KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *MAN OVER BOARD* (MOB) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN KERJA AWAK KAPAL

Oleh:

MUHAMMAD ALFIN AZIZ
NRP. 365221413

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA-IV
JURUSAN NAUTIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *MAN OVER BOARD* (MOB) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN KERJA AWAK KAPAL

Diajukan Guna Memasuki Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh:

MUHAMMAD ALFIN AZIZ
NRP. 365221413

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA-IV
JURUSAN NAUTIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

STIP
JAKARTA

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	: Muhammad Alfin Aziz
NRP	: 365221413
Program Pendidikan	: Diploma IV
Program Studi	: Nautika
Judul	: Rancang Bangun Sistem Pendeteksi *Man Over Board* (MOB) Berbasis *Internet Of Things* (IoT) untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Awak Kapal

Jakarta, 18 Juni 2026
Penulis

M. Alfin Aziz

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	: Muhammad Alfin Aziz
NRP	: 365221413
Program Pendidikan	: Diploma IV
Program Studi	: Nautika
Judul	: Rancang Bangun Sistem Pendeteksi *Man Over Board* (MOB) Berbasis *Internet Of Things* (IoT) untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Awak Kapal

Jakarta, 18 Juni 2026

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Dr. Inayatur Robbany, M.Si., M.M. Tr.	Capt. Saidal Siburian, M.M.
Pembina Tk. I (IV/b)	Pembina Tk. I (IV/a)
NIP. 19660421 199103 2 002	NIP. 19630509 199809 1 002

Mengetahui;
Ketua Jurusan Nautika

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

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN

Nama	: Muhammad Alfin Aziz
NRP	: 365221413
Program Pendidikan	: Diploma IV
Program Studi	: Nautika
Judul	: Rancang Bangun Sistem Pendeteksi *Man Over Board* (MOB) Berbasis *Internet Of Things* (IoT) untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Awak Kapal

Jakarta, 26 Juni 2026

Ketua Penguji	Penguji Pendamping I	Penguji Pendamping II
Naomi Louhenapessy, S.Si.T., MM	Aditya Rinaldi, S.Si., M.Si	Dr. Inayatur Robbany, M.Si., M.M.Tr.
Penata Tk. I (III/d)	Penata Muda (III/a)	Pembina Tk. I (IV/b)
NIP. 19771122 200912 2 004	NIP. 19871107 202321 1 015	NIP. 19660421 199103 2 002

Mengetahui;
Ketua Jurusan Nautika

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dengan judul "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi *Man Over Board (MOB)* Berbasis *Internet Of Things* (IoT) untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Awak Kapal"

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

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang penulis hormati dan cintai, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar., selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia.
2. Ibu Capt. Suhartini, S.SiT., M.M., M.M.Tr., selaku ketua jurusan Nautika
3. Ibu Dr. Inayatur Robbany, M.Si., M.M. Tr. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping Utama, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan selama proses penyusunan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
4. Bapak Capt. Saidal Siburian, M.M., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk berdiskusi, dan memberikan arahan serta masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Civitas Akademika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta, khususnya jajaran Dosen, Instruktur, dan Perwira yang telah memberikan dedikasi bimbingan dan pengasuhan selama penulis menempuh pendidikan
6. Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral maupun material, motivasi, serta kasih sayang yang tidak pernah putus kepada penulis, yaitu

Ayah Zainal Aripin dan Ibu Rina Rosmalina, serta kakak pertama Milky Yudha Pratama dan kakak kedua Nadhila Aulia Dwi Putri. Terima kasih atas segala pengorbanan, kesabaran, dan kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

7. Seluruh kru MV. Lavinia Oldendorff dan staf kantor PT. Aweidhia Crew Management atas ilmu, dan pengalaman berharga yang telah diberikan kepada penulis selama melaksanakan praktik laut dan penelitian di MV. Lavinia Oldendorff.
8. Segenap Taruna/I Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta Angkatan 65, rekan kelas N8D, serta rekan kamar G-102, yang selalu memberikan dukungan, kebersamaan, motivasi, dan menjadi teman berbagi pengalaman serta bertukar pikiran selama penulis menempuh pendidikan.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, serta kontribusi dalam berbagai bentuk sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat berbagai kekurangan, baik dari segi penulisan, penyajian materi, maupun penggunaan bahasa, yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menyempurnakan penulisan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi para pembaca.

Jakarta, 18 Juni 2026
Penulis

MUHAMMAD ALFIN AZIZ
NRP. 365221413

DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS iii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI iv
TANDA PENGESAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR BAGAN xii
DAFTAR SINGKATAN xiii
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
ABSTRAK xvii
ABSTRACT xviii
BAB I PENDAHULUAN 1
A. LATAR BELAKANG 1
B. RUMUSAN MASALAH 3
C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN 3
D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN 4
BAB II LANDASAN TEORI 7
A. KAJIAN TEORI 7
B. PENELITIAN TERDAHULU 22
C. KERANGKA PEMIKIRAN 25
BAB III METODE PENELITIAN 27
A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN 27
B. MODEL PENELITIAN 28
C. SUMBER DATA 30
D. PROSEDUR PENELITIAN 32
E. UJI COBA PRODUK 39
F. DESAIN UJI COBA 42
G. SUBJEK UJI COBA 44
H. JENIS DATA 45
I. METODE DAN INSTRUMEN PENGUMPULAN DATA 47

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 52
A. HASIL PENELITIAN 52
B. PENYAJIAN DATA UJI COBA 65
C. HASIL ANALISIS DATA 77
D. HASIL PRODUK 80
E. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN 84
F. LUARAN PRODUK 87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 90
A. KESIMPULAN 90
B. SARAN 91
DAFTAR PUSTAKA 92
LAMPIRAN-LAMPIRAN 96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian 33
Gambar 3.2 Wiring Diagram Alat (*Transmitter*) Menggunakan Fritzing.....36
Gambar 3.3 Wiring Diagram Alat (*Receiver*) Menggunakan Fritzing 37
Gambar 3.4 Diagram Alir Logika Sensor Pendeteksi *Man Over Board* (MOB).....38
Gambar 4.1 ESP32-WROOM-32D.....53
Gambar 4.2 GPS NEO-6M.....54
Gambar 4.3 Sensor MPU-6050 (*Gyroscope* dan *Accelerometer*) 55
Gambar 4.4 *Water Level Sensor*.....56
Gambar 4.5 Buzzer.....57
Gambar 4.6 LED 58
Gambar 4.7 Baterai 18650.....59
Gambar 4.8 Potensiometer.....60
Gambar 4.9 LCD 16x02 + I2C 61
Gambar 4.10 *Push Button*.....62
Gambar 4.11 Adapter 5V 1A.....63
Gambar 4.12 *Website Visual Studio Code* 64
Gambar 4.13 *Sketch Program*.....64
Gambar 4.14 Hasil Uji Ketahanan Baterai 67
Gambar 4.15 Hasil Uji Deteksi Kondisi *Man Overboard* (MOB).....68
Gambar 4.16 Hasil Uji *Global Positioning System* (GPS).....69
Gambar 4.17 Hasil Uji *Receiver Unit* 71
Gambar 4.18 *Box Thinwall* (a) *Dan Box Custom* (b) 72
Gambar 4.19 Alat Pendeteksi *Man Overboard* (MOB) Berbasis *Internet of things* (IoT): (a) tampak luar *receiver unit*, (b) tampak luar *transmitter unit*, (c) bagian dalam rangkaian alat *receiver unit*, (d) bagian dalam rangkaian alat *transmitter unit* 81
Gambar 4.20 Rencana Penggrunaan Alat Pendeteksi *Man Overboard (MOB)*.....88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 22
Tabel 3.1 Keterangan Penelitian Validasi 49
Tabel 3.2 Presentase Penilaian Validasi 49
Tabel 4.1 Hasil Uji Jarak Komunikasi 66
Tabel 4.2 Hasil Uji Ketahanan Baterai 67
Tabel 4.3 Hasil Uji Deteksi Kondisi *Man Overboard* (MOB) 69
Tabel 4.4 Hasil Uji *Global Positioning System* (GPS) 70
Tabel 4.5 Hasil Uji *Receiver Unit* 71
Tabel 4.6 Hasil Uji *Waterproof Enclosure* 73
Tabel 4.7 Hasil Validasi Alat Oleh Ahli 74
Tabel 4.8 Skala Likert Penelitian 74
Tabel 4.9 Presentase Penilaian Validasi 75
Tabel 4.10 Hasil Penilaian Pengguna (Taruna) 75
Tabel 4.11 Skala Likert Penelitian 76
Tabel 4.12 Presentase Penilaian Validasi 76

