

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DINI DISLOKASI
RODA *HATCH COVER* GUNA MENINGKATKAN
EFISIENSI BONGKAR MUAT DI KAPAL MV. BULK
BATAVIA**

Oleh :

TEGAR BINTANG SAMUDRA
NRP. 365221379

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

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

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN



**PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DINI DISLOKASI
RODA *HATCH COVER* GUNA MENINGKATKAN
EFISIENSI BONGKAR MUAT DI KAPAL MV. BULK
BATAVIA**

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

Oleh :

**TEGAR BINTANG SAMUDRA
NRP. 365221379**

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

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



HALAMAN PERNYATAAN ORSINILITAS

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

Nama	: Tegar Bintang Samudra
NRP	: 365221379
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: Perancangan Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda Hatch Cover Guna Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat di Kapal MV. Bulk Batavia

Jakarta, 26 Mei 2026

Penulis



TEGAR BINTANG SAMUDRA

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	: Tegar Bintang Samudra
NRP	: 365221379
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: Perancangan Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda <i>Hatch Cover</i> Guna Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat di Kapal MV. Bulk Batavia

Jakarta, 26 Mei 2026

Pembimbing Utama

Capt. Saidal Siburián, MM

Pembina Tk. I (IV/a)

NIP. 19630509 199809 1 002

Pembimbing Pendamping

Achmad Bashori, S.Si., MT

Pembina (IV/a)

NIP. 19770201 200604 1 019

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 SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	: Tegar Bintang Samudra
NRP	: 365221379
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Nautika
Judul	: Perancangan Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda <i>Hatch Cover</i> Guna Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat di Kapal MV. Bulk Batavia

Ketua Penguji

Dr. Capt. Jaja Suparman, MM
Pembina Tk. I (IV/b)
NIP. 19670811 199903 1 001

Anggota Penguji

H. Kamarul Hidayat, S. Pel., M.M. Tr
Pembina (IV/a)
NIP. 19710919 199803 1 001

Jakarta, 12 Juni 2026
Anggota Penguji

Capt. Saidal Siburian, MM
Pembina Tk. I (IV/a)
NIP. 19630509 199809 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah S.W.T. atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis diberikan kemampuan dan kekuatan untuk menyelesaikan skripsi ini tepat dalam waktu yang telah ditentukan. Skripsi ini berjudul:

PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DINI DISLOKASI RODA *HATCH COVER* GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI BONGKAR MUAT DI KAPAL MV. BULK BATAVIA

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Terapan Pelayaran di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem pendeteksian dislokasi roda *hatch cover* secara dini menggunakan teknologi sensor ultrasonik berbasis *Internet of Things* (IoT), guna mendukung kelancaran dan efisiensi proses bongkar muat, sebagaimana permasalahan yang penulis temukan secara langsung selama menjalani praktik laut di kapal MV. Bulk Batavia.

Penulis memahami bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak dapat dilepaskan dari peran serta dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar., selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia, atas kepemimpinan dan dukungan kelembagaan yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
2. Ibu Capt. Suhartini, S.SiT., M. M.Tr selaku Ketua Jurusan Nautika, atas bimbingan dan arahan akademik yang mendukung kelancaran studi penulis.
3. Bapak Capt. Saidal Siburian, MM selaku dosen pembimbing utama, yang senantiasa meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan, masukan yang konstruktif, serta arahan yang sangat berarti sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Achmad Bashori, S.Si., MT selaku dosen pembimbing pendamping, yang turut memberikan arahan, koreksi, dan masukan berharga sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan lebih baik.

5. Seluruh Dosen, Staf Pengajar, Perwira, dan Instruktur Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta, atas dedikasi dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama masa pendidikan.
6. Direksi PT. Andhika Lines, serta segenap awak kapal MV. Bulk Batavia, yang telah memberikan kesempatan berharga kepada penulis untuk memperoleh pengalaman nyata di lapangan, termasuk dalam memahami permasalahan teknis yang menjadi latar belakang penelitian ini.
7. Kedua orang tua penulis yang amat dicintai, atas cinta dan kasih sayang yang tak terhingga, didikan yang penuh ketulusan, serta doa, motivasi, dan dukungan materi yang tiada henti diberikan selama penulis menjalani pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.
8. Seluruh Taruna/i Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia, khususnya rekan-rekan Angkatan 65, kelas N8A, dan penghuni kamar F-107, yang selalu hadir memberikan semangat, keceriaan, serta kritik dan saran yang membangun dalam menemani perjalanan penulis selama masa studi.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam mendukung kelancaran pelaksanaan praktik laut maupun penyelesaian studi penulis di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Indonesia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata, baik secara ilmiah maupun praktis, khususnya dalam bidang teknologi pemantauan kondisi peralatan kapal, keselamatan operasional, serta peningkatan efisiensi bongkar muat di atas kapal *bulk carrier*.

Jakarta, 17 Mei 2026

Penulis,



TEGAR BINTANG SAMUDRA

NRP. 365221379

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN ORSINILITAS	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 DAN SIMBOL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
ABSTRAK.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. RUMUSAN MASALAH.....	3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN.....	3
D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
A. KAJIAN TEORI	6
B. PENELITIAN TERDAHULU.....	19
C. KERANGKA PEMIKIRAN.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN.....	25
B. SUMBER DATA.....	28
C. PROSEDUR PENELITIAN	30
D. UJI COBA PRODUK	32
E. DESAIN UJI COBA.....	32
F. SUBJEK UJI COBA.....	33
G. JENIS DATA.....	34
H. METODE DAN INSTRUMEN PENGUMPULAN DATA	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
A. HASIL PENELITIAN	38
B. PENYAJIAN DATA UJI COBA	54
C. HASIL ANALISIS DATA	61
D. HASIL PRODUK	69
E. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	79
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Logo Aplikasi Blynk.....	13
Gambar 2. 2 LCD 12C 16x2.....	14
Gambar 2. 3 Sensor ultrasonik HC-SR04.....	15
Gambar 2. 4 Mikrokontroler ESP32.....	16
Gambar 2. 5 <i>Buzzer</i>	17
Gambar 2. 6 Lampu LED (<i>Light Emitting Diode</i>).....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alur Prosedur Penelitian	30
Gambar 3. 2 <i>Wiring</i> Diagram Alat.....	31
Gambar 4. 1 Alat Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda <i>Hatch Cover</i>	39
Gambar 4. 2 Mikrokontroler ESP32	40
Gambar 4. 3 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	43
Gambar 4. 4 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) 16x2	45
Gambar 4. 5 <i>Buzzer</i>	47
Gambar 4. 6 Perangkat Lunak Arduino IDE.....	51
Gambar 4. 7 <i>Sketch</i> Program ESP32	53
Gambar 4. 8 Pengujian Komponen (a) LED Merah (b) LED Hijau (c) Sensor HC-SR04	55
Gambar 4. 9 Pengujian (a) Roda lurus di rel (b) Roda bergeser (c) Roda keluar rel (d) Roda kembali normal.....	57
Gambar 4. 10 Pengujian (a) Waktu respon 0.016 detik (b) Waktu respon 0.20 detik.....	59
Gambar 4. 11 Pengujian (a) Kondisi normal (b) Kondisi dislokasi.....	60
Gambar 4. 12 Monitoring melalui perangkat seluler.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3. 1 Keterangan Penilaian Validasi	35
Tabel 3. 2 Presentase Penilaian Validasi	36
Tabel 4. 1 Sertifikasi Mikrokontroler ESP 32.....	41
Tabel 4. 2 Sertifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	43
Tabel 4. 3 Sertifikasi <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) 16x2.....	46
Tabel 4. 4 Sertifikasi <i>Buzzer</i>	48
Tabel 4. 5 Sertifikasi <i>Light Emitting Diode</i> (LED).....	49
Tabel 4. 6 Sertifikasi Arduino IDE	52
Tabel 4. 7 Pengujian Fungsi Sistem.....	55
Tabel 4. 8 Pengujian Klasifikasi Sistem	57
Tabel 4. 9 Pengujian Waktu Respon Sistem	58
Tabel 4. 10 Pengujian Konsistensi Sistem	60
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Skor Penilaian per Aspek oleh Validator Ahli.....	65
Tabel 4. 12 Ringkasan Hasil Validasi Produk oleh Ahli	65
Tabel 4. 13 Analisis Validasi Produk oleh Pengguna.....	67

DAFTAR SINGKATAN

CE	<i>Conformité Européenne</i>
DWT	<i>Deadweight Tonnage</i>
ESP32	<i>Espressif System 32</i>
FCC	<i>Federal Communications Commission</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GND	<i>Ground</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HC-SR04	<i>HC Series – Sensor Range 04</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IJITEE	<i>International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering</i>
ILLC	<i>International Load Line Convention</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISM Code	<i>International Safety Management Code</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LGPL	<i>GNU Lesser General Public License</i>
MEMS	<i>Micro-Electro-Mechanical Systems</i>
MV	<i>Motor Vessel</i>
PMS	<i>Planned Maintenance System</i>
PTFE	<i>Poly-Tetrafluoroethylene</i>

PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
R&D	<i>Research and Development</i>
RoHS	<i>Restriction of Hazardous Substances</i>
SCL	<i>Serial Clock</i>
SDA	<i>Serial Data</i>
SOLAS	<i>Safety of Life at Sea</i>
SOP	<i>Standar Operasional Prosedur</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
SWL	<i>Safe Working Load</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VCC	<i>Voltage Common Collector</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

A. Daftar Istilah

Istilah	Definisi
<i>Hatch Cover</i>	Penutup palka kapal yang berfungsi melindungi ruang muat dari pengaruh lingkungan luar, terutama air laut dan cuaca buruk.
Dislokasi	Kondisi terjadinya pergeseran posisi suatu komponen dari letak atau susunan yang semestinya, sehingga menyebabkan ketidaksesuaian fungsi dan keselarasan komponen.
<i>Bulk Carrier</i>	Jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut muatan curah kering (<i>dry bulk commodities</i>) seperti batubara, bijih besi, gandum, dan semen dalam jumlah besar.
Deteksi Dini	Penggunaan pemantauan proaktif untuk mengenali indikator risiko pada tahap awal, sehingga memungkinkan dilakukannya intervensi preventif sebelum kegagalan terjadi.
Sensor Ultrasonik	Perangkat yang memanfaatkan prinsip pantulan gelombang suara berfrekuensi tinggi untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek secara presisi.
IoT (<i>Internet of Things</i>)	Teknologi yang memungkinkan objek-objek fisik saling terhubung dan mengirimkan data melalui jaringan internet untuk menjalankan aktivitas secara mandiri tanpa intervensi manusia.
Mikrokontroler	Sistem komputer berukuran kecil yang terintegrasi dalam satu <i>chip</i> , dirancang untuk mengendalikan perangkat elektronik secara otomatis.
ESP32	Jenis mikrokontroler yang dilengkapi konektivitas Wi-Fi 2,4 GHz dan <i>Bluetooth</i> , digunakan sebagai pusat kendali dan pemrosesan data pada sistem deteksi dini.
HC-SR04	Sensor ultrasonik siap pakai yang bekerja pada frekuensi 40 kHz, mampu mengukur jarak antara 2 cm hingga 4 m dengan akurasi hingga ± 3 mm.
LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	Layar yang memanfaatkan teknologi kristal cair untuk menampilkan informasi berupa teks, angka, atau grafik sebagai antarmuka pengguna.

<i>Buzzer</i>	Komponen elektronik yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara sebagai indikator peringatan dini kepada operator.
<i>LED (Light Emitting Diode)</i>	Komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai sumber cahaya melalui mekanisme <i>electroluminescence</i> , digunakan sebagai indikator visual status sistem.
<i>Blynk</i>	Platform IoT berbasis aplikasi mobile (Android/iOS) yang memungkinkan pengguna memantau data sensor dan mengontrol perangkat keras dari jarak jauh secara <i>real-time</i> .
<i>Real-time</i>	Kemampuan sistem untuk memproses dan menampilkan data secara langsung tanpa keterlambatan yang signifikan pada saat pengukuran berlangsung.
<i>Trimming</i>	Proses pemerataan muatan di dalam palka kapal untuk menjaga kestabilan dan menghindari penumpukan beban pada satu titik.
<i>Downtime</i>	Waktu henti operasional kapal akibat gangguan mekanis atau kendala teknis yang menyebabkan terhentinya proses bongkar muat.
<i>Demurrage</i>	Denda yang dikenakan kepada pemilik kapal akibat keterlambatan dalam proses bongkar muat melebihi waktu yang telah disepakati dalam kontrak pelayaran.
<i>Weathertight</i>	Kondisi kedap cuaca pada <i>hatch cover</i> yang mencegah masuknya air laut atau hujan ke dalam ruang muat kapal.
<i>SOLAS</i>	<i>Safety of Life at Sea</i> , Konvensi internasional yang mengatur standar keselamatan jiwa di laut, termasuk desain, konstruksi, dan pemeliharaan <i>hatch cover</i> .
<i>ISM Code</i>	<i>International Safety Management Code</i> , kode manajemen keselamatan internasional yang mengatur penerapan sistem manajemen keselamatan oleh perusahaan pelayaran dan kapal.
<i>ILLC</i>	<i>International Load Line Convention</i> , Peraturan internasional yang menetapkan ketentuan batas muat kapal dan standar <i>weathertight</i> pada <i>hatch cover</i> .
<i>Predictive Maintenance</i>	Pendekatan pemeliharaan berbasis data yang memanfaatkan pemantauan kondisi secara <i>real-time</i> untuk memprediksi potensi kerusakan sebelum terjadi kegagalan.

<i>Research and Development (R&D)</i>	Metode penelitian yang bertujuan menghasilkan produk spesifik dan menguji efektivitasnya; menjembatani penelitian dasar dengan solusi terapan.
<i>Roller and Track System</i>	Sistem roda dan rel pada <i>hatch cover</i> yang memungkinkan pergerakan panel palka secara horizontal saat proses buka tutup palka berlangsung.
<i>Misalignment</i>	Kondisi ketidaksejajaran posisi komponen mekanis terhadap sumbu atau jalur normalnya, yang dapat memicu peningkatan keausan dan kegagalan komponen.
<i>Deadweight Tonnage</i>	<u>U</u> kuran kapasitas muat total kapal termasuk muatan, bahan bakar, dan perbekalan.
<i>Serial Data (SDA)</i>	Jalur transfer data pada protokol komunikasi I2C antara mikrokontroler dan LCD.
<i>Serial Clock (SCL)</i>	Jalur sinyal detak pada protokol komunikasi I2C antara mikrokontroler dan LCD.
<i>Inter Integrated Circuit (I2C)</i>	Protokol komunikasi dua arah antara mikrokontroler dan LCD.

