IoT. Data yang diperoleh dari sistem sebaiknya digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan pengawasan dan Tindakan pencegahan dini terhadap potensi self-heating pada muatan Batubara. Selain itu, kru kapal perlu meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam mengoperasikan system monitoring digital sehingga data yang diperoleh dapat dimanfaatkan secara efektif untuk mendukung keselamatan operasional kapal

3. Untuk Peneliti Selanjutnya

Peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem monitoring dengan menambahkan jumlah titik sensor pada berbagai area palka sehingga distribusi suhu dan kelembapan muatan dapat dipantau secara lebih menyeluruh. Selain itu, penelitian dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor pendukung sensor karbon monoksida (CO), metana (CH₄), dan sensor asap untuk meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap potensi bahaya pada muatan Batubara. Pengujian sistem juga perlu dilakukan secara langsung pada kapal yang sedang beroperasi dalam periode pelayaran yang Panjang guna memperoleh data yang lebih akurat mengenai keandalan, stabilitas, dan ketahanan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Arikunto, S. (2013). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Prabowo, A. R., Tuswan, T., & Ridwan, R. (2021). Advanced development of sensors' roles in maritime-based industry and research: From field monitoring to high-risk phenomenon measurement. *Applied Sciences*, 11(9), 3954.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). Understanding the Internet of Things: Definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 56, 122–140.
- Onifade, M., & Genc, B. (2020). A review of research on spontaneous combustion of coal. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30(3), 303–311.
- Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2011). *Systems engineering and analysis* (5th ed.). New Jersey: Pearson Education.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (2003). *Educational research: An introduction* (7th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). California: Sage Publications.
- Fraden, J. (2016). *Handbook of modern sensors: Physics, designs, and applications* (5th ed.). New York: Springer.
- Gardiner, A. (2013). *The principles of cargo handling and stowage* (8th ed.). London: Witherby Publishing Group.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2022). Continuous improvement processes in engineering system development. *Procedia CIRP*, 104, 1182–1187.
- IMO. (2019). *International maritime solid bulk cargoes code (IMSBC Code)*. London: International Maritime Organization.
- IMO. (2020). *International maritime solid bulk cargoes code (IMSBC Code)*. London: International Maritime Organization.
- Johnson, C. D. (2017). *Process control instrumentation technology* (8th ed.). New Jersey: Pearson.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2018). *Management information systems: Managing the digital firm* (15th ed.). New York: Pearson.
- Monk, S. (2017). *Programming Arduino: Getting started with sketches* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Qi, X., Li, Y., Chen, L., Tang, J., Xin, H., & Liang, Z. (2020). Reaction mechanism of

- aldehyde groups during coal self-heating. *ACS Omega*, 5(36), 23184–23192.
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2016). *Design and development research: Methods, strategies, and issues* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Robbins, S. P. (2016). *Organizational behavior* (16th ed.). Boston: Pearson.
- Rodrigue, J. P., Comtois, C., & Slack, B. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). New York: Routledge.
- Sensirion. (2020). SHT31 humidity and temperature sensor datasheet. Zurich: Sensirion AG.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Valvano, J. W. (2019). *Embedded systems: Introduction to ARM Cortex-M microcontrollers* (5th ed.). Texas: CreateSpace.
- Waruwu, M. (2024). Metode research and development dalam penelitian teknologi pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 6(1), 1–12.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengajuan Sinopsis

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN S D M PERHUBUNGAN SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN JAKARTA	
---	---	---

PENGAJUAN SINOPSIS SKRIPSI

NAMA	: ARSIL DWI ARNANDA
NRP	: 365221323
BIDANG KEAHLIAN	: NAUTIKA
SEMESTER	: VII

Mengajukan Sinopsis Skripsi sebagai berikut :

A. JUDUL

**RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MONITORING SUHU DAN
KELEMBAPAN MUATAN PADA KAPAL BULK CARRIER**

B. LATAR BELAKANG MASALAH

Kapal bulk carrier merupakan salah satu jenis kapal yang digunakan untuk mengangkut berbagai jenis muatan curah kering seperti batu bara, bijih besi, nikel ore, grain, dan komoditas lainnya. Setiap jenis muatan memiliki karakteristik yang berbeda, khususnya terkait sensitivitas terhadap perubahan suhu dan kelembapan di dalam ruang muat (*cargo hold*). Kondisi lingkungan ini sangat memengaruhi keselamatan serta kualitas muatan. Muatan seperti batu bara dapat mengalami *self-heating* dan *spontaneous combustion* bila suhu tidak terkontrol, sedangkan komoditas *grain* sangat rentan terhadap peningkatan kelembapan yang dapat menyebabkan fermentasi, jamur, dan penurunan kualitas. Oleh karena itu, pemantauan suhu dan kelembapan secara akurat merupakan aspek penting dalam operasional kapal bulk carrier.