DAFTAR BAGAN

Bagan 2.1 Kerangka Pemikiran 26

DAFTAR SINGKATAN

ACK	*Acknowledgement*
ADC	*Analog to Digital Converter*
BASARNAS	Badan SAR Nasional
GPS	*Global Positioning System*
I2C	*Inter-Integrated Circuit*
ILO	*International Labour Organization*
IMO	*International Maritime Organization*
IoT	*Internet of Things*
ISM Code	*International Safety Management Code*
LCD	*Liquid Crystal Display*
LED	*Light Emitting Diode*
MOB	*Man Overboard*
MV	*Motor Vessel*
PWM	*Pulse Width Modulation*
R&D	*Research and Development*
SAR	*Search and Rescue*
SOLAS	*Safety of Life at Sea*
SPI	*Serial Peripheral Interface*
STCW	*Standards of Training, Certification and Watchkeeping*
UART	*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*
UNCLOS	*United Nations Convention on the Law of the Sea*

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

A. Daftar Istilah

Istilah	Definisi
Akselerometer	Sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan atau perubahan gerakan pada suatu objek dalam berbagai arah
Buzzer	Komponen elektronik yang menghasilkan suara atau alarm sebagai tanda peringatan ketika kondisi darurat terdeteksi
False Alarm	Kondisi alarm aktif secara tidak tepat atau kesalahan deteksi sistem ketika sebenarnya tidak terjadi keadaan darurat. Pada penelitian ini dikurangi dengan kombinasi deteksi gerakan dan kontak air
Gyroscope	Sensor yang digunakan untuk mendeteksi orientasi atau perubahan sudut gerakan suatu objek
Hardware	Perangkat keras berupa komponen fisik yang digunakan dalam sistem, seperti sensor, mikrokontroler, LCD, GPS, dan buzzer
Mikrokontroler	Perangkat elektronik yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem untuk memproses data dari sensor dan menjalankan program yang telah dirancang
Potensiometer	Komponen elektronik berupa resistor variabel yang digunakan untuk mengatur atau mengubah besar nilai hambatan listrik pada sistem.
Prototype	Model atau bentuk awal suatu alat yang dibuat untuk diuji fungsi dan kinerjanya sebelum digunakan secara penuh
Push Button	Tombol tekan yang digunakan untuk memberikan perintah tertentu pada sistem, seperti menonaktifkan alarm melalui fitur acknowledgement (ACK)
Real Time	Proses pengiriman atau pembaruan informasi secara langsung saat kejadian berlangsung tanpa jeda waktu yang signifikan. Pada penelitian ini digunakan untuk menampilkan lokasi korban secara langsung

Software	Perangkat lunak berupa program atau instruksi yang digunakan untuk mengendalikan dan menjalankan sistem
Water Level Sensor	Sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan atau kontak dengan air sebagai indikator bahwa pengguna kemungkinan jatuh ke laut.
Wearable	Perangkat yang dirancang agar dapat dipakai langsung oleh pengguna, seperti gelang atau alat yang dikenakan awak kapal.

B. Daftar Simbol

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Arus listrik	Ampere
g	Massa	g (gram)
Hz	Frekuensi	Hz (Hertz)
m	Meter / panjang	m (meter)
mAh	Kapasitas baterai	mAh (milliampere-hour)
MHz	Frekuensi kerja	Megahertz
pin	Kaki/terminal pada komponen elektronik	-
V	Tegangan listrik	V (Volt)
%	Persentase	% (persen)
×	Operasi perkalian	-
±	Toleransi atau nilai lebih/kurang	-

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengajuan Sinopsis Skripsi 96
Lampiran 2. Pengajuan Judul Skripsi 100
Lampiran 3. Lembar Bimbingan Skripsi 102
Lampiran 4. Hasil Turnitin 104
Lampiran 5. MV. Lavinia Oldendorff.....106
Lampiran 6. *Ship Particulars*.....107
Lampiran 7. *Crew List* 108
Lampiran 8. Nota Dinas Ahli 1 109
Lampiran 9. Nota Dinas Ahli 2 110
Lampiran 10. Pengujian Alat oleh Ahli 1 111
Lampiran 11. Pengujian Alat oleh Ahli 2 112
Lampiran 12. Pengujian Alat oleh Pengguna.....113
Lampiran 13. Hasil Validasi oleh Ahli 1.....114
Lampiran 14. Hasil Validasi oleh Ahli 2.....115
Lampiran 15. Hasil Validasi oleh Pengguna 116
Lampiran 16. Proses Perancangan Alat 117
Lampiran 17. Listing Program *Transmitter Unit* 118
Lampiran 18. Listing Program *Receiver Unit*.....123

ABSTRAK

Muhammad Alfin Aziz, 2026. "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi *Man Over Board* (MOB) Berbasis *Internet Of Things* (IOT) Untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Awak Kapal"

Keselamatan awak kapal merupakan aspek penting dalam operasional pelayaran, khususnya dalam penanganan kejadian *Man Overboard* (MOB) atau awak kapal jatuh ke laut. Proses pendeteksian MOB yang masih mengandalkan pengamatan manual berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam proses penanganan dan penyelamatan korban. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi kejadian secara otomatis dan memberikan informasi lokasi korban secara *real-time*. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan tahapan perancangan, pembuatan, pengujian, dan evaluasi sistem. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32-WROOM-32D dengan memanfaatkan sensor MPU-6050 (akselerometer dan gyroscope), *water level sensor*, potensiometer, serta GPS NEO-6M. Sistem bekerja dengan mendeteksi kombinasi perubahan gerakan signifikan dan kontak dengan air untuk mengurangi kemungkinan kesalahan deteksi. Data darurat berupa status MOB, user ID, dan koordinat GPS dikirim menuju *receiver unit* di anjungan kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi kondisi *Man Overboard* (MOB) secara otomatis dengan menampilkan informasi darurat pada LCD *receiver unit* dalam waktu sekitar 2 detik. Alarm buzzer dapat aktif secara otomatis serta dinonaktifkan menggunakan push button acknowledgement (ACK) tanpa menghentikan pembaruan lokasi korban. Hasil uji kelayakan produk memperoleh nilai sebesar 100% dari validator ahli dan 93,5% dari taruna Program Studi Nautika, sehingga sistem dinyatakan sangat layak digunakan sebagai sistem pendukung keselamatan awak kapal. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kecepatan respon terhadap kejadian MOB serta membantu proses penyelamatan korban secara lebih efektif.

Kata kunci: Man Overboard (MOB), Internet of Things (IoT), ESP32, keselamatan awak kapal, GPS.