B. Daftar Simbol

Simbol	Keterangan	Satuan
cm	Satuan pengukuran jarak hasil pembacaan sensor ultrasonik.	Sentimeter
m	Satuan jangkauan maksimum pengukuran sensor HC-SR04.	Meter
mm	Satuan tingkat akurasi pembacaan sensor ultrasonik.	Milimeter
kHz	Satuan frekuensi gelombang ultrasonik yang dipancarkan sensor.	Kilohertz
GHz	Satuan frekuensi koneksi Wi-Fi pada mikrokontroler ESP32.	Gigahertz
ms	Satuan waktu respon sistem deteksi dini.	Milidetik
dB	Satuan intensitas suara yang dihasilkan <i>buzzer</i> sebagai indikator peringatan.	Desibel

V	Satuan tegangan listrik yang digunakan sebagai sumber daya komponen elektronik.	Volt
±	Plus minus symbol, toleransi kesalahan pengukuran sensor ultrasonik.	-
%	Persentase, satuan untuk menyatakan nilai kelayakan produk berdasarkan skala Likert.	Persen
°C	Satuan suhu lingkungan operasional sistem.	Derajat Celsius

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kapal MV. Bulk Batavia
- Lampiran 2 *Ship Particulars*
- Lampiran 3 *Crew List*
- Lampiran 4 Pengajuan Judul Skripsi
- Lampiran 5 Pengajuan Sinopsis Skripsi
- Lampiran 6 Lembar Bimbingan Skripsi
- Lampiran 7 Hasil Turnitin
- Lampiran 8 Validasi Ahli I
- Lampiran 9 Validasi Ahli II
- Lampiran 10 Validasi Ahli III
- Lampiran 11 *Cargo Hold Coaming Structure*
- Lampiran 12 Pengujian Alat oleh Ahli I
- Lampiran 13 Pengujian Alat oleh Ahli II
- Lampiran 14 Pengujian Alat oleh Ahli III
- Lampiran 15 Pengujian Alat oleh Pengguna
- Lampiran 16 *Listing Program*
- Lampiran 17 Dislokasi pada roda *hatch cover*
- Lampiran 18 Perawatan pada *operating lever hatch cover*
- Lampiran 19 Pelumasan Roda *Hatch Cover* dengan *Grease*
- Lampiran 20 Maintenance *Hydraulic Rack* Pasca Dislokasi
- Lampiran 21 Jalur Rel Roda *Hatch Cover*
- Lampiran 22 Pemantauan pergerakan roda *hatch cover* oleh awak kapal
- Lampiran 23 Kondisi Palka Tertutup dan Terbuka dilihat dari Anjungan

ABSTRAK

Samudra, Tegar Bintang. 2026. “*Perancangan Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda Hatch Cover Guna Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat Di Kapal MV. Bulk Batavia.*”

Kegiatan bongkar muat di kapal MV. Bulk Batavia menghadapi risiko gangguan operasional akibat dislokasi roda *hatch cover* yang keluar dari jalur rel, namun belum tersedia sistem yang mampu mendeteksi potensi pergeseran tersebut secara dini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover* berbasis sensor ultrasonik yang mampu bekerja secara *real-time* guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan proses bongkar muat. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model prototipe. Permasalahan diperoleh melalui observasi langsung saat praktik laut di kapal MV. Bulk Batavia, pengujian prototipe sistem, serta validasi oleh tiga validator ahli dan dua puluh taruna berpengalaman. Produk yang dikembangkan mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler ESP32, indikator LED, *buzzer*, LCD 16×2, dan platform IoT Blynk untuk pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan posisi roda *hatch cover* dengan waktu respons 0,016–0,020 detik, bekerja secara konsisten pada kondisi normal maupun kondisi dislokasi. Validasi ahli menghasilkan persentase kelayakan sebesar 97,33%, sedangkan validasi pengguna menghasilkan persentase sebesar 94,4%, keduanya berada pada kategori sangat layak. Sistem yang dikembangkan terbukti efektif sebagai solusi deteksi dini yang proaktif, mampu memberikan peringatan sebelum dislokasi penuh terjadi, sehingga dapat meminimalkan *downtime* dan mendukung peningkatan efisiensi bongkar muat di kapal *bulk carrier*.

Kata Kunci: bongkar muat; deteksi dini; dislokasi; hatch cover; Internet of Things.

ABSTRACT

Samudra, Tegar Bintang. 2026. *“Design of an Early Detection System for Hatch Cover Wheel Dislocation to Improve Cargo Handling Efficiency on MV. Bulk Batavia.”*

Cargo handling operations aboard MV. Bulk Batavia face the risk of operational disruption caused by hatch cover wheel dislocation from the track, yet no system capable of early detection of such displacement has been available. This study aims to design and develop an ultrasonic sensor-based early detection system for hatch cover wheel dislocation that operates in real-time to enhance the efficiency and safety of cargo handling operations. The research employs the Research and Development (R&D) method using the prototype. The problem was obtained through direct observation conducted during the sea practicum aboard MV. Bulk Batavia, prototype system testing, and validation by three expert validators and twenty experienced cadets. The developed product integrates an HC-SR04 ultrasonic sensor, ESP32 microcontroller, LED indicators, buzzer, 16×2 LCD, and the Blynk IoT platform for real-time remote monitoring. Results demonstrate that the system detects hatch cover wheel position changes with a response time of 0.016–0.020 seconds, operating consistently under both normal and dislocation conditions. Expert validation yielded a feasibility percentage of 97.33%, while user validation produced 94.4%, both categorized as highly feasible. The developed system proved effective as a proactive early detection solution, capable of issuing warnings before full dislocation occurs, thereby minimizing downtime and supporting improved cargo handling efficiency on bulk carrier vessels.

Keyword: cargo handling; dislocation; early detection; hatch cover; Internet of Things.

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Transportasi laut merupakan pilar utama dalam sistem logistik global dan memainkan peranan strategis dalam distribusi komoditas curah (*dry bulk commodities*). Menurut (Farhan Hakim et al., 2026), kapal *bulk carrier* merupakan kapal yang dirancang untuk mengangkut muatan curah dalam jumlah besar melalui jalur laut sehingga menjadi bagian penting dalam sistem perdagangan internasional dan distribusi komoditas global. Peningkatan permintaan industri terhadap bahan baku global mendorong pertumbuhan signifikan jumlah armada *bulk carrier*, termasuk di kawasan Asia Tenggara. Kondisi tersebut menegaskan bahwa operasional *bulk carrier* tidak hanya merefleksikan dinamika ekonomi, tetapi juga menjadi indikator integrasi pasar global dan efisiensi rantai pasok maritim.

Meskipun memiliki kontribusi besar terhadap ekonomi global, pengoperasian *bulk carrier* menghadirkan tantangan teknis yang kompleks, terutama dalam aspek bongkar muat (*cargo handling*). Kelancaran proses bongkar muat sangat bergantung pada keandalan sistem mekanis *hatch cover*, karena gangguan pada komponen tersebut dapat menyebabkan hambatan dalam proses bongkar muat. Sihombing et al., (2023) menemukan bahwa ketidakefektifan perawatan *hatch cover* menyebabkan keterlambatan kegiatan bongkar muat, sehingga waktu sandar kapal menjadi lebih lama. Akibatnya, perusahaan pelayaran harus menanggung biaya tambahan operasional, baik berupa tenaga kerja, penggunaan fasilitas pelabuhan, maupun potensi denda keterlambatan (*demurrage*). Situasi ini menunjukkan bahwa perawatan *hatch cover* yang tidak tepat dapat berimplikasi pada kerugian finansial yang signifikan bagi pemilik kapal. Oleh karena itu, integritas struktural *hatch cover* menjadi komponen sangat krusial dalam menjamin kelancaran operasi bongkar muat.

MV. Bulk Batavia, kapal *bulk carrier* berkapasitas 76.243 DWT yang dioperasikan oleh PT. Andhika Lines, melayani rute pengangkutan intensif dari

beberapa pelabuhan muat utama di Indonesia seperti Muara Berau, Tanjung Bara, Lubuk Tutung, dan Bontang. Ukuran kapal yang besar, dengan panjang mencapai 225 meter, menuntut penerapan standar keselamatan struktural yang tinggi. *Hatch cover* pada kapal tipe ini berfungsi melindungi muatan dari air laut, hujan, kelembapan, serta kondisi cuaca ekstrim. Menurut Putra, (2023) dalam *Ship Operation Engineering Proceeding Poltekpel Surabaya*, yang menegaskan bahwa kegagalan *hatch cover* dapat mengakibatkan kerusakan muatan, penurunan stabilitas kapal, hingga potensi kecelakaan kerja.

Komponen penting dalam mekanisme *hatch cover* adalah roda dan rel (*roller and track system*), yang memastikan proses buka-tutup palka berjalan aman dan efisien. Komponen ini merupakan bagian yang paling rentan mengalami degradasi akibat beban muatan, korosi, dan kurangnya perawatan berkala. Keausan atau deformasi roda dapat memicu dislokasi yang berpotensi menghambat proses bongkar muat dan merusak struktur palka. Ketidaksejajaran rel juga dapat meningkatkan friksi mekanis sehingga memperbesar risiko kegagalan komponen.

Fenomena dislokasi roda *hatch cover* juga ditemukan secara nyata selama pelaksanaan praktik laut penulis di MV. Bulk Batavia. Insiden terjadi saat proses bongkar muat di mana roda keluar dari jalur rel dan menyebabkan hambatan pembukaan palka. Kondisi ini menimbulkan *downtime* operasional dan mengancam keselamatan awak kapal.

Kerusakan *hatch cover* di pelabuhan dapat memperburuk operasi bongkar muat. Sihombing et al., (2023) mengemukakan bahwa perawatan *hatch cover* yang tidak optimal menyebabkan keterlambatan bongkar muat dan menimbulkan biaya tambahan operasional, termasuk risiko *demurrage*.

Seiring berkembangnya teknologi, sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) mulai banyak dikembangkan untuk mendukung pemantauan kondisi peralatan secara *real-time*. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam sistem monitoring adalah sensor ultrasonik karena mampu mendeteksi perubahan jarak dan posisi dengan tingkat presisi yang baik. Menurut Pernando & Roza, (2023), penerapan sensor ultrasonik berbasis *Internet of Things* (IoT) terbukti mampu meningkatkan akurasi pemantauan kondisi secara signifikan dibandingkan metode inspeksi visual manual. Sistem berbasis sensor ini memungkinkan deteksi perubahan posisi dan jarak dengan presisi tinggi, sehingga dapat memberikan peringatan dini terhadap potensi

gangguan operasional. Temuan tersebut menegaskan bahwa teknologi IoT berbasis sensor ultrasonik memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dalam sistem monitoring kapal, termasuk pada mekanisme *hatch cover*, guna mendukung efisiensi dan keselamatan proses bongkar muat. Teknologi ini berpotensi besar untuk diterapkan pada sistem *hatch cover* guna mendeteksi potensi dislokasi roda sedini mungkin sehingga operasi kapal menjadi lebih aman dan efisien.

Kurangnya pengawasan kondisi secara *real-time*, minimnya inspeksi mekanis, dan tingginya tekanan operasional menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan teknis dan praktik lapangan. Kasus dislokasi roda *hatch cover* pada MV. Bulk Batavia menegaskan perlunya inovasi pengawasan berbasis teknologi untuk mencegah terulangnya kejadian serupa dan meningkatkan efektivitas bongkar muat.

Berdasarkan kondisi empiris serta kajian literatur tersebut, penulis menyusun penelitian berjudul:

“Perancangan Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda *Hatch Cover* Guna Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat di Kapal MV. Bulk Batavia.”

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah serta rekomendasi praktis dalam peningkatan keselamatan, keandalan sistem *hatch cover*, dan optimasi operasional kapal *bulk carrier* di Indonesia.

B. RUMUSAN MASALAH

Sejalan dengan judul yang dipilih serta upaya untuk memperlancar aktivitas buka tutup palka di kapal MV. Bulk Batavia, dibutuhkan sistem monitoring pergerakan roda terhadap rel *hatch cover* secara *real-time*. Berdasarkan latar belakang yang terlampir, maka penulis dapat merumuskan permasalahan yaitu bagaimana merancang dan membangun sistem deteksi dini berbasis sensor ultrasonik yang mampu mendeteksi terjadinya dislokasi roda *hatch cover* keluar dari rel pada kapal MV. Bulk Batavia?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN

1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover* berbasis sensor ultrasonik yang mampu bekerja secara *real-time* dan akurat dalam mendeteksi perubahan posisi roda *hatch cover*

terhadap rel palka, guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan proses bongkar muat serta meminimalkan potensi gangguan operasional dan risiko kerusakan komponen di kapal MV. Bulk Batavia. Melalui penerapan teknologi ini, awak kapal diharapkan dapat menerima peringatan instan sebelum terjadi malafungsi struktural yang fatal pada *hatch cover*. Selain itu, hasil inovasi ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam mendukung program *predictive maintenance* demi memperpanjang umur pakai komponen mekanis kapal.

2. Manfaat Penelitian

a. Secara Teoritis

- 1) Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori pengendalian dan pencegahan gangguan mekanis pada sistem *hatch cover* kapal, khususnya terkait dislokasi roda *hatch cover*.
- 2) Menawarkan model penerapan prediksi dini yang mengintegrasikan peran *human factor* dan teknologi sensor ultrasonik dalam meningkatkan keandalan operasional *hatch cover*.
- 3) Mendorong penelitian lanjutan mengenai sistem pemantauan posisi dan pergerakan *hatch cover* berbasis sensor ultrasonik secara *real-time* guna mendukung efisiensi dan keselamatan proses bongkar muat.

b. Secara Praktis

1) Bagi Penulis

Memberikan pengalaman praktis dalam menerapkan konsep teknologi sensor ultrasonik sebagai sistem deteksi dini di lingkungan operasional kapal.

2) Bagi Perusahaan Pelayaran

Menjadi bahan pertimbangan dalam penerapan sistem pemantauan kondisi *hatch cover* guna mendukung kelancaran dan efisiensi proses bongkar muat kapal.

3) Bagi Awak Kapal

Meningkatkan kompetensi awak kapal dalam pengoperasian *hatch cover* melalui pengenalan teknologi peringatan dini berbasis sensor.

4) Bagi Peneliti Selanjutnya

Menjadi dasar konseptual bagi penelitian lanjutan mengenai sistem pemantauan dan prediksi gangguan mekanis pada *hatch cover*.

5) Bagi Institusi Pendidikan

Menjadi rujukan ilmiah dalam pengembangan pembelajaran terkait penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT).

D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN

Produk yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebuah sensor jarak berbasis ultrasonik yang berperan sebagai sistem deteksi dini untuk mendeteksi dislokasi roda *hatch cover* pada kapal MV. Bulk Batavia. Sistem ini didesain untuk memantau perubahan jarak antara roda *hatch cover* dengan rel sebagai tanda awal adanya pergeseran atau kemungkinan roda keluar dari jalur rel. Adapun spesifikasi produk yang digunakan, yaitu:

1. Sensor Ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk mengukur jarak antara roda *hatch cover* dengan batas rel. Alat ini digunakan sebagai indikator awal untuk mendeteksi adanya pergeseran atau potensi dislokasi roda.
2. *Liquid Crystal Display* (LCD) berperan sebagai media tampilan yang digunakan untuk menunjukkan nilai jarak hasil pengukuran serta status kondisi sistem secara *real-time*.
3. *Buzzer* berperan sebagai komponen untuk menyampaikan sinyal suara sebagai tanda bahaya.
4. Lampu LED (*Light Emitting Diode*) berperan sebagai komponen untuk menyampaikan sinyal visual.
5. Kabel *Universal Serial Bus* (USB) berfungsi sebagai sumber daya sekaligus sebagai media untuk memprogram mikrokontroler ESP32.
6. Mikrokontroler berperan sebagai pusat kendali sekaligus pemroses data dalam sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover*.
7. Adaptor sebagai sistem catu daya utama yang menurunkan tegangan tinggi AC dari listrik kapal menjadi tegangan rendah DC (5V) yang stabil dan aman untuk mengoperasikan modul ESP32, sensor ultrasonik, serta komponen indikator secara *real-time*.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. KAJIAN TEORI

Bab ini menguraikan konsep dasar teori yang menjadi landasan utama dalam penelitian. Teori-teori yang disajikan berperan sebagai kerangka acuan untuk menganalisis latar belakang permasalahan secara terstruktur dan sistematis. Dengan dasar teori yang solid, penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan menggunakan pendekatan yang lebih terarah, sehingga menghasilkan analisis yang mendalam, tepat, dan relevan. Dengan adanya teori yang sesuai, diharapkan penelitian dapat menghasilkan analisis yang akurat serta memiliki tingkat relevansi dan keandalan yang tinggi.