Dalam praktiknya, Monitoring suhu dan kelembapan muatan yang dilakukan secara manual oleh kru kapal belum mampu memberikan pengawasan yang optimal dan berkelanjutan selama pelayaran. Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan, seperti monitoring yang tidak *real-time* akibat pengecekan yang hanya dilakukan pada waktu-waktu tertentu. Hal ini menyebabkan terbatasnya frekuensi pengecekan, sehingga perubahan kondisi muatan sering kali terlambat terdeteksi. Selain itu, metode manual juga sangat bergantung pada manusia sehingga berpotensi menimbulkan *human error* dalam proses pencatatan maupun pembacaan data, yang dapat berakibat fatal jika terjadi kesalahan interpretasi terhadap kondisi muatan.

Ketiadaan sistem pemantauan otomatis juga menyebabkan tidak adanya penyimpanan data historis dan analisis tren terhadap perubahan suhu dan kelembapan muatan. Padahal, data historis sangat penting untuk mendeteksi pola peningkatan suhu secara bertahap sebelum mencapai level berbahaya. Selain itu, sistem manual tidak dilengkapi fitur peringatan dini (*early warning system*) sehingga awak kapal tidak dapat segera mengetahui apabila terjadi anomali atau kondisi berbahaya dalam ruang muat. Hal ini dapat memperbesar risiko munculnya kejadian seperti kondensasi, *cargo sweating*, atau kenaikan suhu spontan yang membahayakan.

Permasalahan lainnya adalah keterbatasan akses ke ruang muat selama kondisi tertentu seperti cuaca ekstrem, gelombang tinggi, atau ketika ruang muat dalam keadaan berbahaya untuk dimasuki. Hal ini membuat perangkat monitoring manual menjadi kurang efektif, karena awak kapal tidak dapat melakukan pengecekan sewaktu-waktu. Di sisi lain, hingga saat ini belum terdapat sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang secara khusus untuk operasional kapal bulk carrier, sehingga proses monitoring masih dilakukan dengan metode konvensional yang kurang adaptif terhadap kebutuhan operasional kapal modern.

Seiring berkembangnya teknologi maritim dan digitalisasi, IoT menjadi solusi potensial untuk mengatasi seluruh permasalahan tersebut. IoT memungkinkan integrasi sensor suhu dan kelembapan yang dapat bekerja secara otomatis, mengirimkan data secara *real-time*, menyimpan data historis, dan memberikan notifikasi apabila terjadi perubahan kondisi yang membahayakan. Penggunaan sistem sensor berbasis IoT akan meningkatkan akurasi pengawasan, mempercepat pengambilan keputusan, serta meminimalkan risiko kerusakan muatan dan kecelakaan kapal.

Dengan melihat berbagai permasalahan yang telah diuraikan mulai dari monitoring manual yang tidak *real-time*, keterbatasan frekuensi pengecekan, potensi *human error*, tidak adanya data historis, tidak adanya sistem peringatan dini, keterbatasan akses saat kondisi ekstrem, hingga belum tersedianya sistem IoT yang spesifik untuk bulk carrier maka diperlukan suatu inovasi berupa rancang bangun sistem sensor berbasis *Internet of Things*. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas monitoring suhu dan kelembapan muatan, mendukung keselamatan pelayaran, serta meningkatkan efisiensi operasional kapal bulk carrier secara keseluruhan.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti mencoba mengangkat masalah tersebut dalam penelitian yang berjudul

**“RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MONITORING SUHU DAN
KELEMBAPAN MUATAN PADA KAPAL BULK CARRIER”**

C. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Sistem manual tidak dilengkapi fitur peringatan dini (*early warning system*) sehingga awak kapal tidak dapat segera mengetahui apabila terjadi anomali atau kondisi berbahaya dalam ruang muat.
2. Frekuensi pengecekan suhu dan kelembapan sangat terbatas, menyebabkan perubahan kondisi muatan sering terlambat terdeteksi.
3. Potensi human error sangat tinggi dalam proses pencatatan dan pembacaan data secara manual di ruang muat.
4. Monitoring suhu dan kelembapan muatan yang dilakukan secara manual oleh kru kapal belum mampu memberikan pengawasan yang optimal dan berkelanjutan selama pelayaran.
5. Merancang dan membangun sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan muatan secara real-time pada kapal bulk carrier.

D. BATASAN MASALAH

Agar penelitian lebih terarah, batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Monitoring suhu dan kelembapan muatan yang dilakukan secara manual oleh kru kapal belum mampu memberikan pengawasan yang optimal dan berkelanjutan selama pelayaran
2. Merancang dan membangun sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan muatan secara real-time pada kapal bulk carrier

E. RUMUSAN MASALAH

1. Mengapa monitoring suhu dan kelembapan muatan yang dilakukan secara manual oleh kru kapal belum mampu memberikan pengawasan yang optimal dan berkelanjutan selama pelayaran?
2. Bagaimana merancang dan membangun sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan muatan secara real-time pada kapal bulk carrier?

F. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan Penelitian

1. Meningkatkan efektivitas proses monitoring muatan dengan mengurangi ketergantungan pada metode manual yang memiliki keterbatasan frekuensi pengecekan, potensi human error, serta kesulitan akses ruang muat.

2. Merancang dan membangun sistem sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan monitoring suhu dan kelembapan muatan secara real-time pada kapal bulk carrier

Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoretis

- a. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi maritim dan penerapan *Internet of Things* (IoT) pada sistem monitoring muatan kapal.
- b. Menambah literatur akademik mengenai peningkatan keselamatan dan efektivitas pengawasan muatan batu bara yang memiliki potensi bahaya seperti *self-heating* dan gas berbahaya.
- c. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengkaji integrasi teknologi IoT pada sistem keselamatan kapal atau monitoring muatan.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi perwira dan kru kapal: memberikan solusi monitoring suhu dan kelembapan yang lebih cepat, akurat, dan dapat dilakukan secara kontinu sehingga mengurangi risiko human error dalam pengecekan manual.
- b. Bagi perusahaan pelayaran / operator bulk carrier: membantu meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan muatan melalui sistem pemantauan real-time yang dapat mendeteksi potensi bahaya lebih awal.
- c. Bagi keselamatan kapal dan muatan: memberikan sistem peringatan dini (*early warning system*) sehingga perubahan suhu atau kelembapan yang berpotensi memicu *self-heating*, oksidasi, atau pembentukan gas dapat segera ditindaklanjuti.
- d. Bagi dunia pendidikan dan peneliti: menjadi contoh penerapan teknologi modern di sektor maritim dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk inovasi monitoring muatan pada jenis kapal lain.
- e. Bagi penulis sendiri: memberikan pengalaman langsung dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem IoT yang bermanfaat untuk proyeksi karier di bidang nautika dan teknologi kapal.

G. METODE PENELITIAN

Pendekatan masalah penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk:

1. Mengembangkan sebuah produk,
2. Menguji kelayakan produk, dan
3. Menilai efektivitas produk yang dikembangkan.

Produk yang dikembangkan pada penelitian ini adalah:

Sistem IoT untuk monitoring suhu dan kelembapan muatan batu bara secara real time yang dapat diakses melalui *smartphone*.

Prosedur Pengembangan

1. Potensi dan Masalah

Peneliti mengidentifikasi masalah di kapal, yaitu:

- a. Monitoring suhu & kelembapan dilakukan manual
- b. Potensi human error
- c. Tidak ada sistem peringatan dini
- d. Tidak ada monitoring real-time

Informasi diperoleh melalui observasi awal dan wawancara dengan perwira kapal.

2. Pengumpulan Data (Need Analysis)

Peneliti mengumpulkan informasi berupa:

- a. Standar monitoring muatan batu bara (IMSBC Code)
- b. Prosedur kapal dalam mengecek suhu palka
- c. Kebutuhan kru terhadap sistem monitoring yang cepat dan akurat
- d. Spesifikasi sensor IoT yang cocok di lingkungan palka
- e. Kendala teknis di kapal (sinyal, akses palka, penempatan sensor)

3. Desain Produk

Pada tahap ini peneliti merancang desain sistem IoT yang meliputi:

- a. Sensor suhu & kelembapan (misalnya SHT31/DHT22)
- b. Mikrokontroler IoT (ESP32/NodeMCU)
- c. Protokol pengiriman data (Wi-Fi, MQTT, atau HTTP)
- d. Dashboard monitoring (web/app smartphone)
- e. Diagram alir sistem (flowchart)
- f. Skema wiring sensor dan mikrokontroler
- g. Perancangan fitur peringatan dini (alert)

Output tahap ini adalah sistem IoT.

Menyetujui,

Jakarta, 2 Februari 2016

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Penulis



Capt. IRFAN FAOZUN, MM
NIP. 19730908 200812 1 001



TRISTANTI, S.S., M. Pd
NIP. 19720424 200212 2 007



ARSIL DWI ARNANDA
NRP. 365221323

Mengetahui
Ketua Jurusan Nautika



Dr. MEILINASARI NURHASANAH HUTAGAOL, S.Si., M.M.Tr.
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19810503 200212 2 001

Lampiran 2 Lembar Bimbingan



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



PEMBIMBING I : Capt. Irfan Faozun, MM

MATERI PEMBIMBING : RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS INTERNET OF THINGS
GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MONITORING JUHU DAN
KELOMBAHAN MUATAN PADA KAPAL BULK CARRIER