ABSTRACT

Muhammad Alfin Aziz, 2026. *"Design and Development of an Internet of Things* (IoT)-*Based Man Overboard* (MOB) *Detection System to Improve Ship Crew Occupational Safety"*

Crew safety is an important aspect of maritime operations, particularly in handling Man Overboard (MOB) incidents where crew members fall into the sea. The process of detecting MOB incidents that still relies on manual observation has the potential to cause delays in emergency response and rescue operations. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based Man Overboard (MOB) detection system capable of automatically detecting incidents and providing real-time victim location information. This study employed the Research and Development (R&D) method through stages of system design, development, testing, and evaluation. The system was developed using the ESP32-WROOM-32D microcontroller integrated with MPU-6050 sensors (accelerometer and gyroscope), a water level sensor, potentiometer, and GPS NEO-6M module. The system works by detecting a combination of significant movement changes and water contact to reduce false detection possibilities. Emergency data consisting of MOB status, user ID, and GPS coordinates are transmitted to the receiver unit located on the ship's bridge. The results showed that the system successfully detected Man Overboard (MOB) conditions automatically by displaying emergency information on the receiver unit LCD within approximately 2 seconds. The buzzer alarm was activated automatically and could be deactivated using an acknowledgement (ACK) push button without interrupting victim location updates. Product feasibility evaluation results obtained a score of 100% from expert validators and 93.5% from Nautical Study Program cadets, indicating that the system is highly feasible as a crew safety support system. This system is expected to improve response speed to MOB incidents and assist rescue operations more effectively.

Keywords: Man Overboard (MOB), Internet of Things (IoT), ESP32, crew safety, GPS.

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Keselamatan kerja di atas kapal merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam operasional pelayaran di seluruh jenis kapal, baik kapal niaga, kapal penumpang, maupun kapal khusus lainnya. Lingkungan kerja di kapal memiliki tingkat risiko yang tinggi karena dipengaruhi oleh kondisi cuaca, pergerakan kapal, serta aktivitas kerja di area terbuka seperti geladak. Salah satu keadaan darurat yang paling kritis dalam operasional kapal adalah insiden *Man Overboard* (MOB), yaitu kondisi ketika seorang awak kapal terjatuh ke laut dan membutuhkan penanganan segera untuk mencegah terjadinya fatalitas. Menurut Soliman (2017), keberhasilan penyelamatan korban *Man Overboard* (MOB) sangat bergantung pada kecepatan deteksi awal, karena korban dapat dengan cepat menjauh dari kapal akibat pengaruh arus dan gelombang laut.

Pada kondisi *eksisting*, deteksi insiden *Man Overboard* (MOB) di kapal masih didominasi oleh pengamatan visual awak kapal lain. Metode ini memiliki keterbatasan yang signifikan, terutama ketika awak kapal bekerja sendiri, pada saat kondisi cuaca buruk, atau ketika jarak pandang terbatas. Soliman (2017) juga menjelaskan bahwa banyak kejadian *Man Overboard* (MOB) tidak segera diketahui karena tidak adanya saksi di sekitar lokasi kejadian, sehingga respon penyelamatan menjadi terlambat dan peluang korban untuk diselamatkan semakin kecil.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya *Internet of Things* (IoT), memberikan peluang untuk meningkatkan sistem keselamatan kerja di lingkungan maritim. *Internet of Things* (IoT) memungkinkan perangkat fisik yang dilengkapi sensor untuk saling terhubung dan bertukar data secara

otomatis serta *real-time*. Afridon et al. (2020) menyatakan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem keselamatan kapal mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi berbahaya melalui penggunaan sensor dan sistem komunikasi nirkabel, sehingga potensi keterlambatan respon dapat dikurangi.

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam bidang keselamatan kapal juga telah diterapkan pada berbagai penelitian, seperti sistem pendeteksi kebocoran air dan sistem *monitoring* kondisi kapal. Ananta et al. (2019) menunjukkan bahwa sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu mendeteksi kondisi abnormal dan memberikan peringatan dini secara *real-time*, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dalam situasi darurat. Meskipun demikian, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang secara khusus difokuskan pada deteksi insiden *Man Overboard* (MOB) masih relatif terbatas.

Selain aspek teknologi, keselamatan kerja di kapal juga diatur dalam regulasi maritim internasional. *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) yang dikeluarkan oleh *International Maritime Organization* (IMO) merupakan regulasi utama yang mengatur keselamatan jiwa di laut, termasuk kewajiban penyediaan peralatan keselamatan dan pelaksanaan prosedur darurat di kapal. Namun demikian, sebagaimana dijelaskan oleh *Maritime Education* (2025), ketentuan *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) lebih menekankan pada prosedur tanggap darurat dan latihan penanganan *Man Overboard* (MOB), tanpa mewajibkan adanya sistem deteksi otomatis untuk mengidentifikasi kejadian *Man Overboard* (MOB) pada saat terjadinya insiden.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat kesenjangan antara kebutuhan akan sistem deteksi *Man Overboard* (MOB) yang cepat dan otomatis dengan sistem keselamatan yang saat ini diterapkan di kapal. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi berbasis teknologi yang mampu mendeteksi kejadian *Man Overboard* (MOB) secara otomatis dan mengirimkan peringatan darurat secara *real-time* ke anjungan kapal. Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, penulis bermaksud mengkaji topik tersebut lebih lanjut melalui penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi *Man Over Board* (MOB) Berbasis *Internet Of Things* (IoT) untuk Meningkatkan

Keselamatan Kerja Awak Kapal". Diharapkan menjadi alternatif solusi dalam meningkatkan keselamatan kerja awak kapal.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Merancang dan membangun *prototype* sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi kemungkinan awak kapal jatuh ke laut secara otomatis melalui mekanisme validasi ganda (*dual confirmation*) menggunakan kombinasi *accelerometer sensor* dan *water level sensor* ?
2. Bagaimana sistem tersebut dapat mengirimkan peringatan darurat secara *real-time* ke anjungan untuk mempercepat respon evakuasi saat terjadi insiden *Man Overboard* (MOB)?

C. TUJUAN DAN MANFAAT PENGEMBANGAN

1. Tujuan Pengembangan

   Tujuan dari penelitian dan pengembangan (*research and development*) ini adalah sebagai berikut:

   a. Merancang dan membangun *prototype* sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi kemungkinan awak kapal jatuh ke laut secara otomatis melalui mekanisme validasi ganda (*dual confirmation*) menggunakan kombinasi *accelerometer sensor* dan *water level sensor*.
   b. Menghasilkan sistem peringatan darurat yang mampu mengirimkan notifikasi secara *real-time* ke anjungan, sehingga dapat mempercepat respon evakuasi dan meningkatkan efektivitas penanganan insiden *Man Overboard* (MOB) di kapal.

2. Manfaat Pengembangan

   Adapun manfaat yang diharapkan dari pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

   a. Bagi awak kapal, sistem ini dapat meningkatkan keselamatan kerja dengan menyediakan peringatan otomatis ketika terjadi insiden *Man Overboard* (MOB), terutama ketika awak bekerja sendirian tanpa pengawasan visual.

b. Bagi perusahaan pelayaran, sistem ini dapat menjadi alternatif teknologi keselamatan tambahan yang mendukung upaya pencegahan kecelakaan kerja dan meningkatkan standar keselamatan di kapal.

c. Bagi institusi pendidikan dan penelitian, hasil pengembangan ini dapat menjadi referensi dan bahan pembelajaran mengenai penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) di bidang keselamatan maritim.

d. Bagi peneliti selanjutnya, pengembangan ini dapat menjadi dasar untuk inovasi lanjutan seperti integrasi dengan sistem navigasi, pelacakan posisi otomatis, atau perluasan jangkauan komunikasi.