1. Perancangan

Menurut Nur & Suyuti, (2018) perancangan merupakan suatu proses untuk membuat dan mendesain sistem yang baru. Sementara itu, Pratikto, (2018) menjelaskan bahwa analisis kebutuhan dan perancangan sistem dilakukan untuk menentukan kebutuhan pengguna serta membangun sistem yang sesuai dengan proses operasional yang dibutuhkan. Berdasarkan pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa perancangan merupakan tahapan penting dalam pengembangan sistem yang dilakukan secara sistematis untuk menghasilkan suatu rancangan yang sesuai dengan kebutuhan operasional dan tujuan yang ingin dicapai.

Menurut JUMINTEN, (2021) menjelaskan bahwa desain dan perancangan merupakan tahap awal yang penting dalam pengembangan produk karena berkaitan dengan fungsi, spesifikasi, dan efisiensi produk yang akan dibuat.

Berdasarkan kutipan dari tiga sumber jurnal, perancangan dapat dipahami sebagai suatu proses sistematis yang bertujuan untuk merencanakan, mendefinisikan, dan merumuskan solusi atas suatu kebutuhan atau permasalahan. Proses ini mencakup penggunaan berbagai teknik, analisis elemen, serta

spesifikasi mendetail guna menghasilkan produk atau sistem baru yang efisien dan efektif. Selain itu, perancangan bertujuan untuk merancang solusi baru berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, sehingga mampu menciptakan sistem yang lebih optimal dan selaras dengan tujuan yang diinginkan.

2. Sistem

Menurut Lim & Ridho, (2021), sistem adalah himpunan elemen yang saling terkait dan berintegrasi untuk berkolaborasi dalam mewujudkan suatu tujuan. Berdasarkan pendapat ahli diatas, sistem dapat diartikan sebagai suatu kumpulan elemen atau komponen yang saling berhubungan dan terintegrasi, baik secara fisik maupun non-fisik, yang bekerja secara selaras dan berkolaborasi untuk mencapai tujuan tertentu.

Menurut N Nestary (2020), Sistem adalah suatu kumpulan atau himpunan dari suatu unsur, komponen atau variabel yang terorganisasi, saling berinteraksi, saling mempengaruhi untuk mencapai tujuan tertentu.

Menurut Jogiyanto, (2019) Definisi sistem adalah suatu jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, berkumpul bersama-sama untuk melakukan suatu kegiatan atau menyelesaikan sesuatu sasaran yang tertentu.

Berdasarkan pendapat yang disebutkan, dapat disimpulkan bahwa sistem merupakan kumpulan elemen yang terstruktur dan saling berinteraksi guna mencapai tujuan tertentu. Dalam konteks operasional kapal, sistem melibatkan integrasi sensor dan proses untuk memantau serta mencegah kegagalan, yang pada akhirnya meningkatkan keandalan operasional secara keseluruhan.

3. Deteksi Dini

Menurut Pessoa et al., (2024), proses deteksi dilakukan untuk mengidentifikasi objek, kondisi, atau ancaman tertentu menggunakan perangkat sensor dan sistem analisis otomatis agar dapat dilakukan tindakan lebih lanjut secara cepat dan akurat.

Menurut Netinant et al., (2024) menjelaskan bahwa sistem deteksi dini bertujuan mengidentifikasi kondisi abnormal pada tahap awal melalui pengamatan kontinu agar risiko kerusakan atau kegagalan operasional dapat diminimalkan.

Dari pendapat yang telah disampaikan, dapat disimpulkan bahwa deteksi dini merupakan proses proaktif dalam mengidentifikasi anomali melalui sensor, yang bertujuan memberikan peringatan sebelum terjadi kegagalan besar. Pendekatan ini sangat penting untuk kapal karena berperan dalam meminimalkan waktu henti operasi serta risiko, dengan menitikberatkan pada penggunaan data *real-time* dan upaya pencegahan.

4. Dislokasi

Menurut Meer et al., (2025) dislokasi merupakan kondisi terjadinya pergeseran posisi suatu bagian dari letak atau susunan yang semestinya sehingga menyebabkan ketidaksesuaian fungsi dan keselarasan komponen. Dalam konteks mekanis, dislokasi dapat diartikan sebagai perubahan posisi komponen dari jalur atau titik kerja normalnya. Fenomena ini dapat disebabkan oleh beban berlebih, keausan atau kesalahan dalam pemasangan.

5. *Hatch Cover*

Hatch cover merupakan penutup palka kapal yang berfungsi sebagai pelindung ruang muat dari pengaruh lingkungan luar, khususnya air laut dan cuaca buruk. Menurut peraturan *International Load Line Convention* (ILLC), *hatch cover* harus memiliki sifat *weathertight* (kedap air) untuk mencegah masuknya air ke dalam palka, karena hal ini akan menambah draft kapal dan dapat merusak muatan kargo.

Struktur *hatch cover* terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *top plate* sebagai penutup terluar yang bersentuhan langsung dengan lingkungan eksternal, sistem sealing menggunakan *rubber gaskets* atau seals untuk menjaga kedap air, *cleats* dan *wedges* sebagai sistem pengunci, serta *drain channels* untuk mengalirkan air dari area kargo (Soner et al., 2017). Komponen-komponen ini dirancang untuk bekerja secara terintegrasi dalam menjaga integritas *weathertight* kapal.

a. Jenis-Jenis *Hatch Cover*

Berdasarkan mekanisme operasionalnya, *hatch cover* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe.

- 1) Pertama, *Lifting Hatch Cover* (*Lift-on/Lift-off* atau *Pontoon Type*) yang biasanya digunakan pada kapal kontainer dan kapal multiguna. Panel

hatch cover tipe ini diangkat secara vertikal menggunakan *crane* kapal atau *crane* pelabuhan dan dapat ditumpuk di dermaga atau di atas geladak kapal (Soner et al., 2017).

- 2) Kedua, *Rolling/Side-Rolling Hatch Cover* yang terdiri dari panel besar yang dipasang pada roda. Roda-roda ini berjalan pada rel yang dipasang di geladak kapal. Panel bergerak secara horizontal, biasanya digerakkan secara hidrolik menggunakan sistem *rack and pinion* atau rantai. Tipe ini sangat populer pada kapal *bulk carrier* karena kesederhanaan dan kemudahan pengoperasiannya (Soner et al., 2017).
- 3) Ketiga, *Folding/Hinging Hatch Cover* yang terdiri dari dua atau lebih panel yang dihubungkan dengan engsel. Sistem hidrolik menggerakkan panel ujung dari posisi tertutup, kemudian penutup terlipat dan panel kedua bergeser pada rel menuju posisi penyimpanan. Panel biasanya diamankan dalam posisi terbuka dengan perangkat pengunci semi-otomatis. Keuntungan utama dari desain ini adalah ukuran panel yang besar sehingga mengurangi jumlah panel yang diperlukan (Soner et al., 2017)
- 4) Keempat, *Sliding Hatch Cover* yang panel-panelnya bergeser secara longitudinal (sepanjang kapal) atau transversal (melintang kapal). Tipe ini memberikan akses yang efisien ke ruang kargo dan umumnya digunakan pada kapal *bulk carrier* besar (Soner et al., 2017).

6. Sistem Roda pada *Hatch Cover*

Sistem roda pada *hatch cover*, khususnya pada tipe *rolling/side-rolling*, merupakan komponen kritis yang memungkinkan pergerakan panel *hatch cover* secara horizontal. Roda-roda ini dipasang pada bagian bawah panel *hatch cover* dan berjalan pada rel (*track*) yang terpasang di geladak kapal. Sistem ini biasanya dilengkapi dengan bearing atau bantalan untuk mengurangi gesekan dan memudahkan pergerakan.

Dislokasi atau perpindahan posisi roda dari rel yang seharusnya dapat menyebabkan berbagai masalah operasional. Ketika roda terlepas dari rel atau tidak berada pada posisi yang tepat, panel *hatch cover* tidak dapat digerakkan dengan baik, bahkan dapat tersangkut atau macet. Kondisi ini tidak hanya menghambat proses bongkar muat tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan pada

komponen *hatch cover* dan menurunkan kedap air (*weathertightness*) yang merupakan fungsi utama *hatch cover*.

7. Efisiensi Bongkar Muat di Kapal

Efisiensi bongkar muat merupakan faktor krusial dalam operasional kapal yang menentukan produktivitas pelabuhan dan kelancaran rantai pasok. Mu et al., (2024) menyatakan bahwa efisiensi bongkar muat sangat bergantung pada kondisi peralatan, manajemen waktu, dan kesiapan operasional. Penelitian mereka menunjukkan bahwa dengan melakukan perawatan rutin dan memberikan pengarahan yang tepat kepada tenaga kerja, proses bongkar muat dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien, sehingga meningkatkan produktivitas dan mengurangi waktu tunggu.

Waktu sandar kapal yang singkat dapat meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan serta mengurangi biaya operasional kapal. Najoran et al., (2017) menjelaskan bahwa produktivitas bongkar muat memiliki pengaruh langsung terhadap waktu sandar kapal (*berthing time*), di mana peningkatan efisiensi operasional mampu mempercepat pelayanan kapal di pelabuhan. Selain itu, menyatakan bahwa efektivitas peralatan bongkar muat dan waktu operasional menjadi faktor penting dalam meningkatkan produktivitas bongkar muat kapal. Pelabuhan memegang peranan penting salah satu fungsi pelabuhan yaitu sebagai mata rantai transportasi atau titik temu moda transportasi. (Ditya Amanda Pratiwi, 2024). Beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas bongkar muat menurut penelitian di Terminal Mirah PT. Pelabuhan Indonesia III adalah jumlah tenaga kerja, waktu operasional (siang/malam), dan kondisi cuaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel jumlah tenaga kerja dan waktu memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas bongkar muat container. Selain itu, kondisi peralatan seperti *crane* yang mengalami kerusakan karena sering digunakan dan melebihi standar SWL (*Safe Working Load*) dapat menghambat proses bongkar muat (Dhana Berliana, 2025).

8. Sistem Deteksi Dini dan Pemeliharaan Prediktif

Sistem deteksi dini merupakan pendekatan proaktif dalam pemeliharaan yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kerusakan atau anomali sebelum terjadi kegagalan sistem. Purba et al., (2025) dalam penelitiannya tentang sistem monitoring mesin kapal menyatakan bahwa integrasi teknologi digital dan

pendekatan prediktif dapat meningkatkan efisiensi operasional, efisiensi bahan bakar, pengurangan emisi, dan peningkatan keselamatan kapal.

Fahim et al., (2025) dalam penelitian tentang pemantauan getaran kapal menggunakan sensor MEMS (*Micro Electro Mechanical Systems*) menunjukkan bahwa pemantauan secara *real-time* dapat mendeteksi anomali pada sistem propulsi hingga 72 jam sebelum terjadi kegagalan. Penelitian ini mengembangkan model prediktif berbasis *machine learning* untuk mengidentifikasi pola pergeseran abnormal dan mengkorelasikannya dengan jarak sensor dengan rel *hatch cover*.

Implementasi sistem pemantauan berbasis sensor terbukti dapat mengoptimalkan jadwal pemeliharaan preventif, memperpanjang usia komponen kapal, dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Gkerekos, C., et al. (2019) memanfaatkan data getaran dan *supervised learning* untuk deteksi dini kerusakan dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin seperti *decision tree*, *support vector machine*, dan *neural networks* untuk mendeteksi pola kerusakan (Purba et al., 2025).

Dalam konteks *Internet of Things* (IoT), sistem monitoring dapat memberikan perawatan preventif dan deteksi dini pada mesin kapal. Penelitian tentang rancang bangun sistem boiler berbasis IoT menunjukkan bahwa penggunaan teknologi IoT dapat meningkatkan keamanan, efektivitas, serta otomatisasi dalam pengelolaan sistem, dan memfasilitasi pemeliharaan prediktif untuk keberlanjutan operasional (Wijaya, 2025).

9. Teknologi Sensor dalam Deteksi Posisi dan Dislokasi

Teknologi sensor telah mengalami perkembangan pesat dalam aplikasi maritim. Perkembangan sistem monitoring modern menunjukkan bahwa integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT), sensor digital, serta analisis data mampu meningkatkan efektivitas pemantauan dan optimalisasi operasional secara *real-time*. Sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan proses pengumpulan dan pengiriman data dilakukan secara otomatis sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat dalam kegiatan operasional Rahman, (2023). Selain itu, penerapan teknologi berbasis IoT dan *big data analytics* juga dinilai mampu meningkatkan efisiensi sistem monitoring serta mendukung pelaksanaan pemeliharaan preventif pada peralatan operasional Mursidi & Sarjito,

(2024). Sensor ultrasonik telah terbukti efektif dalam pemantauan kondisi komponen kapal. Sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi perubahan posisi objek dan melakukan pengukuran jarak secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik. Penggunaan sensor ultrasonik dalam sistem monitoring memungkinkan proses pendeteksian perubahan posisi objek dilakukan secara otomatis sehingga efektif diterapkan pada sistem deteksi dini berbasis *Internet of Things* (IoT) Riandi et al., (2018). Prinsip kerja tersebut dapat diadaptasi pada sistem *hatch cover* untuk memantau perubahan posisi roda terhadap rel sebagai indikator awal terjadinya potensi dislokasi.

Dalam konteks sistem deteksi dislokasi roda *hatch cover*, jenis sensor yang dapat diaplikasikan adalah sensor ultrasonik berjenis HC-SR04 untuk memantau *alignment* roda terhadap rel. Data dari sensor-sensor ini kemudian dapat diintegrasikan dengan sistem monitoring berbasis IoT untuk memberikan peringatan dini kepada operator.

10. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data dan komunikasi secara otomatis tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Teknologi ini memungkinkan objek yang dilengkapi sensor dan sistem komunikasi dapat melakukan monitoring serta pengendalian secara *real-time* (Khodadadi et al., 2018.). Kevin Ashton pertama kali memperkenalkan konsep *Internet of Things* (IoT) pada tahun 1999. Dalam konsep ini, berbagai objek di sekitar kita dapat saling berkomunikasi melalui jaringan, mirip dengan internet yang kita kenal saat ini. Seiring dengan kemajuan infrastruktur internet, kita sedang memasuki era baru di mana akses internet tidak lagi terbatas pada smartphone atau komputer saja, tetapi hampir semua objek fisik di masa depan juga dapat terhubung.