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	17/11-25	Judul dan Sinopsis	J
2	2/12-26	Bab 1 Lanjutan bab 2	J
3	9/12-26	Bab 2, perbaikan sedikit Lanjutan bab 3	J
4	2/1-26	Bab 3, referensi jangan tertalu lama.	J.
5	6/3-26	Lanjutan bab 4	J
6	23/4-26	Bab 4, selesai lanjut Bab 5	J.
7	4/5-26	Bab 5, selesai, lengkapi 2g Daftar pustaka, Lampiran 3	J
8	25/5-26	Skripsi siap diujikan	J
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



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



PEMBIMBING II : Trisanti, S.Pd., M.Pd

MATERI PEMBIMBING : RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS INTERNET OF THINGS
GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MONITORING SUHU DAN
KELEMBAPAN MUATAN PADA KAPAL BULK CARRIER

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	2/2	Sinopsis	✓
2	2/2	Bab I	✓
3	19/2	Revisi bab II	✓
4	24/2	Bab II, lanjut bab III	✓
5	10/3	Bab III, di perbaiki	✓
6	11/3	Bab III etc	✓
7	5/5	Bab IV	✓
8	8/5	Bab V	✓
9	11/5	Ace Digital	✓
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



Nr 13/5/26

Perpustakaan STIP Jakarta

RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS INTERNET OF THINGS GUNA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS MONITORING...

📅 Senin

Document Details

Submission ID
trn:old::3618:138788037

Submission Date
May 13, 2026, 3:03 PM GMT+7

Download Date
May 13, 2026, 3:12 PM GMT+7

File Name
RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR BERBASIS INTERNET OF THINGS GUNA MENINGKATKAN EF....docx

File Size
860.5 KB

66 Pages

14,332 Words

95,640 Characters



20% Overall Similarity

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

Filtered from the Report

- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 8 words)

Top Sources

- 10%  Internet sources
- 8%  Publications
- 16%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

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

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

Lampiran 4 Ship's Particular MV. Lumoso Sayang

KM. LUMOSO SAYANG SHIP'S PARTICULAR		External	
TYPE OF VESSEL	: BULK CARRIER		
FLAG	: INDONESIA		
BUILT	: NOVEMBER 2020, JAPAN		
LENGTH OVER ALL (LOA)	: 228,995 M		
LENGTH BP (LBP)	: 225,500 M		
BREADTH	: 32,260 M		
DEPTH MOULDED	: 19,980 M		
DRAFT SUMMER	: 14,506 M		
MAXIMUM HEIGHT FROM KEEL	: 47,27 M		
SUMMER TPC	: 72,0 TONS		
DEAD WEIGHT SUMMER	: 82.133 TONS		
GROSS / NET TONNAGE	: 43.361 / 27.970 TONS		
CALL SIGN	: YDEH2		
IMO NUMBER	: 9875240		
CLASS	: NKK		
ENGINES/CRANES/GRABS DESCRIPTION :			
MAIN ENGINE	: 9120 KW x 1 UNIT		
AUX. ENGINE	: 620 KW x 3 UNITS		
LOAD LINE:			
	FREE BOARD (MM)	DRAFT (M)	DEAD WEIGHT (MT)
TROPICAL FRESH WATER	4891	15,142	84.217
FRESH WATER	5193	14,840	82.132
TROPICAL	5225	14,808	84.269
SUMMER	5527	14,506	82.133
WINTER	5829	14,204	79.997
CAPACITY:			
	GRAIN (CBM)	BALE (CBM)	HATCHES SIZE (M)
HOLD NO. 1	13.059	-	15.20 x 15.00
HOLD NO.2	15.322	-	17.10 x 15.00
HOLD NO.3	13.847	-	17.10 x 15.00
HOLD NO.4	13.162	-	17.10 x 15.00
HOLD NO.5	13.846	-	17.10 x 15.00
HOLD NO.6	15.378	-	17.10 x 15.00
HOLD NO.7	13.096	-	17.10 x 15.00
TOTAL	97.710	-	
WATER BALLAST TANK (CBM / MT) : 37,250/ 36,344.6		DIESEL OIL TANK (CBM / MT) : 241.9/ 205	
FRESH WATER TANK (CBM / MT) : 322,80		LUB OIL TANK (CBM / MT) : 109.2/ 96	
FUEL OIL TANK (CBM / MT) : 1,901.5/ 1,737		OTHER TANK (CBM) : 86,00	
		HEAD OWNER: PT. LUMOSO PRATAMA LINE GEDUNG TANTO 8th Floor JL. Yos Sudarso no 36 Kebon bawang ,Tanjung priok jakarta utara 14320 Telp: 62-21-80678009 Email: chartering@lumososhopping.com	
"ALL DETAILS ABOUT AND WITHOUT GUARANTEE"			
Master of MV. Lumoso Sayang  Capt. Abraham Dirk Manuputty		Endorsed by,  Capt. Mangantar Simatupang	