D. SPESIFIKASI PRODUK YANG DIKEMBANGKAN

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terdiri dari dua unit perangkat utama, yaitu Unit Awak (*Transmitter*) dan Unit Anjungan (*Receiver*). Sistem ini dirancang untuk mendeteksi pola gerakan jatuh, kontak dengan air, serta mengirimkan peringatan darurat secara *real-time* ke anjungan menggunakan modul komunikasi nirkabel. Adapun spesifikasi masing-masing perangkat adalah sebagai berikut:

1. Unit Awak (*Transmitter*)

   Unit ini dirancang sebagai perangkat yang dipakai oleh awak kapal pada saat bekerja di area geladak. Fungsi utama unit ini adalah mendeteksi indikasi jatuh ke laut melalui sensor akselerometer dan *water level sensor*, kemudian mengirimkan sinyal darurat secara otomatis ke unit penerima di anjungan. Spesifikasinya sebagai berikut:

   a. Mikrokontrole*r*: ESP32-WROOM-32D untuk komunikasi antar alat dengan menggunakan jaringan tanpa kabel.

   b. *Accelerometer sensor*: MPU-6050 digunakan untuk mendeteksi perubahan gerakan dan orientasi yang mengindikasikan awak kapal terjatuh.

   c. *water level sensor*: Sensor yang digunakan untuk mendeteksi apakah awak terendam air.

d. *Global Positioning System* (GPS): Modul GPS NEO-6M digunakan untuk menentukan dan mengirimkan koordinat lokasi korban *Man Overboard* (MOB).

e. Indikator: LED dan buzzer sebagai penanda status perangkat.

f. Daya: Baterai Li-ion 18650.

g. Potensiometer: Potensiometer merupakan komponen elektronika variabel yang digunakan untuk mengatur tingkat sensitivitas pembacaan pada *water level sensor.*

2. Unit Anjungan (*Receiver* / *Bridge Unit*)

Unit ini berfungsi sebagai perangkat penerima yang ditempatkan di anjungan untuk menampilkan notifikasi *Man Overboard* (MOB) secara visual dan audio saat menerima sinyal darurat dari Unit Awak. Spesifikasinya sebagai berikut:

a. *Mikrokontroler*: ESP32-WROOM-32D sebagai modul penerima dan pemroses data.

b. Tampilan : LCD 16x02 dengan modul I2C (PCF8574) untuk menampilkan informasi seperti:

   1) ID perangkat awak

   2) Status sinyal

   3) Data sensor *Global Positioning System* (GPS)

c. Alarm Audio: buzzer sebagai penanda status perangkat.

d. *Push button*: Digunakan untuk menonaktifkan alarm setelah notifikasi *Man Overboard* (MOB) diterima.

e. Daya: Menggunakan adapter 5V 1A.

3. Fitur Utama Sistem

Fitur utama sistem merupakan komponen fungsi yang dirancang untuk memastikan alat pendeteksi dapat bekerja secara efektif, andal, dan sesuai dengan kebutuhan keselamatan kerja awak kapal. Fitur-fitur ini tidak hanya berperan dalam mendeteksi kejadian awak kapal jatuh ke laut, tetapi juga menjamin proses pengiriman informasi darurat berlangsung secara cepat, akurat, dan berkelanjutan. Perancangan fitur utama dilakukan dengan

mempertimbangkan kondisi operasional kapal yang dinamis, kebutuhan respon darurat, serta aspek keandalan komunikasi dan efisiensi energi perangkat. Adapun fitur utama sistem yang dirancang dalam penelitian ini meliputi:

a. Deteksi otomatis jatuh ke laut melalui kombinasi sensor akselerometer dan *water level sensor*.
b. Pengiriman sinyal darurat secara *real-time* menggunakan *ESP-NOW*.
c. Sistem notifikasi berlapis berupa tampilan visual dan alarm audio di anjungan.
d. Mekanisme *Acknowledgement* (ACK) dan *retransmission* untuk meningkatkan keandalan komunikasi.
e. Konsumsi daya rendah agar perangkat dapat berfungsi dalam jangka waktu panjang.

BAB II
LANDASAN TEORI

A. KAJIAN TEORI

Bab ini menguraikan landasan teori yang digunakan sebagai dasar pemikiran dalam penelitian mengenai rancang bangun sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) Kajian teori ini disusun untuk memberikan pemahaman yang terstruktur dan sistematis mengenai konsep perancangan sistem, keselamatan kerja di kapal, kejadian *Man Overboard* (MOB), sistem *monitoring*, serta teknologi pendukung yang digunakan dalam perancangan alat. Dengan adanya landasan teori yang kuat, penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan secara terarah dan menghasilkan solusi teknis yang relevan terhadap permasalahan keselamatan kerja di kapal.

1. Perancangan (*Design*)

Perancangan merupakan tahapan penting dalam proses pengembangan suatu sistem teknik, khususnya sistem yang berbasis teknologi. Perancangan dapat dipahami sebagai proses sistematis untuk mengubah permasalahan nyata yang terjadi di lapangan menjadi suatu solusi teknis yang dapat diimplementasikan. Proses perancangan meliputi tahapan identifikasi kebutuhan, analisis permasalahan, perumusan konsep solusi, pemilihan komponen, hingga penyusunan rancangan sistem secara menyeluruh.

Dalam konteks sistem keselamatan berbasis teknologi, perancangan tidak hanya berfokus pada aspek fisik perangkat, tetapi juga mencakup integrasi fungsi antar komponen, tingkat keandalan sistem, serta kemudahan penggunaan oleh pengguna. Pressman (2014) menyatakan bahwa perancangan.

berfungsi sebagai jembatan antara kebutuhan pengguna dan implementasi teknis sistem, sehingga kesalahan pada tahap perancangan dapat berdampak langsung terhadap kinerja sistem secara keseluruhan. Perancangan sistem Pendeteksi *Man Overboard* (MOB*)* harus mempertimbangkan kondisi lingkungan kerja di kapal yang dinamis, seperti getaran, kelembapan tinggi, serta paparan air laut. Sommerville (2016) menegaskan bahwa sistem yang digunakan pada lingkungan berisiko tinggi harus dirancang dengan memperhatikan aspek keandalan dan keselamatan, sehingga sistem tetap mampu berfungsi dengan baik pada kondisi operasional yang ekstrem.

Selain itu perancangan sistem keselamatan di kapal juga harus selaras dengan prinsip manajemen keselamatan sebagaimana diatur dalam *International Safety Management Code* (ISM Code) yang dikeluarkan oleh *International Maritime Organization* (IMO). Kode tersebut menekankan pentingnya pencegahan kecelakaan dan perlindungan jiwa di laut melalui penerapan sistem yang dirancang secara sistematis dan terdokumentasi dengan baik (*International Maritime Organization*, 2018).

2. Keselamatan Kerja di Kapal

Keselamatan kerja di kapal merupakan upaya perlindungan terhadap awak kapal dari potensi bahaya yang dapat timbul selama kegiatan operasional pelayaran. Lingkungan kerja di kapal memiliki tingkat risiko yang tinggi karena dipengaruhi oleh kondisi cuaca, pergerakan kapal, serta aktivitas kerja di area terbuka seperti geladak. Faktor-faktor tersebut meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja apabila tidak diiringi dengan sistem pengawasan dan mitigasi risiko yang memadai (*risk mitigation*). Menurut Dalia et al. (2021), lingkungan kerja di sektor maritim memiliki karakteristik risiko yang kompleks antara lain; karena interaksi dinamis antara awak kapal, peralatan kerja, dan kondisi laut sehingga menuntut sistem keselamatan yang komprehensif dan adaptif.

Salah satu pendekatan untuk meningkatkan keselamatan kerja adalah penerapan sistem keselamatan berbasis teknologi yang mampu memberikan peringatan dini terhadap kondisi berbahaya sehingga tindakan korektif dapat dilakukan lebih cepat. Dengan dukungan teknologi, ketergantungan terhadap

pengawasan manual dapat dikurangi, sehingga potensi kesalahan manusia (*human error*) dapat diminimalkan. Penelitian oleh Rahman et al. (2019) menunjukkan bahwa sistem *monitoring* berbasis sensor mampu mengurangi keterlambatan respon terhadap kejadian darurat hingga lebih dari 40 % dibandingkan metode konvensional, terutama pada kondisi operasi yang padat dan penuh tekanan.