11. Blynk

Blynk adalah platform yang dirancang untuk mengembangkan aplikasi pada sistem operasi mobile, baik Android maupun iOS, yang secara khusus ditujukan untuk proyek pemantauan berbasis IoT. Berbagai modul yang biasanya dapat terhubung dengan aplikasi Blynk meliputi Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, ESP32, WEMOSD1, dan masih banyak lagi. Melalui Blynk, pengguna dapat

memantau data sensor, menyimpan serta memvisualisasikan data, dan juga mengontrol perangkat keras dari jarak jauh (Sutikno et al., 2023). Gambar 2.1 memperlihatkan tampilan logo dari aplikasi Blynk.



Gambar 2. 1

Logo Aplikasi Blynk

Sumber: <https://wizzdev.com/blog/iot-platform-update-blynk/>

12. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah jenis layar yang memanfaatkan teknologi kristal cair untuk menyajikan informasi secara visual dalam bentuk grafis. Dalam penerapan pada mikrokontroler, LCD sering digunakan sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan data dan pesan ditampilkan. Biasanya, layar ini berupa layar alfanumerik yang dapat menampilkan karakter teks dan simbol secara berurutan. Pengguna dapat mengelola dan mengubah tampilan dengan memanfaatkan program untuk menghadirkan teks, angka, atau grafik sesuai kebutuhan.

LCD 16x2 adalah jenis layar yang memanfaatkan dot matrix dengan kapasitas 16 karakter dalam dua baris. Sementara itu, I2C, atau *Inter Integrated Circuit*, merupakan protokol komunikasi dua arah yang sering digunakan dan hanya membutuhkan dua saluran untuk transfer data baik dari Slave ke Master maupun sebaliknya. Satu set I2C terdiri atas dua saluran utama, yaitu SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*). Kedua saluran ini berfungsi untuk mengirimkan data antara mikrokontroler dan perangkat I2C (Anantama et al., 2020). Dalam penerapannya, LCD 16x2 berbasis I2C memungkinkan pengolahan data secara efisien. Gambar 22 memperlihatkan tampilan gambar LCD I2C 16x2.



Gambar 2. 2
LCD 12C 16x2

Sumber: <https://www.electronicwings.com/esp32/lcd16x2-i2c-interfacing-with-esp32>

13. Sensor Ultrasonik

Sensor adalah perangkat yang berfungsi mengubah berbagai besaran fisik atau kimia menjadi sinyal listrik yang mudah dicatat dan dikirimkan. Sensor memainkan peran vital dalam sistem pengumpulan data, terutama di bidang teknik mesin dan elektronik. Penggunaan sensor telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mendukung kemampuan pemantauan dan pengelolaan sistem secara lebih optimal. Sensor ultrasonik merupakan perangkat elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi objek dan mengubah pantulan gelombang suara menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh sistem mikrokontroler (Arifin et al., 2022). Sensor ini memancarkan gelombang ultrasonik, kemudian menghitung waktu yang diperlukan gelombang tersebut untuk kembali setelah memantul dari objek, sehingga menghasilkan pengukuran jarak yang presisi.

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah perangkat siap pakai yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, sekaligus pengendali gelombang ultrasonik. Sensor ini bekerja pada frekuensi sekitar 40 kHz dan dirancang untuk mengukur jarak antara sensor dan objek yang terdeteksi. Penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 dalam mendeteksi dislokasi roda *hatch cover* pada kapal menjadi solusi efektif dan akurat dalam memantau perubahan posisi roda terhadap rel atau titik acuan tertentu. Prinsip kerja sensor ini didasarkan pada pantulan gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak antara sensor dengan roda *hatch cover*, memungkinkan

deteksi dini terhadap penyimpangan posisi. Dengan kemampuan mengukur jarak dari 2 cm hingga 4 m serta tingkat akurasi hingga ± 3 mm, sensor HC-SR04 sangat cocok dijadikan komponen utama dalam sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover*. Gambar 2.3 memperlihatkan tampilan gambar sensor ultrasonik HC-SR04.



Gambar 2. 3

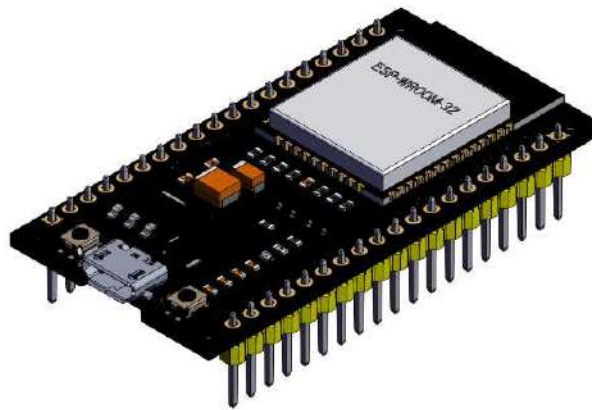
Sensor ultrasonik HC-SR04

Sumber: <https://id.aliexpress.com/i/32583948734.html>

14. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem komputer berukuran kecil yang terintegrasi dalam satu chip, dirancang untuk mengendalikan perangkat elektronik secara otomatis. Salah satu jenis mikrokontroler yang populer saat ini adalah ESP32. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi 2,4 GHz dan *Bluetooth*, memungkinkan komunikasi data secara nirkabel dengan lebih mudah. ESP32 diproduksi menggunakan teknologi fabrikasi 40 nm, yang memberikan efisiensi daya lebih baik sekaligus meningkatkan performa pemrosesan dan kemampuan radio. Dikembangkan oleh *Espressif Systems*, ESP32 merupakan versi lanjutan dari generasi sebelumnya, ESP8266.

Dibandingkan pendahulunya, ESP32 menawarkan peningkatan signifikan, antara lain prosesor yang lebih tangguh, kecepatan Wi-Fi yang lebih tinggi, jumlah pin *input/output* yang lebih banyak, serta dukungan untuk teknologi *Bluetooth* 4.2. Selain itu, karakteristik konsumsi daya yang rendah menjadikan mikrokontroler ini sangat andal dan fleksibel untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam sistem elektronik berbasis *Internet of Things* (IoT).



Gambar 2. 4

Mikrokontroler ESP32

Sumber: <https://embeddednesia.com/v1/menggunakan-pin-gpio-pada-esp32/>

15. *Buzzer*

Buzzer adalah salah satu komponen elektronik yang digunakan untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Cara kerjanya didasarkan pada interaksi antara arus listrik dan elemen penggetar di dalam perangkat tersebut. Saat arus listrik mengalir melalui kumparan, medan magnet tercipta dan memengaruhi membran atau pelat getar di dalamnya. Interaksi ini membuat membran bergetar, sehingga menghasilkan gelombang suara yang dapat terdengar.

Dalam aplikasi deteksi dislokasi roda *hatch cover*, *buzzer* berfungsi sebagai indikator suara untuk memberikan peringatan dini kepada operator. Perangkat ini akan berbunyi saat sensor ultrasonik mendeteksi perubahan jarak roda *hatch cover* yang melebihi atau berada di luar ambang toleransi yang telah ditetapkan. Dengan mengintegrasikan *buzzer* aktif ke dalam sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32, pengguna dapat menerima notifikasi berupa sinyal suara secara langsung saat ada indikasi dislokasi. Hal ini memungkinkan proses pemantauan posisi roda *hatch cover* menjadi lebih efektif dan responsif.

Penggunaan *buzzer* sebagai indikator audio memberikan keuntungan dalam meningkatkan kecepatan respons operator terhadap potensi gangguan pada sistem *hatch cover*. Dibandingkan indikator visual saja, sinyal suara dari *buzzer* lebih mudah dikenali secara langsung, terutama pada kondisi operasional kapal yang memiliki tingkat kebisingan dan aktivitas kerja yang tinggi. Dengan adanya

peringatan suara secara otomatis, awak kapal dapat segera melakukan pemeriksaan atau tindakan preventif sebelum dislokasi roda *hatch cover* berkembang menjadi gangguan operasional yang lebih serius. Gambar 2.5 memperlihatkan tampilan gambar buzzer.



Gambar 2. 5

Buzzer

Sumber: <https://projecthub.arduino.cc/SURYATEJA/use-a-buzzer-module-piezo-speaker-using-arduino-uno-cf4191>

16. Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) merupakan komponen semikonduktor yang bertindak sebagai sumber cahaya melalui mekanisme *electroluminescence*, yakni proses di mana arus listrik yang mengalir dalam arah maju memicu emisi foton. Dalam konteks penerapan pada mikrokontroler, LED sering dimanfaatkan sebagai indikator output digital yang sederhana. Perangkat ini memungkinkan pengendalian cahaya untuk menyampaikan sinyal visual, seperti penanda status operasional atau pemberian notifikasi tertentu. Gambar 2.6 memperlihatkan tampilan gambar lampu LED (*Light Emitting Diode*).



Gambar 2. 6

Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Sumber: <https://www.amazon.sg/-/en/Arduino-LED-Electronic-Accessories-5mm/dp/B098TYNV2J>

17. Regulasi SOLAS dan ISM Code terhadap Operasional *Hatch Cover*

a. Ketentuan SOLAS tentang *Hatch Cover*

Konvensi Internasional Mengenai Keselamatan Jiwa di Laut (*Safety of Life at Sea* atau SOLAS) secara ketat mengatur standar keselamatan kapal, yang mencakup aspek desain, konstruksi, dan pemeliharaan *hatch cover* sebagai elemen penting dari struktur ruang muat. Ketentuan yang relevan dengan kajian ini dapat ditemukan dalam SOLAS Bab II-1 (*Construction Structure, Subdivision and Stability*), yang secara spesifik menetapkan bahwa bukaan palka serta kelengkapannya harus dirancang, dipasang, dan dipelihara dengan standar yang memastikan kedap cuaca (*weathertight*) dan kinerja optimal selama operasi kapal berlangsung. Selain itu, regulasi yang tercantum dalam SOLAS Bab VI (*Carriage of Cargoes*) dan Bab XII (*Additional Safety Measures for Bulk Carriers*) memperkuat pentingnya kondisi *hatch cover* bagi kapal pengangkut muatan curah (*bulk carrier*). *Hatch cover* diwajibkan untuk selalu berada dalam kondisi yang baik agar dapat mencegah masuknya air ke dalam ruang muat sekaligus menjaga keselamatan kapal. Gangguan semacam dislokasi roda pada *hatch cover*, yang dapat memicu kerusakan sistem pergerakan dan mekanisme penutupan palka, berpotensi menyebabkan hambatan dalam proses bongkar muat serta meningkatkan risiko operasional.

Dalam hal peningkatan efisiensi bongkar muat, regulasi SOLAS menggarisbawahi pentingnya kemampuan *hatch cover* untuk dibuka dan ditutup dengan lancar tanpa kendala mekanis. Keterlambatan akibat gangguan roda pada *hatch cover* dapat berdampak pada meningkatnya waktu henti kapal (*downtime*) dan secara langsung berimplikasi pada penurunan produktivitas proses bongkar muat. Penanganan terhadap fenomena tersebut, seperti melalui implementasi sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover*, tidak hanya mendukung pemenuhan terhadap ketentuan SOLAS namun juga berkontribusi terhadap optimalisasi efisiensi operasional kapal secara keseluruhan.

b. ISM Code dan Pemeliharaan Peralatan Kapal

International Safety Management (ISM) Code mengatur penerapan sistem manajemen keselamatan yang harus diterapkan oleh perusahaan pelayaran serta kapal. Beberapa ketentuan relevan dalam konteks ini meliputi: Pasal 1.2.2 ISM Code, yang menekankan pentingnya pencegahan kecelakaan dan

kerusakan melalui identifikasi dan pengelolaan risiko operasional. Pasal 10 ISM Code, yang mengatur pemeliharaan kapal dan peralatan, termasuk kewajiban memastikan bahwa peralatan penting selalu dalam kondisi siap operasi. Dislokasi roda *hatch cover* yang tidak terdeteksi dapat mengakibatkan kegagalan fungsi, meningkatkan risiko kecelakaan kerja, serta memperpanjang durasi proses bongkar muat akibat kebutuhan perbaikan mendadak.

Penerapan teknologi deteksi dini berbasis sensor ultrasonik sesuai dengan pasal 10 ISM Code, karena mendukung pelaksanaan perawatan preventif melalui pemantauan kondisi peralatan secara berkesinambungan. Dengan adanya sistem peringatan dini terhadap potensi dislokasi roda *hatch cover*, awak kapal memiliki kesempatan untuk segera melakukan tindakan korektif sebelum gangguan tersebut berkembang menjadi kerusakan yang lebih parah.

c. Hubungan Regulasi dengan Efisiensi Bongkar Muat

Mengacu pada ketentuan SOLAS dan ISM Code, efisiensi dalam kegiatan bongkar muat tidak hanya bergantung pada aspek operasional, tetapi pada sejauh mana regulasi keselamatan dan pemeliharaan peralatan dipatuhi. *Hatch cover* yang berfungsi optimal akan mempercepat mekanisme pembukaan dan penutupan palka, mengurangi gangguan operasional, serta meminimalkan waktu jeda selama proses bongkar muat berlangsung. Oleh karena itu, sistem deteksi dini untuk dislokasi roda *hatch cover* yang dikembangkan dalam penelitian ini berfungsi sebagai alat pendukung pemenuhan regulasi SOLAS dan ISM Code, sekaligus menjadi elemen penting dalam peningkatan efisiensi bongkar muat. Sistem ini dirancang untuk memastikan kesiapan operasional *hatch cover*, meminimalisir potensi keterlambatan, dan mendukung kelancaran proses bongkar muat di kapal MV. Bulk Batavia.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian ini memiliki hubungan yang erat dengan berbagai studi sebelumnya yang relevan, yang secara signifikan mendukung serta memperkuat temuan-temuan dalam penelitian ini. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komparasi terhadap hasil-hasil dari penelitian sebelumnya. Melalui pendekatan komparatif tersebut, diharapkan dapat diidentifikasi keunggulan

maupun kelemahan dari metode yang digunakan dalam studi-studi terdahulu. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar yang kokoh untuk pengembangan dan penyempurnaan metode yang diterapkan pada penelitian kali ini.