Lampiran 5 Crew List

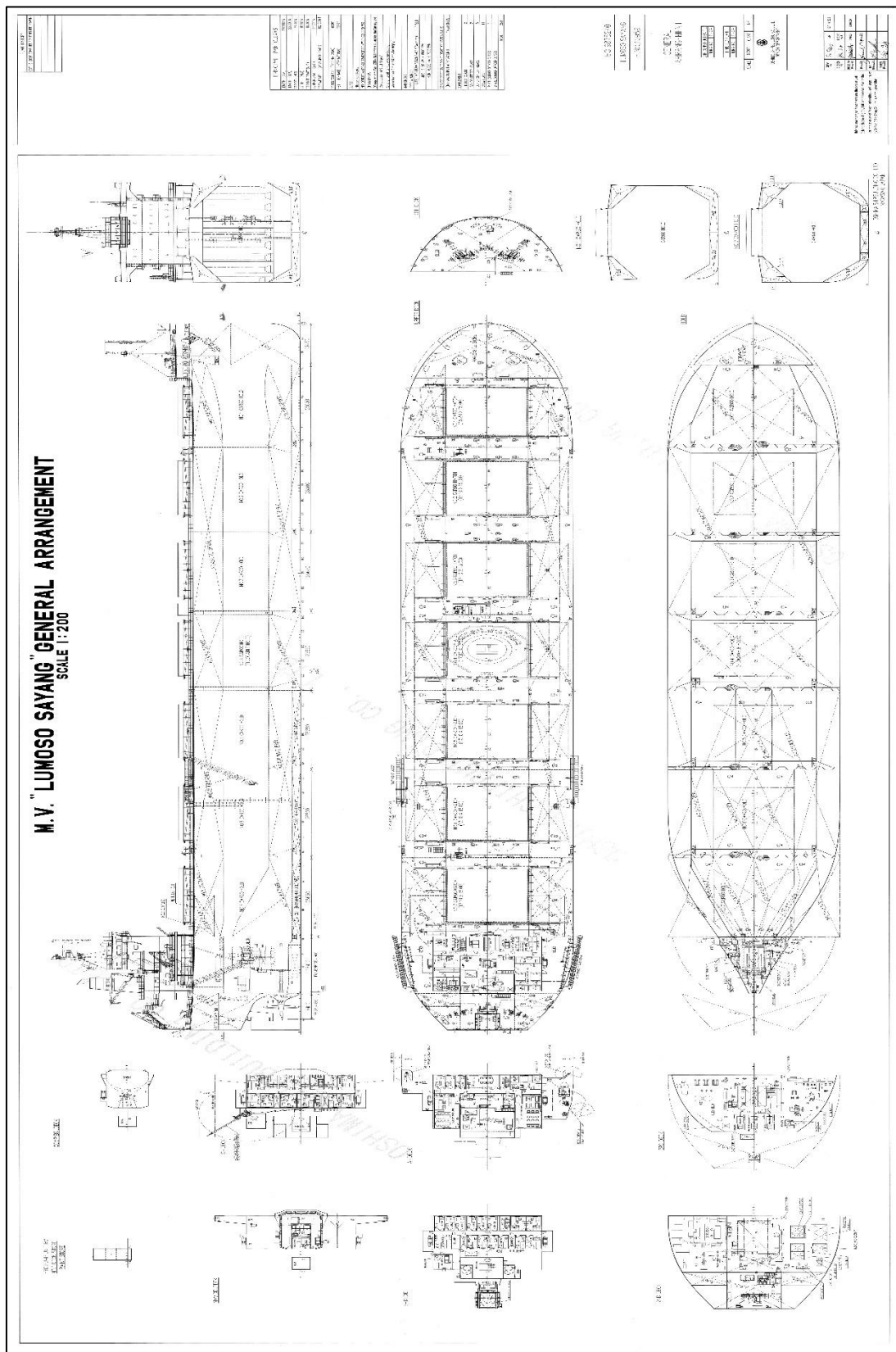
 (Name of shipping line, agent, etc.) PT. LUMOSO PRATAMA LINE,		☒ Arrival	☐ Departure	Page No. 1		
1.Name of ship: MV.LUMOSO SAYANG / YDEH2		2.Port of Arrival TANJUNG BARA		3.Date Of Arrival : 28/11/2024		
4.Nationality of ship: INDONESIA		5. Previous Port of Call : TG. JATI		6.Nature and No. of identity document		
7.No.8.Family name, given names	9.Rank or rating	10.Sex	11.Nationality	12.Date of birth	S.B	Expire Date
1 ABRAHAM DIRK MANUPUTTY	MASTER	M	INDONESIA	20-Sep-62	G 043357	23-Feb-26
2 ADI SUMARSONO	C/O	M	INDONESIA	07-Oct-66	F 177219	01-Oct-25
3 ANTONI	2/O	M	INDONESIA	10-Apr-79	H 004135	19-May-27
4 RIAN MULYANA	3/O	M	INDONESIA	02-Dec-96	J 067272	03-Jul-27
5 SUNARTO	C/E	M	INDONESIA	04-May-61	I 055154	31-May-26
6 ARI YUNYANTO	2/E	M	INDONESIA	12-Jul-90	F 219607	19-Feb-26
7 DANIEL PHARRANULLOH	3/E	M	INDONESIA	29-Jan-90	I 000089	14-Nov-25
8 ARDI DANU TIRTA	4/E	M	INDONESIA	30-Mar-96	H 056544	06-Sep-25
9 RINO ADITIYA PAMUNGKAS	ELECT	M	INDONESIA	16-Nov-00	G 015519	21-Jul-25
10 ADI SARONO	BOATSWAIN	M	INDONESIA	17-Dec-73	G 125838	11-Jan-25
11 DENNIS EKA ARIF RAHMAN	A/B 1	M	INDONESIA	17-Apr-97	H 069170	26-Oct-25
12 ACH HUDHORI IKBAL	A/B 2	M	INDONESIA	25-Mar-96	I 089227	31-Aug-26
13 DONI SAPUTRA	A/B 3	M	INDONESIA	17-Oct-86	F 180255	22-Nov-25
14 RADITYA FANDI SETIAWAN	O/S 1	M	INDONESIA	05-Oct-98	G 094883	03-Nov-26
15 EKO SUWENDI	O/S 2	M	INDONESIA	30-Apr-94	G 022436	02-Feb-26
16 EDY WALUYO	FITTER	M	INDONESIA	29-May-68	I 067175	18-Jul-26
17 MUHIDI	OILER 1	M	INDONESIA	14-Apr-73	F 251615	18-Jul-26
18 KASAN MUGENI	OILER 2	M	INDONESIA	20-Aug-78	G 086054	09-Jul-26
19 KELVIN DWIYANTO	OILER 3	M	INDONESIA	30-Jul-00	G 056328	15-Feb-26
20 AKMAL SANI MAULANA	C/ COOK	M	INDONESIA	05-Nov-05	G 115094	21-Sep-26
21 WINRI PARAPAT	MM	M	INDONESIA	09-Jan-98	I 004000	27-Jan-26
22 ARSIL DWI ARNANDA	DECK/CDT	M	INDONESIA	04-Jul-03	J 061937	02-Jul-27
23 AQMAL WAHYU BERLIAN	ENGINE/CDT	M	INDONESIA	19-Jul-03	I 079667	25-Jul-26
1969 IMO FAL From 5	TOTAL CREW 23 INCLUDE MASTER					