International Labour Organization (ILO) menyatakan bahwa kecelakaan kerja di sektor maritim, termasuk kejadian jatuh ke laut, merupakan salah satu penyebab utama cedera serius dan kematian awak kapal (International Labour Organization, 2019). Selain itu, *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) menegaskan bahwa keselamatan jiwa di laut merupakan prioritas utama dalam operasional kapal, sehingga diperlukan sistem dan prosedur yang mendukung pencegahan kecelakaan serta penanganan keadaan darurat secara efektif (*International Maritime Organization* (IMO), 2020). Dalam konteks ini, penerapan sistem keselamatan yang didukung oleh teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan sistem *monitoring* otomatis dianggap sebagai upaya penting untuk memenuhi tujuan regulasi tersebut, sebagaimana dikemukakan dalam kajian teknologi keselamatan maritim oleh Hussain et al. (2022).

3. *Man Overboard*

Man Overboard (MOB) merupakan kondisi darurat di kapal yang terjadi ketika seorang awak kapal terjatuh ke laut, baik saat kapal sedang berlayar maupun dalam keadaan berlabuh. Insiden ini termasuk salah satu keadaan darurat paling kritis dalam operasi pelayaran karena berpotensi menyebabkan cedera serius atau kehilangan jiwa apabila tidak segera ditangani. Lingkungan laut yang dinamis, arus, gelombang, serta jarak pandang yang terbatas dapat mempercepat hilangnya korban dari jangkauan kapal.

Keberhasilan penanganan insiden *Man Overboard* (MOB) sangat bergantung pada kecepatan deteksi dan respons awal. Semakin cepat kejadian teridentifikasi, semakin besar peluang korban untuk diselamatkan. Menurut Chauvin et al. (2013), keterlambatan dalam mengenali kejadian darurat di kapal merupakan salah satu faktor utama yang meningkatkan risiko fatalitas

dalam operasi maritim. Oleh karena itu, sistem deteksi dini menjadi komponen penting dalam manajemen keselamatan kapal. Dari sisi regulasi, prosedur penanganan *Man Overboard* (MOB) diatur dalam *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) yang dikeluarkan oleh *International Maritime Organization* (IMO). Regulasi tersebut menekankan bahwa kapal harus memiliki prosedur tanggap darurat yang jelas, termasuk latihan awak kapal dan penggunaan peralatan keselamatan untuk mempercepat proses evakuasi korban jatuh ke laut (*International Maritime Organization*, 2020).

Perkembangan teknologi memungkinkan penerapan sistem pendeteksi otomatis untuk mendukung identifikasi kejadian *Man Overboard* (MOB). Penelitian oleh Basar et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi sensor akselerometer dan komunikasi nirkabel dalam sistem *monitoring* mampu meningkatkan kecepatan deteksi kejadian jatuh secara signifikan dibandingkan metode pengamatan visual semata. Sistem otomatis ini membantu mengurangi ketergantungan pada saksi manusia, yang sering menjadi keterbatasan utama dalam situasi kerja individual di geladak kapal.

Dengan demikian, penerapan sistem pendeteksi berbasis teknologi dalam insiden *Man Overboard* (MOB) merupakan langkah strategis untuk meningkatkan keselamatan awak kapal. Sistem ini tidak hanya mempercepat identifikasi kejadian darurat, tetapi juga mendukung pelaksanaan prosedur penyelamatan sesuai standar keselamatan maritim internasional.

4. Potensiometer

Potensiometer merupakan komponen elektronika berupa resistor variabel yang digunakan untuk mengatur besar hambatan listrik pada suatu rangkaian. Komponen ini banyak digunakan dalam sistem elektronika untuk mengendalikan tingkat sensitivitas, tegangan, atau arus pada perangkat tertentu. Potensiometer bekerja dengan prinsip perubahan resistansi melalui pergeseran posisi pengatur (*adjustment knob*), sehingga nilai keluaran dapat disesuaikan sesuai kebutuhan sistem.

Menurut Floyd (2015), potensiometer termasuk jenis resistor variabel yang berfungsi untuk mengontrol parameter listrik pada suatu rangkaian dengan cara mengubah nilai resistansi secara manual. Penggunaan

potensiometer dalam sistem elektronika bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas pengaturan sistem agar sesuai dengan kondisi operasional yang dihadapi. Dalam penelitian ini, potensiometer digunakan sebagai pengatur sensitivitas *water level sensor* pada sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB). Pengaturan sensitivitas dilakukan untuk menyesuaikan ambang batas deteksi air sehingga sistem tidak mudah menghasilkan alarm palsu (*false alarm*) akibat cipratan air laut saat aktivitas kerja normal di atas kapal.

Lingkungan kerja maritim memiliki tingkat paparan air yang tinggi, terutama pada area geladak kapal yang sering terkena ombak dan percikan air laut. Oleh karena itu, pengaturan sensitivitas sensor menjadi penting agar sistem hanya aktif ketika perangkat mengalami kontak air dalam jumlah signifikan yang mengindikasikan kondisi jatuh ke laut. Dengan adanya potensiometer, sensitivitas sensor dapat diatur sehingga sistem mampu membedakan antara paparan air ringan dan kondisi darurat secara lebih akurat.

Penggunaan potensiometer dalam sistem ini diharapkan mampu meningkatkan kestabilan sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB), mengurangi kesalahan deteksi, serta meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini di lingkungan kerja maritim.

5. Sistem *Monitoring*

Sistem *monitoring* merupakan sistem yang dirancang untuk melakukan pemantauan terhadap kondisi atau parameter tertentu secara berkelanjutan. Sistem ini umumnya terdiri dari sensor sebagai alat pendeteksi, unit pemrosesan data, serta media tampilan atau notifikasi sebagai keluaran informasi.

Dalam bidang keselamatan maritim, sistem *monitoring* berperan penting dalam mendeteksi kondisi abnormal yang berpotensi membahayakan awak kapal. Penerapan sistem *monitoring* otomatis memungkinkan pengawasan dilakukan secara waktu nyata tanpa sepenuhnya bergantung pada pengamatan visual manusia. Afridon et al. (2020) menyatakan bahwa sistem *monitoring* berbasis sensor mampu meningkatkan efektivitas deteksi kondisi darurat di kapal.

6. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan komunikasi tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung. Perangkat berbasis *Internet of Things* (IoT) umumnya dilengkapi dengan sensor, mikrokontroler, serta modul komunikasi yang memungkinkan pengiriman data secara otomatis dan waktu nyata (*real-time*). Teknologi ini tidak hanya membangun konektivitas antar perangkat, tetapi juga mendukung proses pengolahan data terdistribusi (*distributed data processing*) yang memungkinkan sistem bekerja secara cerdas dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Menurut Atzori et al. (2010), *Internet of Things* (IoT) merupakan paradigma komunikasi yang memungkinkan objek fisik memiliki identitas unik serta kemampuan untuk berinteraksi melalui jaringan digital, sehingga mendukung sistem pemantauan otomatis dalam berbagai sektor berisiko tinggi. Borgia (2014) menambahkan bahwa integrasi sensor dan jaringan komunikasi dalam *Internet of Things* (IoT) memungkinkan perangkat untuk mendeteksi kondisi lingkungan secara akurat serta mengirimkan informasi secara cepat guna mendukung sistem pengambilan keputusan.