Tabel 2. 1
Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
1	Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Alat Bantu Parkir Mobil Studi Literatur dan Eksperimental	Tim Einstein (2023)	Penelitian ini berfokus pada implementasi sensor ultrasonik HCSR04 sebagai alat bantu parkir mobil untuk mendeteksi jarak secara <i>real-time</i> . Untuk memastikan akurasi pengukuran, prototipe diuji dengan berbagai jarak objek. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HCSR04 cocok untuk pengukuran jarak dengan optimal. Variabel utama yang digunakan adalah jarak objek terhadap kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu menghasilkan pengukuran jarak yang akurat dan stabil. Kesamaan dengan penelitian ini terletak pada pemanfaatan sensor ultrasonik sebagai alat pengukur jarak. Namun, perbedaannya terletak pada jenis objek yang diamati dan tujuan sistem. Penelitian ini secara khusus difokuskan pada deteksi potensi dislokasi roda <i>hatch cover</i> pada kapal. dislokasi roda penutup palka di kapal.
2	Aplikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Guna Mendeteksi Jarak Penumpang Kereta Api di Era New Normal Studi Literatur dan Eksperimental	Tim PKM UNS (2021)	Penelitian ini berfokus pada aplikasi sensor ultrasonik HCSR04 untuk mendeteksi jarak antar penumpang kereta api guna mendukung protokol kesehatan. Untuk memastikan jaga jarak efektif, prototipe diintegrasikan dalam sistem monitoring dinamis. Dalam sistem ini, sensor mengukur jarak <i>real-time</i> antar individu di ruang ramai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa HC SR04 efektif meminimalisir penyebaran COVID19 dengan

			akurasi tinggi pada aplikasi transportasi padat. Variabel yang dianalisis mencakup jarak antar individu serta sistem pemantauan dinamis. Kesamaan antara penelitian ini dengan penelitian yang direncanakan terletak pada penggunaan sensor ultrasonik untuk memantau jarak secara <i>real-time</i> . Namun, perbedaannya terletak pada konteks lingkungan dan indikator keberhasilan yang digunakan, yakni tingkat kepatuhan terhadap protokol kesehatan, bukan pencegahan kerusakan mekanis.
3	Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC SR04 Pada Prototipe Water Tank Level Control System Kuantitatif	Tim JMEKANOVA UTU (2024)	Penelitian ini berfokus pada kalibrasi sensor ultrasonik HCSR04 untuk sistem kontrol level air pada prototipe <i>water tank</i> . Untuk memastikan pengendalian otomatis berjalan baik, sensor diintegrasikan dengan <i>solenoid valve</i> via Arduino. Dalam sistem ini, pengukuran jarak non-invasif dilakukan secara kontinu. Hasil pengujian menunjukkan kalibrasi sukses dengan presisi tinggi, menjadikan HCSR04 reliable untuk otomatisasi industri. Variabel yang diteliti mencakup jarak permukaan air serta respons dari sistem kontrol otomatis. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat presisi tinggi dan reliabilitas yang baik untuk pengukuran jarak secara non-invasif. Keterkaitan dengan penelitian ini terletak pada keandalan dan akurasi sensor, sementara perbedaannya terdapat pada objek pengukuran serta analisis data yang lebih difokuskan pada sistem mekanis penutup palka.
4	Merancang Kran Pengisi Toren Berbasis Sensor HCSR04	Tim IJCS BSI (2023)	Penelitian ini berfokus pada perancangan kran pengisi toren otomatis berbasis sensor HCSR04 untuk pengukuran level air. Untuk memastikan

	<i>Research and Development</i>	pengisian tepat, prototipe memonitor jarak secara real-time. Dalam sistem ini, data sensor diproses untuk mengontrol aliran air via IoT. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi pada rentang 24 m dengan error minimal, cocok untuk aplikasi pengendalian rumah tangga. Penelitian ini memfokuskan variabel utama pada jarak antara permukaan air dan sensor, yang berfungsi sebagai indikator level air. Analisis data dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap kondisi aktual, guna memungkinkan pengendalian aliran air secara otomatis melalui sistem berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT). Kesamaan antara penelitian terdahulu dan yang akan dilaksanakan terletak pada penggunaan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk pengukuran jarak secara <i>real-time</i> serta pemanfaatan sistem monitoring berbasis IoT sebagai alat pengolahan data. Sementara itu, perbedaannya terletak pada objek serta indikator yang diteliti. Penelitian terdahulu lebih terfokus pada pengendalian level air dalam toren rumah tangga, sedangkan penelitian yang sekarang memprioritaskan pengukuran jarak roda pada <i>hatch cover</i> terhadap rel sebagai indikator potensi dislokasi.
--	---------------------------------	---

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Penelitian ini menitikberatkan pada pengembangan sistem deteksi dini untuk dislokasi roda *hatch cover* dengan memanfaatkan sensor ultrasonik. Sistem ini berfungsi memantau perubahan posisi roda secara otomatis dan memberikan peringatan dini apabila roda mengalami penyimpangan dari jalur rel yang seharusnya. Dengan adanya peringatan tersebut, diharapkan gangguan operasional selama proses bongkar muat di kapal dapat dicegah. Masalah yang diangkat dalam penelitian ini berawal dari pengalaman langsung penulis selama menjalani praktik laut (prala) atau

praktik kerja nyata di atas kapal. Hal ini juga didukung oleh masukan dari perwira serta awak kapal yang terlibat dalam pengoperasian *hatch cover*. Selain itu, penelitian ini diperkuat melalui studi pustaka, mencakup referensi dari buku, jurnal ilmiah, dan materi perkuliahan. Dalam upaya memberikan kemudahan kepada pembaca, penyusunan skripsi disusun menggunakan kerangka penulisan yang terstruktur dan sistematis.

JUDUL

PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DINI DISLOKASI RODA
HATCH COVER GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI
BONGKAR MUAT DI KAPAL MV. BULK BATAVIA

PERMASALAHAN

Dislokasi roda *hatch cover* keluar dari rel saat proses pembukaan dan penutupan palka menimbulkan gangguan operasional, keterlambatan dalam proses bongkar muat, peningkatan risiko kerusakan peralatan, serta penurunan efisiensi kerja di atas kapal.

PENYEBAB

Tidak adanya sistem deteksi atau prediksi dini yang dapat mengidentifikasi potensi dislokasi roda *hatch cover* sebelum roda keluar dari jalur rel yang seharusnya.

DESAIN PRODUK YANG DITAWARKAN

Membangun sistem deteksi dini berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau dan mengukur jarak roda *hatch cover* terhadap rel secara *real-time*. Data pengukuran dikirimkan ke sistem monitoring berupa *dashboard*, yang berfungsi sebagai alat dasar untuk memprediksi potensi dislokasi. Sistem ini dilengkapi dengan fitur peringatan dini apabila jarak roda mulai mendekati ambang batas yang dianggap aman.

HASIL

Sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk memantau serta mengidentifikasi potensi terjadinya pergeseran roda secara *real-time*. Dengan demikian, sistem ini dapat mencegah terjadinya gangguan operasional dan secara signifikan meningkatkan efisiensi proses bongkar muat di kapal MV. Bulk Batavia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Temuan dari penelitian ini mengungkapkan bahwa kendala pokok dalam kegiatan bongkar muat di kapal MV. Bulk Batavia berpusat pada mekanisme pengawasan roda *hatch cover* yang masih mengandalkan pengamatan langsung oleh awak kapal. Peristiwa bergesernya roda *hatch cover* dari jalur relnya saat palka dibuka maupun ditutup kerap tidak teridentifikasi secara cepat, sehingga berpotensi memicu gangguan pada kelancaran operasi, tertundanya proses bongkar muat, hingga rusaknya komponen pendukung *hatch cover* jika tidak segera mendapat penanganan. Situasi ini terjadi karena belum tersedianya mekanisme yang mampu mengenali tanda-tanda pergeseran posisi roda sebelum dislokasi benar-benar terjadi. Atas dasar itulah, penelitian ini merancang dan mewujudkan sebuah sistem peringatan dini terhadap dislokasi roda *hatch cover* yang berbasis *Internet of Things* (IoT), dengan memadukan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler ESP32, dan platform Blynk. Sistem tersebut mampu memantau perubahan jarak antara roda *hatch cover* dan rel secara *real-time* berdasarkan pergeseran roda *hatch cover* yang terbaca oleh sensor. Selain itu, penerapan sistem IoT yang dilengkapi indikator LED, *buzzer*, tampilan LCD, dan notifikasi jarak jauh melalui aplikasi Blynk memungkinkan proses pemantauan kondisi roda *hatch cover* dilakukan secara *real-time*.

Hasil uji coba memperlihatkan bahwa sistem berjalan secara andal dalam mengidentifikasi kondisi normal maupun kondisi potensi dislokasi pada roda *hatch cover*, dengan waktu tanggap berkisar antara 0,016 hingga 0,020 detik, serta mampu mengaktifkan *buzzer* secara otomatis begitu terdeteksi indikasi dislokasi. Penilaian kelayakan produk oleh ahli menghasilkan persentase sebesar 97,33%, sementara penilaian dari 20 pengguna, yaitu taruna yang berpengalaman praktek berlayar selama satu tahun, menghasilkan persentase sebesar 94,4%, dengan demikian keduanya masuk dalam kategori "Sangat Layak". Meskipun demikian, penelitian ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut melalui pengujian langsung di lingkungan

operasional kapal, guna memperkuat validitas sistem terhadap faktor-faktor lapangan seperti getaran kapal, kondisi cuaca, dan debu muatan yang dapat menjadi bahan kajian pada tahap penelitian berikutnya.

B. SARAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan oleh penulis di atas, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan rekomendasi implementatif :

1. Bagi Perusahaan Pelayaran

Disarankan agar perusahaan pelayaran mempertimbangkan untuk mengadopsi sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover* berbasis IoT ini pada armada kapal *bulk carrier* yang dimiliki, mengingat dampak yang ditimbulkan oleh kejadian dislokasi roda *hatch cover* terhadap keselamatan operasional, kontinuitas bongkar muat, dan kerugian finansial akibat *demurrage* secara nyata tidak proporsional apabila dibandingkan dengan nilai investasi pengadaan sistem deteksi dini. Selain itu, perusahaan perlu menyusun prosedur operasional standar (SOP) terkait pemantauan dan pemeliharaan sistem *hatch cover* secara berkala, serta mengintegrasikan data pemantauan sistem ini ke dalam program *planned maintenance system* (PMS) guna mendukung keselamatan operasional dan meminimalkan risiko *demurrage* akibat gangguan bongkar muat.

2. Bagi Awak Kapal

Awak kapal perlu mendapatkan pelatihan teknis terkait pengoperasian dan pemahaman sistem deteksi dini berbasis IoT agar dapat memanfaatkan perangkat secara optimal dalam mendukung keselamatan proses bongkar muat. Pemahaman mendalam tentang cara membaca indikator sistem, merespons peringatan dini secara tepat, serta melaporkan anomali yang terdeteksi harus ditanamkan sebagai kompetensi dasar keselamatan kerja di atas kapal, sehingga potensi dislokasi roda *hatch cover* dapat diantisipasi sejak tahap awal sebelum berkembang menjadi gangguan operasional yang lebih serius.

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem indikator tiga tingkat dengan menambahkan lampu indikator berwarna kuning sebagai level peringatan antara (*warning level*), yakni kondisi di mana jarak roda *hatch cover* terhadap rel mulai mendekati ambang batas kritis namun belum mengalami

dislokasi penuh, sehingga sistem mampu memberikan peringatan dini yang lebih bertahap dari kondisi aman (hijau), kondisi peringatan (kuning), hingga kondisi dislokasi (merah) yang memungkinkan awak kapal mengambil tindakan korektif sebelum gangguan operasional benar-benar terjadi. Selain itu, peneliti berikutnya dapat mengkaji penambahan jumlah sensor guna memperluas cakupan area pemantauan pada seluruh palka kapal, serta mengeksplorasi integrasi sistem dengan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk mendukung kemampuan analisis prediktif yang lebih canggih, sehingga sistem dapat berkontribusi lebih besar terhadap penerapan deteksi dini berbasis sensor di industri pelayaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambrozkiewicz, B., Syta, A., Gassner, A., Georgiadis, A., Litak, G., & Meier, N. (2022). The influence of the radial internal clearance on the dynamic response of self-aligning ball bearings. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 171, 108954. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.108954>
- Bouhlal, A., Ait Abdelouahed, R., Marzak, A., & Meriem, B. (2023). Proposal to evaluate the integration of IoT technologies in the maritime domain. *Procedia Computer Science*, 220, 652–659. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.083>
- Choong, J. J., & Chia, K. S. (2026). IoT-based industrial wastewater monitoring system using ESP32 and Blynk. *Journal of Engineering Technology and Applied Physics*, 8(1), 106–114. <https://doi.org/10.33093/jetap.2026.8.1>
- Dhana Berliana, S. M. P. R. L. A. E. S. (2025). *View of Efektivitas dan Waktu Tunggu Kapal: sebagai Bukti Empiris Kinerja dan Produktivitas Bongkar Muat pada Pelabuhan Saketa-Halmahera*. <https://doi.org/https://doi.org/10.38035/rtrj.v8i1>
- Ditya Amanda Pratiwi, A. D. L. J. M. (2024, October 2). *View of PRODUKTIVITAS BONGKAR MUAT PELABUHAN DWIKORA PONTIANAK KALIMANTAN BARAT*. <https://jurnalteknikpasifik.id/index.php/jts/article/view/118/86>
- Fahim, A. (2025). *Analisis Dampak Getaran pada Struktur dan Performa Kapal Menggunakan Metode Pemantauan berbasis Sensor Mems* (Vol. 02, Number 02). Online.
- Farhan Hakim, B., Wibowo Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, W., Widiatmaka Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, P., Wibowo, W., & Widiatmaka, P. (2026). Studi Kasus Kerusakan Muatan Gandum Pada MV Pan Flower. *ejurnal.pip-semarang.ac.id*, 49. <https://doi.org/10.46484/IJNS.V2I2.1081>
- Gkerekos, C., et al. (2019). *Machine learning for...* - Google Scholar. (n.d.). Retrieved May 20, 2026, from https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Gkerekos%2C+C.%2C+et+al.+%282019%29.+Machine+learning+for+predictive+maintenance+in+maritime+systems.+Ocean+Engineering.&btnG=
- Hercog, D., Lerher, T., Truntič, M., & Težak, O. (2023). Design and implementation of ESP32-based IoT devices. *Sensors*, 23(15), Article 6739. <https://doi.org/10.3390/s23156739>
- Jiang, W., Zhang, L., Chen, H., & Wang, Y. (2024). Real-time hatch detection during unloading of dry bulk carriers with side rolling hatch cover. Dalam *Proceedings of the 2024 4th International Conference on Neural Networks, Information and Communication (NNICE)*. IEEE.