13.Date and signature by master, authorized agent or officer



CAPT. ABRAHAM DIRK MANUPUTTY
MASTER OF MV LUMOSO SAYANG

Lampiran 6 General Arrangement



 LUMOSO Ship Management	PT. LUMOSO PRATAMALINE SHIP FORMS MANUAL FORM NUMBER - DRY 011	PRE STOWAGE PLAN														
DOCUMENT NUMBER : SM4 SECTION/REVISION NUMBER : 0.0 PAGE NUMBER : 1 of 1 Voy : 104 L Date : 15.01.2025 Total Loading : 77,000.0 MT																
 Vessel : LUMOSO SAYANG Load Port : TG. BARA Cargo : Steam Coal in Bulk Disch Port : TG JATI Hold 100 % <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>NO.7 HOLD</th> <th>NO.6 HOLD</th> <th>NO.5 HOLD</th> <th>NO.4 HOLD</th> <th>NO.3 HOLD</th> <th>NO.2 HOLD</th> <th>NO.1 HOLD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> 11188 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,000 mt 98% </td> <td style="text-align: center;"> 13137 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 12,700 mt 97% </td> <td style="text-align: center;"> 11829 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,200 mt 95% </td> <td style="text-align: center;"> 11244 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 9,500 mt 84% </td> <td style="text-align: center;"> 11829 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 10,400 mt 88% </td> <td style="text-align: center;"> 13090 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,900 mt 91% </td> <td style="text-align: center;"> 11156 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 10,300 mt 92% </td> </tr> </tbody> </table> 			NO.7 HOLD	NO.6 HOLD	NO.5 HOLD	NO.4 HOLD	NO.3 HOLD	NO.2 HOLD	NO.1 HOLD	11188 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,000 mt 98%	13137 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 12,700 mt 97%	11829 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,200 mt 95%	11244 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 9,500 mt 84%	11829 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 10,400 mt 88%	13090 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,900 mt 91%	11156 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 10,300 mt 92%
NO.7 HOLD	NO.6 HOLD	NO.5 HOLD	NO.4 HOLD	NO.3 HOLD	NO.2 HOLD	NO.1 HOLD										
11188 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,000 mt 98%	13137 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 12,700 mt 97%	11829 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,200 mt 95%	11244 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 9,500 mt 84%	11829 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 10,400 mt 88%	13090 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 11,900 mt 91%	11156 MT TG. BARA -TG JATI 42.0 SF 10,300 mt 92%										
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;"> TG. BARA DEPT FWD : 13.91 Mtr DRAFT MD : 14.00 Mtr AFT : 14.09 Mtr TRIM : 0.18 </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> Density : 1.020 t/m3 </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> TG. JATI FWD : 13.94 Mtr MEAN : 14.02 Mtr AFT : 14.11 Mtr TRIM : 0.17 Mtr Acknowledge by: </td> </tr> </table>			TG. BARA DEPT FWD : 13.91 Mtr DRAFT MD : 14.00 Mtr AFT : 14.09 Mtr TRIM : 0.18	Density : 1.020 t/m3	TG. JATI FWD : 13.94 Mtr MEAN : 14.02 Mtr AFT : 14.11 Mtr TRIM : 0.17 Mtr Acknowledge by:											
TG. BARA DEPT FWD : 13.91 Mtr DRAFT MD : 14.00 Mtr AFT : 14.09 Mtr TRIM : 0.18	Density : 1.020 t/m3	TG. JATI FWD : 13.94 Mtr MEAN : 14.02 Mtr AFT : 14.11 Mtr TRIM : 0.17 Mtr Acknowledge by:														
Prepared by: ADI SUMARSONO Chief Officer ARR DRAFT																