Dalam konteks sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB), *Internet of Things* (IoT) berperan sebagai penghubung antara perangkat yang dikenakan awak kapal dengan unit pemantauan di anjungan. Data dari sensor akselerometer dan *water level sensor* dapat dikirim secara *real-time* melalui jaringan komunikasi nirkabel ke sistem pusat untuk dianalisis dan direspon. Kemampuan ini memungkinkan terciptanya sistem pemantauan otomatis yang lebih responsif terhadap kondisi darurat di lingkungan kerja maritim yang dinamis. Zanella et al. (2014) menjelaskan bahwa penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam sistem *monitoring* berbasis sensor mampu meningkatkan kecepatan pertukaran informasi serta keandalan sistem komunikasi, yang sangat penting dalam aplikasi keselamatan kerja dan deteksi dini kondisi darurat.

7. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronik yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan dan pengendali dalam sebuah sistem terbenam (*embedded system*). ESP32 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, konsumsi daya rendah (*low power consumption*), serta dilengkapi dengan fasilitas komunikasi nirkabel seperti *Wi-Fi* dan *Bluetooth*. ESP32 juga memiliki memori internal yang cukup besar serta dukungan antarmuka (*interface*) untuk beragam sensor dan modul eksternal, sehingga cocok untuk aplikasi *real-time* dan sistem pemantauan yang kompleks.

Dalam sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB), ESP32 berperan sebagai pusat kendali utama yang memproses data dari berbagai sensor, seperti sensor akselerometer (*accelerometer and gyroscope*) dan *water level sensor*. ESP32 menerima dan mengolah data ini untuk menentukan apakah suatu kondisi darurat, seperti jatuh ke laut, telah terjadi. Setelah kondisi darurat terdeteksi, mikrokontroler ini kemudian mengaktifkan mekanisme pengiriman peringatan secara otomatis ke unit penerima yang berada di anjungan kapal melalui modul komunikasi nirkabel yang terintegrasi.

Menurut Kusuma dan Prasetyo (2021), ESP32 menunjukkan performa yang stabil dalam aplikasi *monitoring* waktu nyata (*real-time monitoring*) yang membutuhkan pemrosesan data secara cepat dan komunikasi yang andal. Studi lain oleh Zhang et al. (2020) juga menunjukkan bahwa mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) seperti ESP32 mampu menangani pengolahan data sensor secara simultan dengan latensi rendah, sehingga menjadi pilihan tepat untuk sistem *Internet of Things* (IoT) yang menuntut respon cepat dan akurat terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Selain itu, penggunaan ESP32 dalam sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) juga didukung oleh kemampuannya untuk dikonfigurasi dengan protokol komunikasi ringan seperti *ESP-NOW* yang memungkinkan pengiriman pesan antar perangkat secara langsung tanpa harus bergantung pada jaringan *Wi-Fi* atau internet. Hal ini relevan dalam konteks operasi kapal laut

di mana konektivitas internet bisa tidak stabil, tetapi sistem tetap harus menjaga keandalan komunikasi peringatan darurat.

Dengan mempertimbangkan kemampuan pemrosesan, fleksibilitas antarmuka sensor, serta kemampuan komunikasi nirkabelnya, ESP32 menjadi pilihan komponen utama dalam desain sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang responsif dan efisien dalam penggunaan daya.

8. Sensor akselerometer

Sensor akselerometer seperti akselerometer (*accelerometer*) dan giroskop (*gyroscope*) merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi perubahan percepatan dan orientasi suatu objek. Akselerometer berfungsi mengukur percepatan linier pada beberapa sumbu, sedangkan giroskop digunakan untuk mengukur perubahan sudut atau kecepatan rotasi (*angular velocity*). Sensor-sensor ini banyak dimanfaatkan dalam sistem keselamatan karena kemampuannya dalam mengenali pola gerakan yang tidak normal secara waktu nyata (*real-time*).

Dalam sistem keselamatan kerja dan teknologi deteksi kondisi darurat, sensor akselerometer memiliki peran penting dalam mengidentifikasi perubahan gerakan yang tidak biasa, seperti pola jatuh atau perubahan posisi secara tiba-tiba. Suryadi dan Nugroho (2020) menjelaskan bahwa analisis data sensor akselerometer dapat digunakan untuk mengenali pola jatuh dengan tingkat akurasi yang baik apabila dikombinasikan dengan logika sistem yang tepat. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan akselerometer dan giroskop mampu membedakan aktivitas normal dari kejadian yang berpotensi membahayakan.

Penelitian lain oleh Yang et al. (2019) menyatakan bahwa penggabungan data dari akselerometer dan giroskop pada perangkat yang dikenakan (*wearable device*) dapat meningkatkan kemampuan deteksi dini kondisi jatuh (*fall detection*). Kombinasi kedua sensor menghasilkan data yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan satu sensor saja, sehingga meningkatkan akurasi sistem dalam mengenali kejadian abnormal. Dalam konteks sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB), sensor akselerometer

berperan sebagai pendeteksi awal kemungkinan terjadinya jatuh ke laut. Ketika awak kapal mengalami perubahan posisi atau percepatan yang tajam, sensor akan mendeteksi pola tersebut dan mengirimkan data ke unit pemrosesan untuk dianalisis. Data ini kemudian dapat dikombinasikan dengan informasi dari *water level sensor*, untuk meningkatkan keandalan deteksi serta mengurangi kemungkinan peringatan palsu (*false alarm*). Dengan demikian, integrasi sensor akselerometer dalam sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) mendukung kemampuan sistem dalam memberikan peringatan dini yang akurat dan responsif terhadap kejadian darurat di lingkungan kerja kapal.

9. *Water level Sensor*

Water level sensor adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan air berdasarkan perubahan sifat konduktivitas listrik ketika bagian sensor bersentuhan langsung dengan cairan. Sensor ini sering diaplikasikan pada sistem deteksi kebocoran, pemantauan level cairan, serta perangkat keselamatan yang memerlukan konfirmasi kontak dengan air sebagai indikator kondisi tertentu.

Dalam sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB), *water level sensor* berperan sebagai mekanisme konfirmasi sekunder setelah sensor akselerometer mendeteksi kemungkinan pola jatuh. Ketika tubuh awak kapal jatuh ke dalam air, *water level sensor* akan mendeteksi adanya kontak langsung dengan air, sehingga memberikan sinyal tambahan yang memperkuat keputusan sistem bahwa kejadian yang terdeteksi benar-benar merupakan kondisi darurat.

Kombinasi antara sensor akselerometer dan *water level sensor* memungkinkan sistem untuk membedakan antara aktivitas kerja normal dan kejadian yang berpotensi berbahaya, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadi kesalahan deteksi (*false alarm*).

Menurut Putra dan Hidayat (2021), penggunaan *water level sensor* dalam sistem keselamatan dapat meningkatkan akurasi deteksi karena sensor ini memberikan respon yang cepat ketika terjadi kontak dengan air. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dilengkapi *water level sensor* mampu memberikan sinyal darurat dengan tingkat reliabilitas yang

lebih tinggi bila dibandingkan dengan sistem yang hanya mengandalkan sensor akselerometer saja. Dengan demikian, *water level sensor* menjadi komponen penting dalam meningkatkan ketepatan identifikasi kejadian darurat di lingkungan maritim.

Selain itu, penelitian oleh Liu et al. (2019) juga menunjukkan bahwa pemanfaatan *water level sensor* dalam aplikasi pemantauan keadaan darurat pada lingkungan laut mampu memberikan umpan balik *real-time* secara efektif, terutama ketika dikombinasikan dengan teknologi pemrosesan data dan komunikasi nirkabel.

Penerapan *water level sensor* dalam konteks *Internet of Things* (IoT) memungkinkan sistem keselamatan untuk melakukan pemantauan terus-menerus serta mengirimkan data kondisi air ke unit pusat secara otomatis, sehingga mendukung pengoperasian sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) secara lebih responsif dan akurat.