- Jogiyanto, H. M. (2019). Analisa dan Desain Sistem. *Penerbit Andi Offset, Yogyakarta*, 3(4), 57–62.
- JUMINTEN, D. N.-, & 2021, undefined. (2021). Perancangan Alat Kupas Kulit Kelapa Muda Untuk Memudahkan dan Mempercepat Pekerjaan Penjual Kelapa dengan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Juminten.Upnjatim.Ac.IdD NoviantoJUMINTEN, 2021•juminten.Upnjatim.Ac.Id, 02(02)*, 108–119. <https://juminten.upnjatim.ac.id/index.php/juminten/article/view/233>
- Koval, L., Vanuš, J., & Bilík, P. (2016). Distance measuring by ultrasonic sensor. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.026>
- Lim, M., & Ridho, M. R. (2021). RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI POINT OF SALE DENGAN FRAMEWORK CODEIGNITER PADA CV POWERSHOP. *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, 4(2), 46–55. <https://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/comasiejournal/article/view/3173>
- Meer, M. van, Meijel, T. van, Mechatronics, E. van H.-, & 2025, undefined. (n.d.). Compensating hysteresis and mechanical misalignment in piezo-stepper actuators. *Elsevier*. Retrieved May 13, 2026, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957415825001035>
- Mu, A., Taufiqi, id, Agus Setiono, B., Hidayat, S., Studi Manajemen Pelabuhan dan Logistik Maritim, P., Vokasi Pelayaran, F., & Hang Tuah, U. (2024). Optimalisasi Alat Bongkar Muat Dalam Kelancaran Kegiatan Operasional General Cargo PT. Pelindo Multi Terminal Branch Tanjung Wangi: Optimization of Loading. *E-Jurnal.Amanjaya.Ac.IdAM Taufiqi, BA Setiono, S HidayatJurnal Matemar (Manajemen Dan Teknologi Maritim), 2024•e-Jurnal.Amanjaya.Ac.Id*. <https://doi.org/10.59225/exr3jj46>
- N Nestary - Jurnal Ilmu Komputer. (2020). Design of sales information systems in Stock Point Lily Shop is based on PHP MySQL. *Neliti.Com*. <https://www.neliti.com/publications/327096/design-of-sales-information-systems-in-stock-point-lily-shop-is-based-on-php-mys>
- Najoan, D. J., Ayu, D., Putri, R., Nurhayati, S., & Trisakti, S. (2017). *PRODUKTIVITAS BONGKAR MUAT DAN WAKTU SANDAR KAPAL PELABUHAN TANJUNG EMAS*.
- Netinant, P., Utsanok, T., Rukhiran, M., & Klongdee, S. (2024). Development and Assessment of Internet of Things-Driven Smart Home Security and Automation with Voice Commands. *IoT 2024, Vol. 5, Pages 79-99*, 5(1), 79–99. <https://doi.org/10.3390/IOT5010005>
- Nur, R., & Suyuti, M. (2018). *Perancangan mesin-mesin industri*. [https://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=qjhmEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=Nur,+R.,+%26+Suyuti,+M.+A.+\(2018\).+Perancangan+mesin-mesin+industri.&ots=Qb0RReuWLR&sig=uZL9EN8EnAA0DaJ2mVBwllrQzDM](https://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=qjhmEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=Nur,+R.,+%26+Suyuti,+M.+A.+(2018).+Perancangan+mesin-mesin+industri.&ots=Qb0RReuWLR&sig=uZL9EN8EnAA0DaJ2mVBwllrQzDM)

- Pendidikan, F. R.-J. T. I. dan. (2018). ANALISIS KEBUTUHAN SISTEM PENJUALAN BARANG BERBASIS WEB. *Tip.Ppj.Unp.Ac.Id*.
<http://tip.ppj.unp.ac.id/index.php/tip/article/view/135>
- Pernando, Y., & Roza, Y. (2023). Perancangan Prototype Kapal Untuk Monitoring Sensor Ultrasonik. *Journal Sensi: Strategic of Education in Information System*, 9(2), 131–140. <https://doi.org/10.33050/SENSI.V9I2.2907>
- Pessoa, L. E., Iglesias, C. F., & Miceli, C. (2024). *RITA: Automatic Framework for Designing of Resilient IoT Applications*. <https://arxiv.org/pdf/2411.18324>
- Purba, I., Putra, H., Journal, L. D. C.-B., & 2025, undefined. (2025). SISTEM MONITORING DAN MANAJEMEN PERAWATAN MESIN KAPAL: INTEGRASI TEKNOLOGI DIGITAL DAN PENDEKATAN PREDIKTIF: REVIEW OF SHIP *Bosteknikjournal.ComIB Purba, HA Putra, LS Da CruzBlueprint Journal, 2025•bosteknikjournal.Com*.
<http://bosteknikjournal.com/bj/article/view/49>
- Putra, K. D. R. (2023). *Analisis Perawatan Hatch Cover Jenis Pontoon untuk Kelancaran proses Bongkar Muat di MV. Tanto Keluarga*.
- Sihombing, D. W., Kismantoro, T., Sisworo, D. T., & Simanjuntak, R. (2023). OPTIMALISASI PENERAPAN PERAWATAN HATCH COVER UNTUK MENGHINDARI KETERLAMBATAN PROSES MUAT BONGKAR PADA MV. CHANDRA KIRANA. *Meteor STIP Marunda*, 16(1), 49–56.
<https://doi.org/10.36101/MSM.V16I1.279>
- Soner, O., Celik, E., & Akyuz, E. (2017). Application of AHP and VIKOR methods under interval type 2 fuzzy environment in maritime transportation. *Ocean Engineering*, 129, 107–116. <https://doi.org/10.1016/J.OCEANENG.2016.11.010>
- Universitas Negeri Padang. (2018). Analisis kebutuhan sistem penjualan barang berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 11(2).
<http://tip.ppj.unp.ac.id/index.php/tip/article/view/135>
- Wang, P., Yang, Y., Ma, H., Xu, H., Li, X., Luo, Z., & Wen, B. (2023). Vibration characteristics of rotor-bearing system with angular misalignment and cage fracture: Simulation and experiment. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 182. <https://doi.org/10.1016/J.YMSSP.2022.109545>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kapal MV. Bulk Batavia



Lampiran 2 Ship Particulars



PT. ADNYANA

SHIP'S PARTICULARS

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, TIER II Output: MCR 8753 KW / 97 Rpm , CSR 7878 KW / 93.7 R	
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 , TMON (Oil Lubricated)	
FREEBOARD MARK & DEADWEIGHT SCALE			
International Load line	Freeboard	Draught	Deadweight
	Metres	Metres	Tonnes
TF : Tropical Fresh	4,801	14,819	78,247.0
F : Fresh	5,098	14,523	76,240.0
T : Tropical SW	5,124	14,496	78,297.0
S : Summer SW	5,420	14,200	76,243.0
W : Winter	5,716	13,904	74,191.0
			87,728
			69,3
CARGO HOLD & HATCH		TANKS CAPACITY	
Compartment	CAPACITIES(100%)	DIMENSION (L x B x H)-Meter	Fuel oil (HFO) 85%
	Cubic Meters	Grain (M3)	Cbm
No.1 C/Hold & Hatch	11,822.0	11765	1826.08
No.2 C/Hold & Hatch	13,568.5	13553	Cbm 459.9
No.3 C/Hold & Hatch	13,285.4	13274	Cbm
No.4 C/Hold & Hatch	13,260.5	13251	Cbm
No.5 C/Hold & Hatch	13,315.6	13296	Cbm
No.6 C/Hold & Hatch	13,298.3	13298	Cbm
No.7 C/Hold & Hatch	12,734.1	12734	Cbm
Total C/Hold & Hatch	91281.3	91,171	20,171.9
CONSUMPTION		Distance from Bridge to Forward/forecastle : 196.44 mtrs/ 644.48 inch	
Sailing/Laden : Main Engine : 32 mt		Distance from Bridge to Aft side : 28.56 mtrs/ 93.70 inch	
(RPM 87) Auxiliary Engine : 2.70 mt		Max Height : 50.20 Mtrs	
Sailing/ Ballast : Main Engine : 40 mt		Ship's Email : bulk.batavia@geotekno.asia	
(RPM 87) Auxiliary Engine : 2.70 mt		: mv.bulkbatavia@andhika.com	
In Port- Idle : Auxiliary Engine : 2.0 mt		Satellite phone FBB : NA	
Boiler : 1.0 mt		Mobile phone : +62 - 812 54823572	
Fresh water : 10 - 14 ton/Day - Production		WhatsApp : +62 - 812 54823572	
Fresh water : 10 - 12 ton/Day - Consumption		Internal Communication VHF portable : Ch 6 / 15	
			
		Believe all information above are true but no guarantee	
		Master of MV Bulk Batavia	

Lampiran 3 Crew List

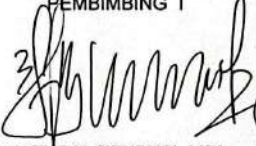
CREW LIST

		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	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 4 Pengajuan Judul Skripsi

	KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN JAKARTA	
<u>PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI</u>		
N a m a	: Tegar Bintang Samudra	
N R P	: 365221379	
Bidang Keahlian	: Nautika	
Semester	: VII(Tujuh)	
Mengajukan Judul Skripsi Sebagai Berikut :		
A. JUDUL	"PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DINI DISLOKASI RODA HATCH COVER GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI BONGKAR MUAT DI KAPAL MV. BULK BATAVIA"	
B. MASALAH POKOK	: Dislokasi roda hatch cover keluar dari rel saat proses pembukaan dan penutupan palka dapat berpotensi menimbulkan gangguan operasional, keterlambatan dalam proses bongkar muat, peningkatan risiko kerusakan peralatan, serta penurunan efisiensi kerja di atas kapal.	
C. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH :	Membangun sistem deteksi dini berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor ultrasonik untuk memantau dan mengukur jarak roda <i>hatch cover</i> terhadap rel secara real-time. Data pengukuran dikirimkan ke sistem monitoring berupa dashboard, yang berfungsi sebagai alat dasar untuk memprediksi potensi dislokasi	
Mengetahui :		
PEMBIMBING I	PEMBIMBING II	Jakarta, 01 Desember 2025 PENULIS
		
<u>Capt. SAIDAL SIBURIAN, MM</u> NIP. 196309051998091002	<u>ACHMAD BASHORI, S.Si., MT</u> NIP. 197702012006041019	<u>TEGAR BINTANG SAMUDRA</u> NRP. 365221379
Mengetahui KETUA JURUSAN NAUTIKA		
		
<u>Dr. Meilinasari N.H, S.SiT., M.MTr.</u> Penata Tk.I (III/d) NIP. 198105032002122001		

Lampiran 5 Pengajuan Sinopsis Skripsi



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



PENGAJUAN SINOPSIS SKRIPSI

NAMA : Tegar Bintang Samudra
NRP : 365221379
KELAS : N7A
JURUSAN : NAUTIKA
SEMESTER : VII

Mengajukan Sinopsis Skripsi sebagai berikut:

A. JUDUL

Perancangan Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda *Hatch Cover* Guna Meningkatkan Efisiensi Bongkar Muat di Kapal MV. Bulk Batavia

B. LATAR BELAKANG MASALAH

Operasi bongkar muat (cargo handling) merupakan salah satu aspek penting dalam logistik maritim. *Hatch cover* adalah komponen yang sangat penting yang berfungsi untuk melindungi muatan dari kondisi cuaca ekstrim. Dislokasi roda hatch cover merupakan masalah yang sering muncul akibat keausan material, kerusakan bearing, atau ketidaksejajaran rel. Situasi ini memperlihatkan bahwa perawatan berkala saja belum cukup untuk mencegah terjadinya kegagalan, sehingga diperlukan sistem yang mampu memberikan peringatan dini sebelum dislokasi terjadi.

Pada tanggal 2 Februari 2024 pukul 15.00 di Lubuk Tutung, terjadi insiden dislokasi roda hatch cover pada kapal MV. Bulk Batavia. Roda palka keluar dari rel sehingga proses bongkar muat terhambat dan menimbulkan keterlambatan muat. Kondisi ini menghambat proses pemuatan sehingga perusahaan mendapat klaim dari pihak terkait karena keterlambatan pemuatan.

Dengan adanya perkembangan teknologi, khususnya *Internet of Things (IoT)* yaitu sensor ultrasonik, terdapat peluang untuk mengembangkan sistem prediksi dini yang dapat mendeteksi potensi dislokasi roda *hatch cover*. Penerapan sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi bongkar muat, mengurangi risiko klaim perusahaan, serta memperkuat aspek keselamatan kerja awak kapal. Penelitian ini berfokus pada penerapan

teknologi tersebut sebagai solusi praktis dan aplikatif untuk mendukung kelancaran operasional kapal *bulk carrier* secara berkelanjutan.

C. IDENTIFIKASI MASALAH

1. Roda *hatch cover* mengalami dislokasi keluar rel.
2. Belum adanya sistem prediksi dini yang mampu mendeteksi potensi dislokasi pada roda *hatch cover*.
3. Minimnya kompetensi crew kapal dalam pengoperasian *hatch cover*.
4. Kurangnya tanggung jawab crew terhadap perawatan *hatch cover*

D. BATASAN MASALAH

1. Belum adanya sistem prediksi dini yang mampu mendeteksi potensi dislokasi pada roda *hatch cover*.

E. RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem deteksi dini berbasis sensor ultrasonik yang mampu mendeteksi terjadinya dislokasi roda *hatch cover* keluar dari rel pada kapal MV. Bulk Batavia?

2. PENJELASAN PENELITIAN

PENDEKATAN MASALAH PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover* berbasis sensor ultrasonik dan *Internet of Things* (IoT) pada MV. Bulk Batavia. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya bertujuan untuk menghasilkan kajian teoritis, tetapi juga menghasilkan sebuah produk berupa prototipe alat yang dapat digunakan sebagai solusi preventif untuk mencegah terjadinya dislokasi roda *hatch cover* saat proses bongkar muat berlangsung.

Penelitian diawali dengan observasi langsung selama pelaksanaan praktik laut di kapal MV. Bulk Batavia, khususnya pada saat proses pembukaan dan penutupan palka. Dari hasil pengamatan tersebut ditemukan bahwa belum terdapat sistem pemantauan yang mampu mendeteksi perubahan posisi roda *hatch cover* secara *real-time*, sehingga potensi roda keluar dari rel tidak dapat diketahui sejak dini. Kondisi tersebut dapat menimbulkan gangguan operasional, keterlambatan bongkar muat, serta meningkatkan risiko kerusakan pada sistem *hatch cover*.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian difokuskan pada proses perancangan dan pengembangan prototipe sistem deteksi dini menggunakan komponen khusus sebagai media pemantauan serta peringatan dini. Sistem yang dirancang kemudian diuji untuk mengetahui kemampuan alat dalam mendeteksi perubahan jarak roda terhadap rel secara otomatis dan *real-time*. Melalui pendekatan *Research and Development* (R&D), penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sistem deteksi dini yang aplikatif, efektif, dan mampu mendukung peningkatan efisiensi serta keselamatan operasional bongkar muat di kapal *bulk carrier*.

Metode Pengumpulan Data:

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung mekanisme pembukaan dan penutupan *hatch cover* pada kapal MV. Bulk Batavia selama pelaksanaan praktik laut. Pengamatan difokuskan pada kondisi roda dan rel *hatch cover*, khususnya pada proses pergerakan roda terhadap jalur rel saat operasional bongkar muat berlangsung.

2. Pengujian dan Uji Coba Sistem

Metode pengumpulan data dilakukan melalui proses pengujian langsung terhadap prototipe sistem deteksi dini yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan perubahan posisi roda terhadap rel untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca jarak secara akurat dan kontinu. Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk memastikan fungsi setiap komponen dapat bekerja sesuai dengan rancangan sistem dalam memberikan peringatan dini terhadap potensi dislokasi roda *hatch cover*.

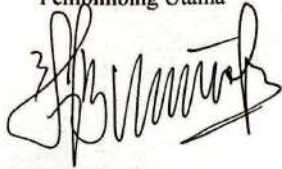
3. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data berupa foto, hasil pengujian alat, tampilan pembacaan sensor, serta proses perancangan dan perakitan sistem. Dokumentasi ini berfungsi sebagai data pendukung yang memperkuat hasil penelitian sekaligus memberikan gambaran mengenai tahapan pengembangan prototipe sistem deteksi dini dislokasi roda *hatch cover* berbasis *Internet of Things* (IoT).