Lampiran 8 Nota Dinas Permohonan Validator 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) 85991616 (Hunting)

FAX : (021) 44834345

Email : webmaster@stipjakarta.ac.id

Home Page : <http://www.stipjakarta.ac.id>

NOTA DINAS

Nomor : 159 /JURNAU/IV/2026

Kepada Yth : Dr. Capt. Ramadhan Hasri Harahap, M. M.
Dari : Ketua Jurusan Nautika
Hal : Permohonan untuk menjadi validator
Tanggal : 20 April 2026

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

Nama : Arsil Dwi Arnanda

Kelas : N8A

NRP : 365221323

Judul : Rancang Bangun Sistem Sensor Berbasis Internet Of Things Guna Meningkatkan Efektivitas Monitoring Suhu Dan Kelembapan Muatan Pada Kapal Bulk Carrier.

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 9 Hasil Validator Ahli 1

Lembar Uji Validasi Sistem Monitoring Suhu an Kelembapan Berbasis ESP32

Tujuan : Memantau kondisi suhu dan kelembapan muatan batubara di ruang palka secara real-time, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada awak kapal melalui indikator visual dan suara apabila terjadi peningkatan suhu atau kelembapan yang berpotensi menimbulkan self-heating, serta memastikan keamanan muatan dan kelancaran operasional pelayaran.

Nama : Dr. Capt. Ramadhan Hari Harohop, N.M.

Keahlian :

NO.	ASPEK	INDIKATOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Desain Alat					✓
2	Fungsi Setiap Komponen					✓
3	Efektivitas Setiap Komponen					✓
4	Konsistensi Alat					✓
5	Keamanan Alat				✓	

Komentar dan Saran :

Sudah baik hanya untuk instalasi alat di lokasi perlu diperkuatkan utk segi keamanan alat.

Keterangan:

1 : Tidak Sesuai

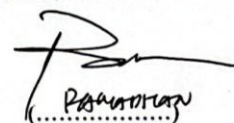
2 : Kurang Sesuai

3 : Cukup Sesuai

4 : Sesuai

5 : Sangat Sesuai

Jakarta, 22-04-2026.


(.....)

Lampiran 10 Pengujian Alat Oleh 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)

FAX : (021) 44834345

Email : webmaster@stipjakarta.ac.id

Home Page : <http://www.stipjakarta.ac.id>

NOTA DINAS

Nomor : 160 /JURNAU/IV/2026

Kepada Yth : Aditya Rinaldi S.Si.,M.Si
Dari : Ketua Jurusan Nautika
Hal : Permohonan untuk menjadi validator
Tanggal : 20 April 2026

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

Nama : Arsil Dwi Amanda

Kelas : N8A

NRP : 365221323

Judul : Rancang Bangun Sistem Sensor Berbasis Internet Of Things Guna Meningkatkan Efektivitas Monitoring Suhu Dan Kelembapan Muatan Pada Kapal Bulk Carrier.

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 12 Hasil Validator Ahli 2

Lembar Uji Validasi Sistem Monitoring Suhu an Kelembapan Berbasis ESP32

Tujuan : Memantau kondisi suhu dan kelembapan muatan batubara di ruang palka secara real-time, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada awak kapal melalui indikator visual dan suara apabila terjadi peningkatan suhu atau kelembapan yang berpotensi menimbulkan self-heating, serta memastikan keamanan muatan dan kelancaran operasional pelayaran.