10. Sistem Peringatan (*Alarm System*)

Sistem peringatan (*alarm system*) merupakan perangkat yang berfungsi untuk memberikan tanda bahaya dalam bentuk suara, tampilan visual, atau kombinasi keduanya guna menarik perhatian pengguna secara cepat. Sistem ini dirancang agar sinyal yang dihasilkan mudah dikenali, memiliki tingkat kejelasan tinggi, serta mampu memberikan informasi yang cukup untuk mendorong tindakan respons segera. Dalam sistem keselamatan modern, *alarm system* tidak hanya berfungsi sebagai pemberi peringatan, tetapi juga sebagai bagian dari mekanisme pengendalian risiko yang mendukung pengambilan keputusan secara cepat.

Menurut Stanton et al. (2013), sistem peringatan yang dirancang dengan baik harus mempertimbangkan faktor manusia (*human factors*) agar sinyal yang diberikan dapat dipahami dengan cepat tanpa menimbulkan kebingungan. Integrasi sinyal audio dan visual terbukti meningkatkan efektivitas respon operator dalam situasi darurat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem peringatan harus dirancang tidak hanya dari aspek teknis, tetapi juga dari sisi ergonomi dan persepsi pengguna. Dalam konteks sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB), sistem peringatan berfungsi untuk memberitahukan perwira jaga di

anjungan bahwa telah terjadi insiden jatuh ke laut. Informasi peringatan yang dikirimkan secara *real-time* memungkinkan tindakan evakuasi segera dilakukan sesuai prosedur keselamatan kapal. Regulasi keselamatan maritim menekankan pentingnya sistem peringatan yang efektif sebagai bagian dari manajemen keadaan darurat. *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) dan *International Safety Management Code* (ISM Code) mengatur bahwa kapal harus memiliki prosedur tanggap darurat yang jelas serta sistem komunikasi yang mampu mendukung respons cepat terhadap kejadian yang mengancam keselamatan jiwa (*International Maritime Organization*, 2018).

Selain itu, penelitian oleh Edworthy dan Hellier (2006) menunjukkan bahwa sistem alarm yang dirancang dengan prinsip prioritas sinyal dan kejelasan informasi dapat mengurangi waktu respons operator secara signifikan dalam kondisi darurat. Penerapan sistem peringatan yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan alarm diaktifkan secara otomatis berdasarkan data sensor, sehingga mempercepat alur komunikasi darurat tanpa bergantung sepenuhnya pada intervensi manusia.

Dengan demikian, sistem peringatan dalam perangkat pendeteksi *Man Overboard* (MOB) menjadi komponen penting yang memastikan informasi kondisi darurat dapat diterima dengan cepat dan jelas oleh awak kapal, sehingga mendukung pelaksanaan prosedur penyelamatan secara efektif.

11. *Global Positioning System* (GPS)

Global Positioning System (GPS) merupakan sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan posisi suatu objek di permukaan bumi secara akurat dalam bentuk koordinat lintang dan bujur. Sistem *Global Positioning System* (GPS) bekerja dengan memanfaatkan sinyal dari beberapa satelit yang mengorbit bumi, kemudian data tersebut diproses oleh penerima *Global Positioning System* (GPS) untuk menentukan posisi pengguna secara *real-time*. Dalam bidang maritim, *Global Positioning System* (GPS) memiliki peranan penting dalam mendukung keselamatan pelayaran dan navigasi kapal. *Global Positioning System* (GPS) digunakan untuk menentukan posisi kapal, memantau pergerakan, serta membantu proses pencarian dan penyelamatan

(*search and rescue*). Menurut Kaplan dan Hegarty (2017), teknologi *Global Positioning System* (GPS) telah menjadi komponen utama dalam sistem navigasi modern karena mampu menyediakan data posisi yang akurat dan berkelanjutan. Pada sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB), *Global Positioning System* (GPS) berfungsi untuk memberikan informasi posisi terakhir korban saat terdeteksi jatuh ke laut. Informasi koordinat ini sangat penting untuk mempercepat proses evakuasi, terutama ketika korban telah menjauh dari kapal akibat arus dan gelombang laut. Soliman (2017) menyatakan bahwa ketersediaan data posisi korban secara cepat dan akurat dapat meningkatkan peluang keberhasilan penyelamatan pada insiden *Man Overboard* (MOB).

Integrasi *Global Positioning System* (GPS) dengan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan data lokasi dikirimkan secara otomatis dan *real-time* ke unit pemantauan di anjungan kapal atau perangkat lain yang terhubung. Dengan demikian, perwira jaga dapat segera mengetahui lokasi kejadian dan mengambil tindakan sesuai prosedur keselamatan.

Pemanfaatan *Global Positioning System* (GPS) sebagai bagian dari sistem keselamatan juga sejalan dengan prinsip keselamatan maritim yang diatur dalam *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS), yang menekankan pentingnya kesiapan navigasi dan dukungan teknologi dalam penanganan keadaan darurat di laut (*International Maritime Organization*, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, penggunaan *Global Positioning System* (GPS) dalam sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berperan penting sebagai pendukung utama dalam penyediaan informasi lokasi korban secara akurat, sehingga dapat meningkatkan efektivitas respon evakuasi dan keselamatan kerja awak kapal.

12. Regulasi dan Standar Internasional Terkait Keselamatan dan *Man Overboard* (MOB)

Keselamatan jiwa di laut merupakan aspek fundamental dalam operasional pelayaran yang diatur melalui berbagai konvensi internasional dan regulasi maritim. Penerapan sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB)

berbasis *Internet of Things* (IoT) harus selaras dengan standar keselamatan internasional yang menekankan deteksi dini keadaan darurat, respon cepat, serta kewajiban penyelamatan jiwa di laut. Regulasi-regulasi tersebut menjadi landasan penting dalam pengembangan sistem keselamatan modern di kapal.

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

International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974 merupakan konvensi utama yang mengatur keselamatan kapal dan perlindungan jiwa di laut yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization* (IMO) (IMO, L.,1974). Beberapa ketentuan dalam konvensi ini yang berkaitan langsung dengan kejadian *Man Overboard* (MOB) antara lain:

Chapter III *Regulation* 7 *Personal Life-Saving Appliances* Mengatur kewajiban kapal untuk menyediakan peralatan keselamatan individu seperti *life jacket* dan *lifebuoy* yang digunakan dalam keadaan darurat termasuk kejadian orang jatuh ke laut (Internasional Maritime Organization, 1998).

Chapter III *Regulation* 17 *Recovery of Persons from the Water* Menyatakan bahwa kapal wajib memiliki prosedur dan sarana untuk mengevakuasi orang dari air secara efektif, yang secara langsung berkaitan dengan penanganan insiden *Man Overboard* (MOB) (Internasional Maritime Organization, 2014).

Chapter III *Regulation* 19 *Emergency Training and Drills* Mengatur bahwa awak kapal wajib melaksanakan latihan keadaan darurat secara berkala, termasuk latihan *Man Overboard* (MOB*)*, guna meningkatkan kesiapsiagaan dan kecepatan respon penyelamatan (Internasional Maritime Organization, 1998).

Chapter V *Regulation* 33 *Distress Situations*: *Obligations and Procedures* Menegaskan kewajiban nakhoda untuk memberikan pertolongan kepada setiap orang yang berada dalam bahaya di laut tanpa memandang kewarganegaraan atau status korban. Ketentuan dalam *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) menunjukkan bahwa deteksi cepat dan respon segera terhadap kejadian

darurat merupakan bagian integral dari sistem keselamatan pelayaran (IMO, L.,1974).

2. *International Convention on Maritime Search and Rescue (SAR Convention) 1979*

International Convention on Maritime Search and Rescue (SAR) *1979* mengatur sistem pencarian dan pertolongan di laut secara internasional. Konvensi ini menekankan koordinasi antara kapal, negara pantai, dan pusat koordinasi penyelamatan (*Rescue Coordination Center*) (International Maritime Organization, 1979).