Jakarta, 01 Desember 2025

Menyetujui

Pembimbing Utama



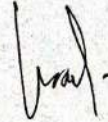
Capt. SAIDAL SIBURIAN, MM
NIP. 196309051998091002

Pembimbing Pendamping



ACHMAD BASHORI, S.Si., MT
NIP. 197702012006041019

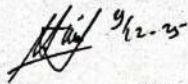
Penulis



TEGAR BINTANG SAMUDRA
NRP. 365221379

Mengetahui

Ketua Jurusan Nautika



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

Lampiran 6 Lembar Bimbingan Skripsi

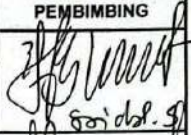
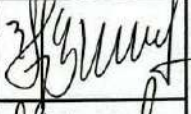
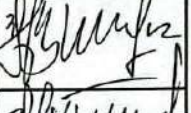
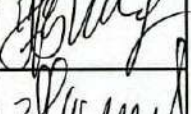
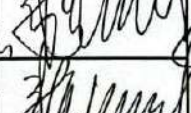
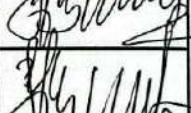
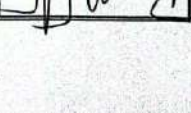


**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
PROGRAM DIPLOMA IV
JAKARTA**



PEMBIMBING I : Capt. SAIDAL SIBURIAN, MM

MATERI PEMBIMBING :

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	21/11.2025	- Pengantar synopsis skripsi	
2	26/11-2025	- Revisi synopsis skripsi & Kelayakan penulisan. - Rumusan masalah kedua.	
3	1/12-2025	- Lanjut ke Bab I - Kelayakan penulisan.	
4	23/01-2026	- Lanjut ke Bab II. - Landasan Teori, lihat Daftar Pustaka	
5	4/02-2026	- Revisi Bab II selesai. - Lanjut Bab III.	
6	5/03-2026	- Revisi Bab III. - Forum. - Kelayakan kebabab prosedur penelitian	
7	10/03-2026	- Lanjut Bab IV. - Pemecahan Masalah.	
8	7/05-2026	- Cross check Bab IV. - Pemecahan masalah. - Lanjut Kesimpulan & Saran	
9	11/5-2026	- Kesimpulan & Saran - Revisi.	
10	2/6-2026	- Revisi Bab I s.d. V. - Selesai. - Siap Disidangkan	

13/05/2026

Catatan :

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

FM.JR.1.028-R.2



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



PEMBIMBING II : ACHMAD BASHORI, S.Si., MT

MATERI PEMBIMBING :

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	24/11/25	Judul & Sinopsis	PR-hz
2	26/11/25	Kerangka pemikiran.	PR-hz
3	1/12/26	Etropsic	PR-hz
4	23/1/26	Bab I OK	PR-hz
5	5/2/26	Bab II Penisi penulisan	PR-hz
6	5/2/26	Bab II OK	PR-hz
7	5/3/26	Bab III Penisi penulisan	PR-hz
8	10/3/26	Bab III OK	PR-hz
9	7/5/26	Bab IV Penisi Rambu	PR-hz
10	12/5/26	Bab IV & V OK saya disidangkan.	PR-hz

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

13/05/26
103

Lampiran 7 Hasil Turnitin

Page 1 of 102 - Cover PageSubmission ID: trn:old::3618:139655891


Nr 20/06

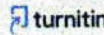
Perpustakaan STIP Jakarta

PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DINI DISLOKASI RODA HATCH COVER GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI BONGKAR ...

 Minggu

Document Details

Submission ID	trn:old::3618:139655891	85 Pages
Submission Date	May 20, 2026, 9:56 AM GMT+7	18,380 Words
Download Date	May 20, 2026, 9:58 AM GMT+7	120,997 Characters
File Name	BAB 1- 2 -3-4-5 FIX ORISINIL (1) - Tegar Bintang Samudra.pdf	
File Size	2.6 MB	

Page 1 of 102 - Cover PageSubmission ID: trn:old::3618:139655891

Dipindai dengan CamScanner

16% Overall Similarity

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

Exclusions

- 4 Excluded Sources

Top Sources

- 9%  Internet sources
- 5%  Publications
- 14%  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 8 Validasi Ahli I

Lembar Uji Validasi Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda *Hatch Cover* Berbasis ESP32

Tujuan : Memantau pergeseran posisi roda *hatch cover* secara *real-time*, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada awak kapal melalui indikator visual dan suara untuk mencegah dislokasi roda *hatch cover* serta memastikan kelancaran proses operasional bongkar muat.

Nama : Capt. Irfan Faouzun, MM.

Keahlian :

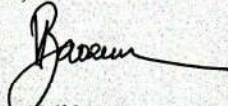
NO.	ASPEK	INDIKATOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Penempatan Komponen					✓
2	Fungsi Setiap Komponen					✓
3	Efektivitas Setiap Komponen					✓
4	Konsistensi Alat					✓
5	Keamanan Alat					✓

Komentar dan Saran :

Keterangan:

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

Jakarta, 14/04/2026


Validator
Irfan Faouzun.
(.....)

Lampiran 9 Validasi Ahli II

Lembar Uji Validasi Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda *Hatch Cover* Berbasis ESP32

Tujuan : Memantau pergeseran posisi roda *hatch cover* secara *real-time*, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada awak kapal melalui indikator visual dan suara untuk mencegah dislokasi roda *hatch cover* serta memastikan kelancaran proses operasional bongkar muat.

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

Keahlian :

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

Komentar dan Saran :

- Hapus Parameter Jarak di display.
- Perhatian terhadap konsistensi alat.

Keterangan:

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

Jakarta, 20 April 2026

Validator
(...Aditya Rnaldi...)

Lampiran 10 Validasi Ahli III

Lembar Uji Validasi Sistem Deteksi Dini Dislokasi Roda *Hatch Cover* Berbasis ESP32

Tujuan : Memantau pergeseran posisi roda *hatch cover* secara *real-time*, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada awak kapal melalui indikator visual dan suara untuk mencegah dislokasi roda *hatch cover* serta memastikan kelancaran proses operasional bongkar muat.

Nama : Capt. Abdul Rochman, M.M.

Keahlian :

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

Komentar dan Saran :

Uraian telah ditinjau dan disetujui

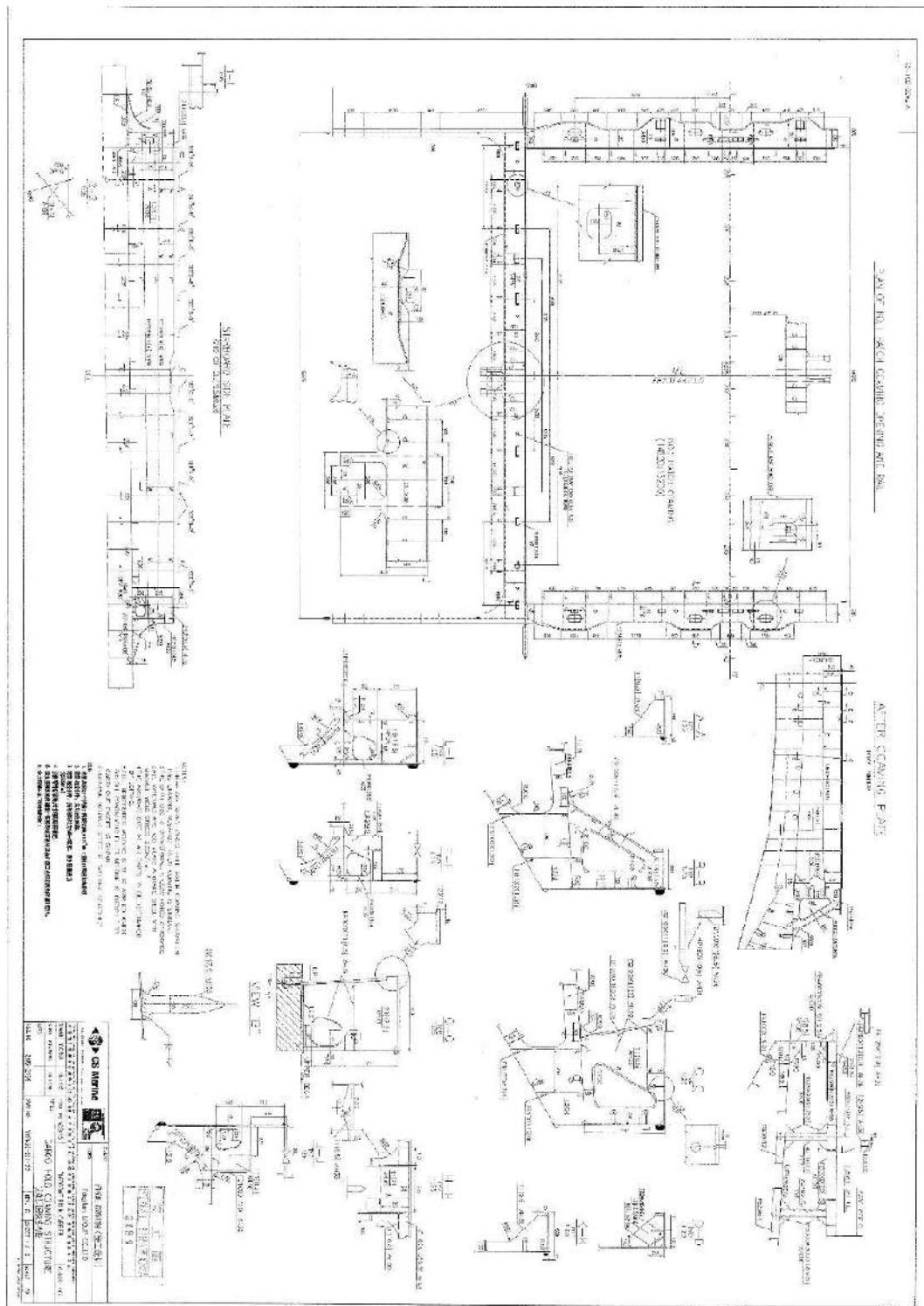
Keterangan:

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

Jakarta, 14-04-2026

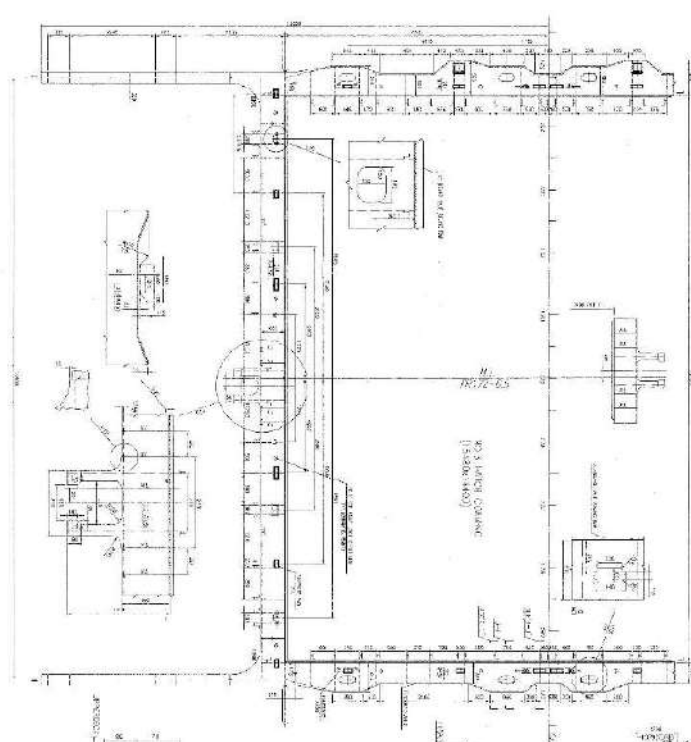
Validator
Capt. Abdul Rochman

Lampiran 11 *Cargo Hold Coaming Structure*

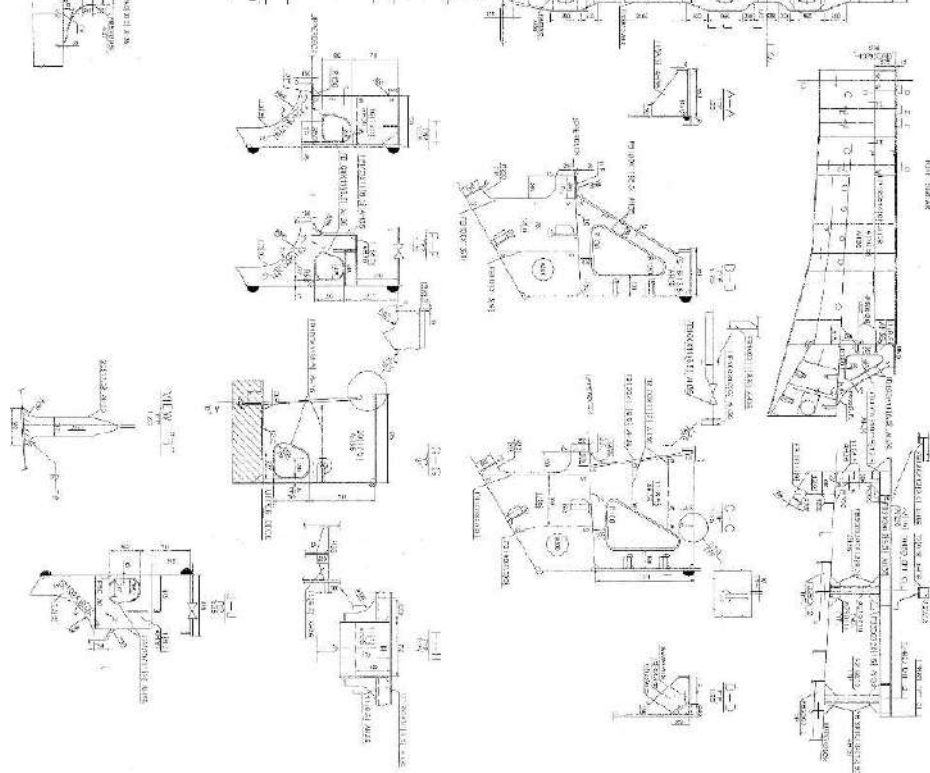




PLAN OF NO. 3 LATCH COAVING OPENING AND RAIL



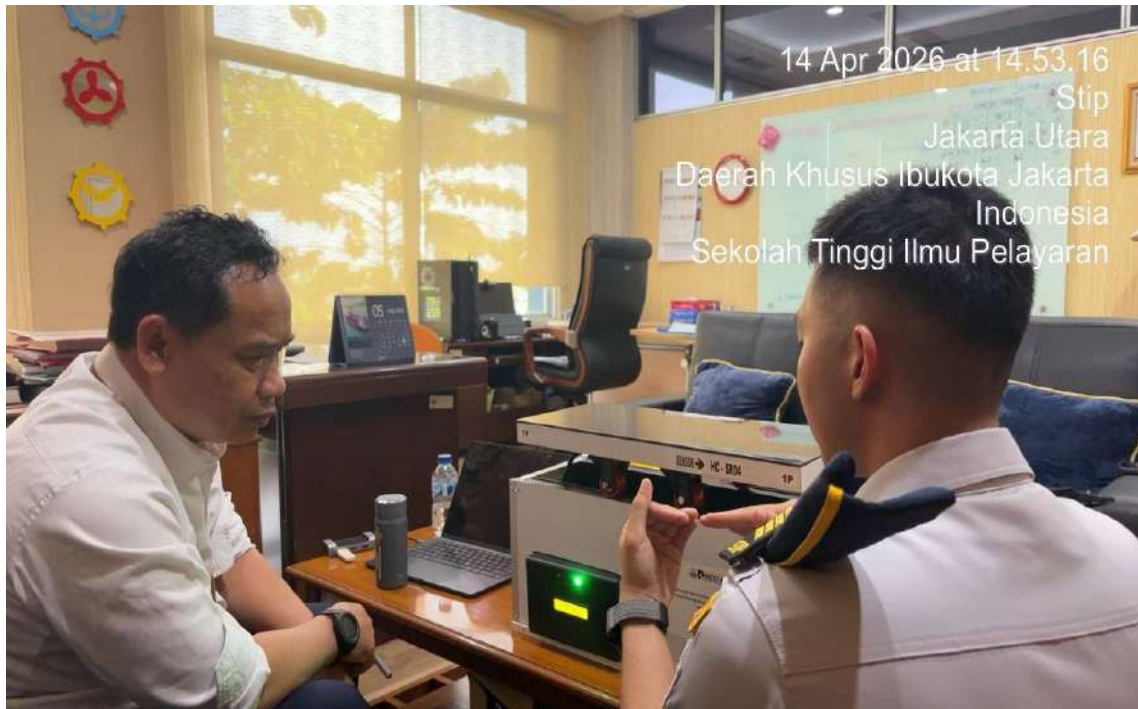
AFTER FOAMING PLANT
HOT WATER







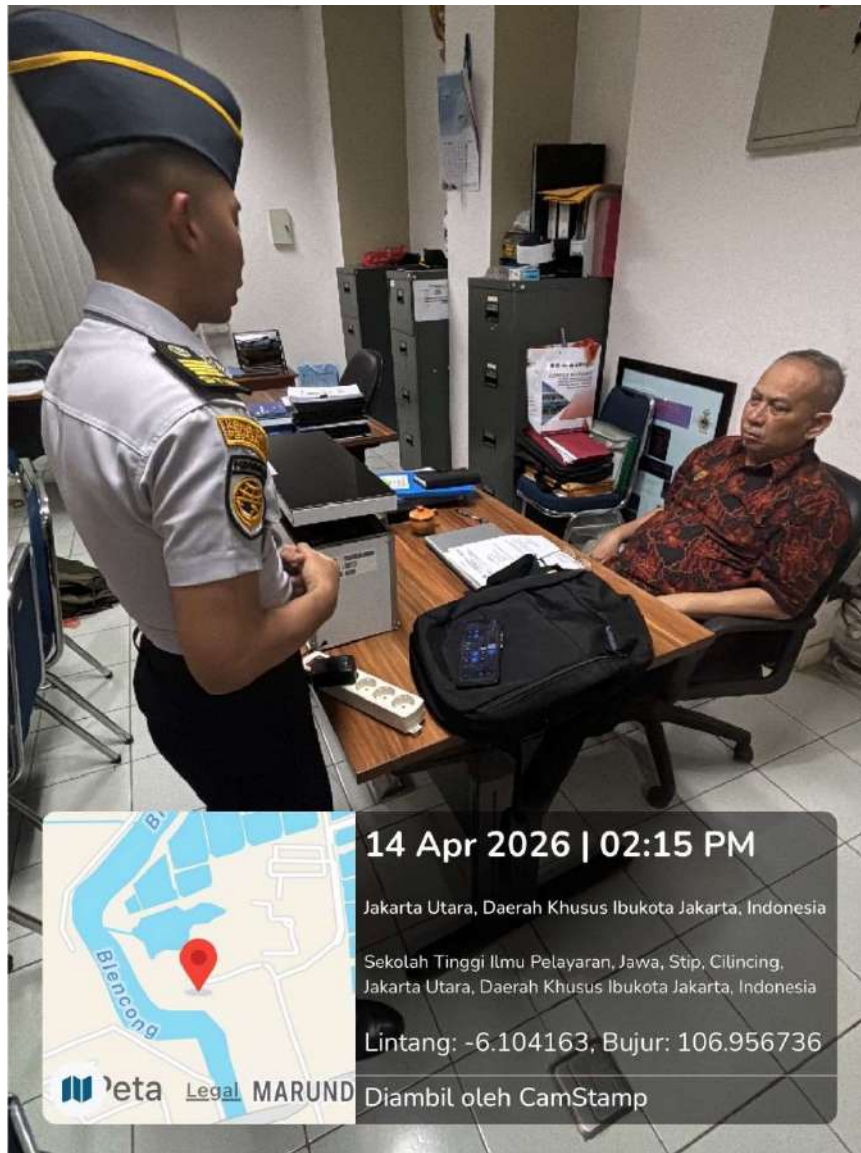
Lampiran 12 Pengujian Alat oleh Ahli I



Lampiran 13 Pengujian Alat oleh Ahli II



Lampiran 14 Pengujian Alat oleh Ahli III



Lampiran 15 Pengujian Alat oleh Pengguna



Lampiran 16 *Listing Program*

```
// ===== BLYNK =====
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6V2skfYBI"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "SENSOR DISLOKASI"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "M3LLf7eIGefJHBbqLEGVg92iODLBjMnJ"
#define WIFI_SSID "bulbusbow"
#define WIFI_PASS "bridge333"

#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// ===== PIN =====
#define TRIG_PIN 5
#define ECHO_PIN 18
#define BUZZ_PIN 33
#define LED_GREEN 23
#define LED_RED 4

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// ===== THRESHOLD (sesuai kalibrasi prototipe) =====
// Jarak normal: roda tepat di atas rel → sensor membaca ~4–10 cm
// Jika roda keluar rel → jarak berubah signifikan (< 4 cm atau > 10 cm)
#define JARAK_MIN_NORMAL 4 // cm — batas bawah posisi normal
#define JARAK_MAX_NORMAL 10 // cm — batas atas posisi normal
#define DEBOUNCE_COUNT 3 // Butuh N bacaan konsisten untuk ganti mode
#define SAMPLE_COUNT 5 // Jumlah sampel untuk median filter

// ===== MODE =====
enum Mode { NORMAL, RISK, ERROR_MODE };
Mode modeNow = ERROR_MODE;
Mode modePrev = ERROR_MODE;

// ===== TIMING =====
unsigned long lastSensorRead = 0;
unsigned long lastLcdUpdate = 0;
unsigned long lastBlynkUpdate = 0;
unsigned long lastBlink = 0;
unsigned long lastBeepToggle = 0;
unsigned long warningSince = 0; // kapan WARNING mulai terjadi

#define INTERVAL_SENSOR 80 // ms — interval baca sensor
#define INTERVAL_LCD 200 // ms — interval refresh LCD
#define INTERVAL_BLYNK 500 // ms — interval kirim ke Blynk
```

```

bool blinkState = false;
bool beepState = false;

// ===== DEBOUNCE STATE =====
Mode modeCandidate = ERROR_MODE;
int candidateCount = 0;

// ===== BUZZER (ledc) =====
#define BUZZ_CHANNEL 0
#define BUZZ_RES 8

void buzzerOff() {
    ledcWriteTone(BUZZ_PIN, 0);
    ledcWrite(BUZZ_PIN, 0);
}

void buzzerOn(int freq = 2500) {
    ledcWriteTone(BUZZ_PIN, freq);
    ledcWrite(BUZZ_PIN, 180);
}

// ===== MEDIAN FILTER =====
// Ambil 5 sampel cepat, kembalikan nilai median
// → mengeliminasi spike noise HC-SR04
long medianFilter() {
    long samples[SAMPLE_COUNT];
    for (int i = 0; i < SAMPLE_COUNT; i++) {
        // Trigger HC-SR04
        digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
        delayMicroseconds(2);
        digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
        digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

        long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 25000); // timeout 25ms
        if (duration == 0) {
            samples[i] = -1; // timeout / tidak terbaca
        } else {
            samples[i] = duration / 58; // konversi ke cm
        }
        delay(10); // jeda antar sampel
    }

    // Hitung berapa sampel valid
    int validCount = 0;
    long validSamples[SAMPLE_COUNT];
    for (int i = 0; i < SAMPLE_COUNT; i++) {

```

```

    if (samples[i] >= 2 && samples[i] <= 400) {
        validSamples[validCount++] = samples[i];
    }
}

if (validCount == 0) return -1; // semua sampel error

// Bubble sort sampel valid
for (int i = 0; i < validCount - 1; i++) {
    for (int j = 0; j < validCount - i - 1; j++) {
        if (validSamples[j] > validSamples[j + 1]) {
            long tmp = validSamples[j];
            validSamples[j] = validSamples[j + 1];
            validSamples[j + 1] = tmp;
        }
    }
}

return validSamples[validCount / 2]; // kembalikan median
}

// ===== CENTER TEXT LCD =====
void centerText(int row, String text) {
    int len = text.length();
    int col = (16 - len) / 2;
    if (col < 0) col = 0;
    lcd.setCursor(0, row);
    lcd.print(" "); // clear baris
    lcd.setCursor(col, row);
    lcd.print(text);
}

// ===== SETUP =====
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("=== SENSOR DISLOKASI RODA HATCH COVER v2 ===");

    pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
    pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
    pinMode(LED_RED, OUTPUT);

    ledcAttach(BUZZ_PIN, 2000, BUZZ_RES);

    Wire.begin();
    lcd.init();
    lcd.backlight();

```

```

// Startup screen
centerText(0, "SENSOR DISLOKASI");
centerText(1, "RODA HATCH COVER");
delay(1500);
lcd.clear();
centerText(0, "MV.Bulk Batavia");
centerText(1, "Menghubungkan...");
delay(500);

// Koneksi WiFi & Blynk
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
int wifiTry = 0;
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && wifiTry < 20) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
  wifiTry++;
}

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
  Serial.println("\nWiFi OK: " + WiFi.localIP().toString());
  Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);
  Blynk.connect(3000);
} else {
  Serial.println("\nWiFi GAGAL — mode offline");
  lcd.clear();
  centerText(0, "WiFi OFFLINE");
  centerText(1, "Sensor Aktif");
  delay(1500);
}

lcd.clear();
Serial.println("Sistem siap. Memulai monitoring...");
}

// ===== LOOP =====
void loop() {
  if (Blynk.connected()) Blynk.run();

  unsigned long now = millis();

  // ===== BACA SENSOR (tiap 80ms) =====
  if (now - lastSensorRead >= INTERVAL_SENSOR) {
    lastSensorRead = now;

    long cm = medianFilter();
  }
}

```

```

// --- Tentukan mode kandidat ---
Mode kandidat;
if (cm < 0) {
    kandidat = ERROR_MODE;
} else if (cm >= JARAK_MIN_NORMAL && cm <= JARAK_MAX_NORMAL) {
    kandidat = NORMAL;
} else {
    kandidat = RISK;
}

// --- Debounce: butuh DEBOUNCE_COUNT bacaan konsisten ---
if (kandidat == modeCandidate) {
    candidateCount++;
} else {
    modeCandidate = kandidat;
    candidateCount = 1;
}

if (candidateCount >= DEBOUNCE_COUNT) {
    if (modeNow != modeCandidate) {
        // Mode berubah — catat ke Serial
        if (modeCandidate == RISK) {
            warningSince = now;
            Serial.printf("[%lu ms] *** RISK DETECTED! Jarak: %ld cm ***\n", now, cm);
        } else if (modeCandidate == NORMAL && modeNow == RISK) {
            unsigned long durasi = now - warningSince;
            Serial.printf("[%lu ms] Kembali NORMAL. Durasi RISK: %lu ms\n", now, durasi);
        } else if (modeCandidate == ERROR_MODE) {
            Serial.printf("[%lu ms] SENSOR ERROR!\n", now);
        }
        modeNow = modeCandidate;
        candidateCount = 0; // reset counter setelah mode terkonfirmasi
    }
}

// Serial log tiap pembacaan
Serial.printf("Jarak: %ld cm | Mode: %s\n",
    cm,
    modeNow == NORMAL ? "NORMAL" :
    modeNow == RISK ? "RISK" : "ERROR");
}

// ===== UPDATE LCD (tiap 200ms) =====
if (now - lastLcdUpdate >= INTERVAL_LCD) {
    lastLcdUpdate = now;

    // Ambil jarak terkini untuk tampilan (1 sampel cepat)

```

```

digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
long dur = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 25000);
long dispCm = (dur == 0) ? -1 : dur / 58;

if (modeNow == NORMAL) {
    // Baris 1: STATUS NORMAL
    // Baris 2: Jarak aktual
    centerText(0, "STATUS: NORMAL");
    if (dispCm > 0) {
        String jarakStr = "Jarak: " + String(dispCm) + " cm";
        centerText(1, jarakStr);
    } else {
        centerText(1, "Jarak: -- cm");
    }
}

} else if (modeNow == RISK) {
    // Blink cepat antara dua pesan
    if (blinkState) {
        centerText(0, "!! RISK !!");
        if (dispCm > 0) {
            String jarakStr = "Jarak: " + String(dispCm) + " cm";
            centerText(1, jarakStr);
        } else {
            centerText(1, "DISLOKASI RODA!");
        }
    } else {
        centerText(0, "RODA KELUAR REL");
        centerText(1, "SEGERA PERIKSA!");
    }
}

} else { // ERROR_MODE
    centerText(0, "CEK SENSOR...");
    centerText(1, "Tidak Terbaca");
}
}

// ===== LED & BUZZER =====
if (modeNow == NORMAL) {
    // LED hijau nyala stabil (blink lambat 1 detik)
    if (now - lastBlink >= 1000) {
        lastBlink = now;
        blinkState = !blinkState;
    }
}

```

```

digitalWrite(LED_GREEN, blinkState);
digitalWrite(LED_RED, LOW);
buzzerOff();

} else if (modeNow == RISK) {
  // LED merah blink cepat 200ms
  if (now - lastBlink >= 200) {
    lastBlink = now;
    blinkState = !blinkState;
  }
  digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
  digitalWrite(LED_RED, blinkState);

  // Buzzer beep intermiten 150ms on / 150ms off
  if (now - lastBeepToggle >= 150) {
    lastBeepToggle = now;
    beepState = !beepState;
    if (beepState) buzzerOn(2800);
    else buzzerOff();
  }

} else { // ERROR_MODE
  digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
  digitalWrite(LED_RED, LOW);
  buzzerOff();
}

// ===== KIRIM KE BLYNK (tiap 500ms) =====
if (Blynk.connected() && (now - lastBlynkUpdate >= INTERVAL_BLYNK)) {
  lastBlynkUpdate = now;

  // Baca jarak sekali untuk Blynk
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  long dur2 = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 25000);
  long blynkCm = (dur2 == 0) ? -1 : dur2 / 58;

  // V0 = nilai jarak (cm)
  Blynk.virtualWrite(V0, blynkCm > 0 ? blynkCm : 0);

  // V1 = status teks
  if (modeNow == NORMAL) {
    Blynk.virtualWrite(V1, "NORMAL");
  } else if (modeNow == RISK) {

```

```

    Blynk.virtualWrite(V1, "RISK! DISLOKASI RODA");
  } else {
    Blynk.virtualWrite(V1, "ERROR SENSOR");
  }

  // V6 = indikator LED hijau di Blynk (255 = hijau)
  // V7 = indikator LED merah di Blynk (255 = merah)
  Blynk.virtualWrite(V6, modeNow == NORMAL ? 255 : 0);
  Blynk.virtualWrite(V7, modeNow == RISK ? 255 : 0);
}
}

```

Lampiran 17 Dislokasi pada roda *hatch cover*



Lampiran 18 Perawatan pada *operating lever hatch cover*



Lampiran 19 Pelumasan Roda *Hatch Cover* dengan *Grease*



Lampiran 20 *Maintenance Hydraulic Rack Pasca Dislokasi*



Lampiran 21 Jalur Rel Roda *Hatch Cover*



Lampiran 22 Pemantauan pergerakan roda *hatch cover* oleh awak kapal



Lampiran 23 Kondisi Palka Tertutup dan Terbuka dilihat dari Anjungan