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

Keahlian :

NO.	ASPEK	INDIKATOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Desain Alat				✓	
2	Fungsi Setiap Komponen					✓
3	Efektivitas Setiap Komponen				✓	
4	Konsistensi Alat				✓	
5	Keamanan Alat					✓

Komentar dan Saran :

Stop Hidden log data di web dashboard.

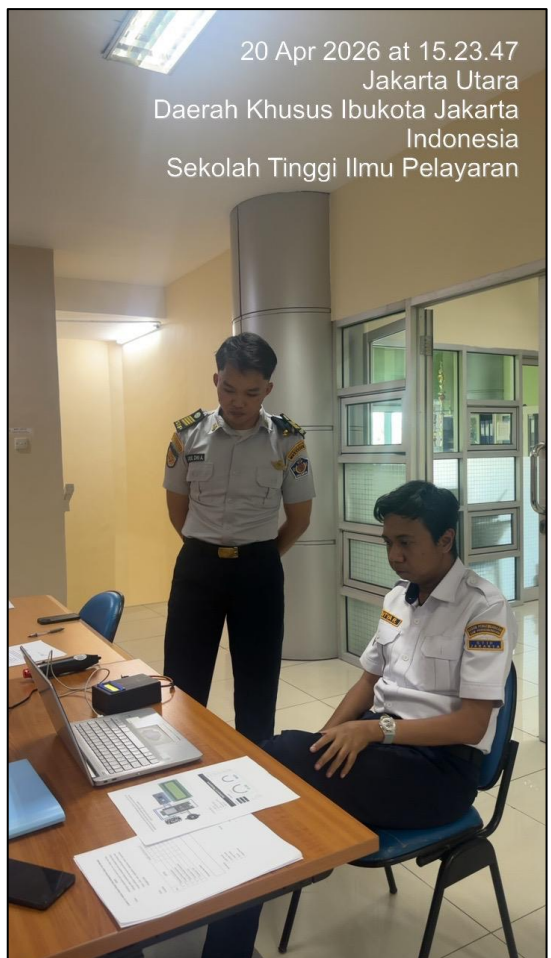
Keterangan:

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

Jakarta, 20 April 2026

(Aditya Pinaldi)

Lampiran 13 Pengujian Alat Oleh Ahli 1



Lampiran 14 Hasil Validasi Pengguna

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Timestamp	Nama Lengkap	Perusahaan	Jabatan	Desain Alat	Fungsi Setiap Komponen	Efektifitas Setiap Komponen	Konsistensi Alat	Keamanan Produk
1	4/23/2026 13:07:49	Erlan Defvanka Bahari	Xiehai Shipping Pte Ltd	Cadet	4	5	5	5
2	4/23/2026 13:11:13	Prilian Eri Grani	PT. Pertamina Internatioi	Deck Cadet	5	4	4	5
3	4/23/2026 13:12:35	MUHAMMAD SATRIA MAHMM Ocean Service Co.	Deck Cadet	5	5	5	4	4
4	4/23/2026 13:14:16	FRANKLIN ANTONIO TAK PT.BJM GLOBAL	CADET	4	5	4	5	4
5	4/23/2026 13:14:22	Harito Jese Heinrich MatorHMM Co. LTD	Deck Cadet	4	5	4	5	4
6	4/23/2026 13:15:48	RAZZAQ HIDAYATULLAH Lumoso	Cadet	4	4	5	5	5
7	4/23/2026 13:18:25	DHEVANNI RAMDANA WPT. Andhika Lines	Deck Cadet	4	4	5	4	5
8	4/23/2026 13:22:06	Sandi Yudha Mahadika Pr PT. Sumber Bumi Globai	Cadet	5	4	5	5	4
9	4/23/2026 13:25:45	Michael Al Fernando Tami PT SOLUSI PELAYARA	CADET DECK	5	4	5	5	4
10	4/23/2026 13:27:20	Bayu Fajar Purwanto POSSM	Cadet	4	4	4	5	5
11	4/23/2026 13:28:14	ROYAL AIENINSUDARMA HYUNDAI GLOVIS	apprentice officer	4	5	5	5	4
12	4/23/2026 13:28:14	HAFIS AULIA PT. ANDHIKA LINES	CADET	4	4	4	5	5
13	4/23/2026 13:32:19	Muhamad Hafidz HOEGH EVI	Cadet	4	4	5	5	5
14	4/23/2026 13:39:09	ADIN SUPYADIN Pt. SPN	Deck Cadet	4	5	5	5	5
15	4/23/2026 13:44:38	M.AL-BAKIR PT. KSM INDONESIA	CADET	4	5	4	5	4
16	4/23/2026 14:01:14	Jashmine ramadhan walid KSM INDONESIA	cadet	5	5	4	4	4
17	4/23/2026 14:05:01	TEGAR BINTANG SAMIJ PT. ANDHIKA LINES	DECK CADET	5	4	4	5	5