Dalam Annex Chapter 2.1.1 dijelaskan bahwa setiap negara wajib menyediakan layanan pencarian dan pertolongan untuk menjamin keselamatan jiwa di laut. Sementara itu, Chapter 3.1.9 menegaskan bahwa kapal yang mengetahui adanya orang jatuh ke laut harus segera melakukan tindakan penyelamatan dan melaporkan kejadian tersebut kepada otoritas terkait. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan sistem deteksi dini *Man Overboard* (MOB) sangat mendukung efektivitas operasi pencarian dan pertolongan (International Maritime Organization, 1979).

3. *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) *1982*

United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) *1982* pada Article 98 *Duty to Render Assistance* menyatakan bahwa setiap negara harus mewajibkan nakhoda kapal berbenderanya untuk memberikan bantuan kepada siapa pun yang ditemukan dalam bahaya di laut. Nakhoda juga diwajibkan untuk melakukan penyelamatan dengan segera selama tindakan tersebut tidak membahayakan kapal dan awak kapal (United Nations, 1982).

Ketentuan ini menjadi dasar hukum internasional yang memperkuat kewajiban moral dan hukum dalam penanganan kejadian *Man Overboard* (MOB).

4. *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW) 1978

International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) 1978 mengatur standar kompetensi pelaut, termasuk penanganan keadaan darurat di kapal.

Dalam *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW) 1978 *Code Section A-VI/1* tentang *Basic Safety Training* dijelaskan bahwa setiap pelaut wajib memiliki kemampuan dasar dalam teknik penyelamatan diri dan penanganan keadaan darurat (International Maritime Organization, 1996). Selain itu, pelaut juga harus memahami prosedur *Man Overboard* (MOB) seperti *Williamson Turn*, *Anderson Turn*, dan *Scharnow Turn* yang digunakan dalam operasi penyelamatan korban jatuh ke laut.

Hal ini menunjukkan bahwa kesiapsiagaan awak kapal harus didukung oleh sistem keselamatan yang efektif dan responsif.

5. *International Safety Management Code* (ISM Code)

International Safety Management Code (ISM Code) yang diterbitkan oleh *International Maritime Organization* (IMO) menekankan pentingnya sistem manajemen keselamatan yang terstruktur di kapal. Pada Section 8 tentang *Emergency Preparedness* dijelaskan bahwa perusahaan pelayaran wajib menetapkan prosedur untuk menghadapi keadaan darurat, termasuk kecelakaan kerja dan kejadian orang jatuh ke laut (International Maritime Organization, 2010).

Kode ini juga menekankan pentingnya penggunaan teknologi dan prosedur operasional untuk mencegah kecelakaan serta meningkatkan perlindungan jiwa di laut.

6. Regulasi Nasional Terkait Keselamatan Pelayaran

Di tingkat nasional, keselamatan pelayaran diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran yang menyatakan bahwa nakhoda bertanggung jawab penuh terhadap keselamatan kapal, awak kapal, dan muatan selama pelayaran. Selain itu, Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2014 tentang Pencarian dan Pertolongan menegaskan bahwa setiap kecelakaan di laut, termasuk kejadian *Man Overboard* (MOB), wajib

dilaporkan dan ditangani melalui koordinasi dengan Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (BASARNAS) (BASARNAS, 2015).

Berdasarkan berbagai regulasi internasional dan nasional tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) sejalan dengan prinsip keselamatan maritim global yang menekankan deteksi dini, respon cepat, serta peningkatan efektivitas penyelamatan jiwa di laut sesuai standar yang ditetapkan oleh organisasi maritim internasional.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan perbandingan dan acuan dalam penyusunan penelitian ini. Dengan mengkaji penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penulis dapat mengetahui posisi penelitian yang dilakukan, serta menemukan celah pengembangan yang relevan dengan permasalahan keselamatan kerja awak kapal, khususnya terkait kejadian *Man Overboard* (MOB) dan penerapan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT).

Tabel 2.1
Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis dan Tahun Terbit	Judul Penelitian	Hasil
1.	Hüseyin Gürüler, Murat Altun, Faheem Khan, dan Taegkeun Whangbo (2022)	*Man Overboard Detection System Using Internet of Things for Navigation Model*	Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pendeteksi kejadian jatuh ke laut (*man overboard*) yang memanfaatkan perangkat sensor portabel yang dibawa oleh setiap individu (*wearable*). Sistem ini dirancang untuk mendeteksi bila seseorang jatuh ke laut melalui sensor yang terintegrasi dalam perangkat, kemudian mengirimkan informasi lokasi dan status kejadian melalui jaringan *Internet of Things* ke sistem otomasi kapal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan sensor dan

			komunikasi nirkabel dapat mendeteksi kejadian jatuh dengan cepat dan mengaktifkan sistem peringatan darurat secara otomatis, sehingga dapat mempercepat proses pencarian dan penyelamatan. Penelitian ini menyediakan kajian komprehensif terhadap penggunaan teknologi *Internet of Things* dalam meningkatkan respon terhadap insiden keselamatan termasuk peran *Global Positioning System* dalam menentukan lokasi kejadian secara real-time.
2.	Jungyeon Choi, Brian A. Knarr, Jong-Hoon Youn, dan Kwang Yoon Song (2024)	*Machine Learning-Based Approach to Identifying Fall Risk in Seafarers Using Wearable Sensors*	Penelitian ini menggunakan sensor akselerometer yang dikenakan (*wearable sensors*) untuk mengidentifikasi risiko jatuh pada awak kapal di atas geladak yang bergerak. Data dari akselerometer dianalisis menggunakan delapan model *machine learning* dengan teknik *synthetic minority oversampling* dan *feature selection* yang tepat. Hasil menunjukkan bahwa model *machine learning* mampu mengklasifikasikan risiko jatuh dengan akurasi dan sensitivitas yang baik, yang menunjukkan potensi pendekatan ini dalam membantu mengenali kejadian jatuh dan memitigasi risiko kecelakaan kerja. Selain itu, studi tersebut menekankan bahwa sistem deteksi otomatis berbasis sensor sangat membantu dalam memberikan informasi dini yang dapat mempercepat respon evakuasi dan

			keselamatan awak kapal.
3.	Yijian Zhang, Qianyi Tao, dan Yong Yin (2024)	*A Lightweight Man-Overboard Detection and Tracking Model Using Aerial Images for Maritime Search and Rescue*	Penelitian ini mengembangkan model deteksi dan pelacakan *man overboard* dengan memanfaatkan citra udara dari platform seperti drone. Sistem ini menggunakan algoritme *deep learning* untuk mengidentifikasi individu yang jatuh ke laut dari gambar yang diambil pada ketinggian, sehingga dapat meningkatkan efektivitas operasi pencarian dan penyelamatan (*search and rescue*) pada area laut yang luas. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model ini mampu mendeteksi target yang kecil dari citra udara dengan performa yang memadai, yang memperluas pendekatan teknologi dalam deteksi MOB dari sistem berbasis sensor di kapal hingga solusi bantuan udara.
4.	Florian Hoehner, Vincent Langenohl, Suat Akyol, Ould el Moctar, dan Thomas E. Schellin (2024)	*Object Detection and Tracking in Maritime Environments in Case of Person-Overboard Scenarios: An Overview*	Studi ini mereview berbagai teknik deteksi objek dan pelacakan dalam lingkungan maritim yang dapat diterapkan pada skenario *man overboard*. Penelitian ini membahas berbagai pendekatan termasuk pemrosesan citra, sensor deteksi visual, dan algoritme pelacakan yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengikuti posisi korban di permukaan laut. Hasil review menunjukkan bahwa integrasi metode pelacakan dan deteksi objek dapat memberikan informasi posisi dan tren gerakan yang akurat, yang sangat penting dalam koordinasi operasi penyelamatan maritim. Studi ini menekankan

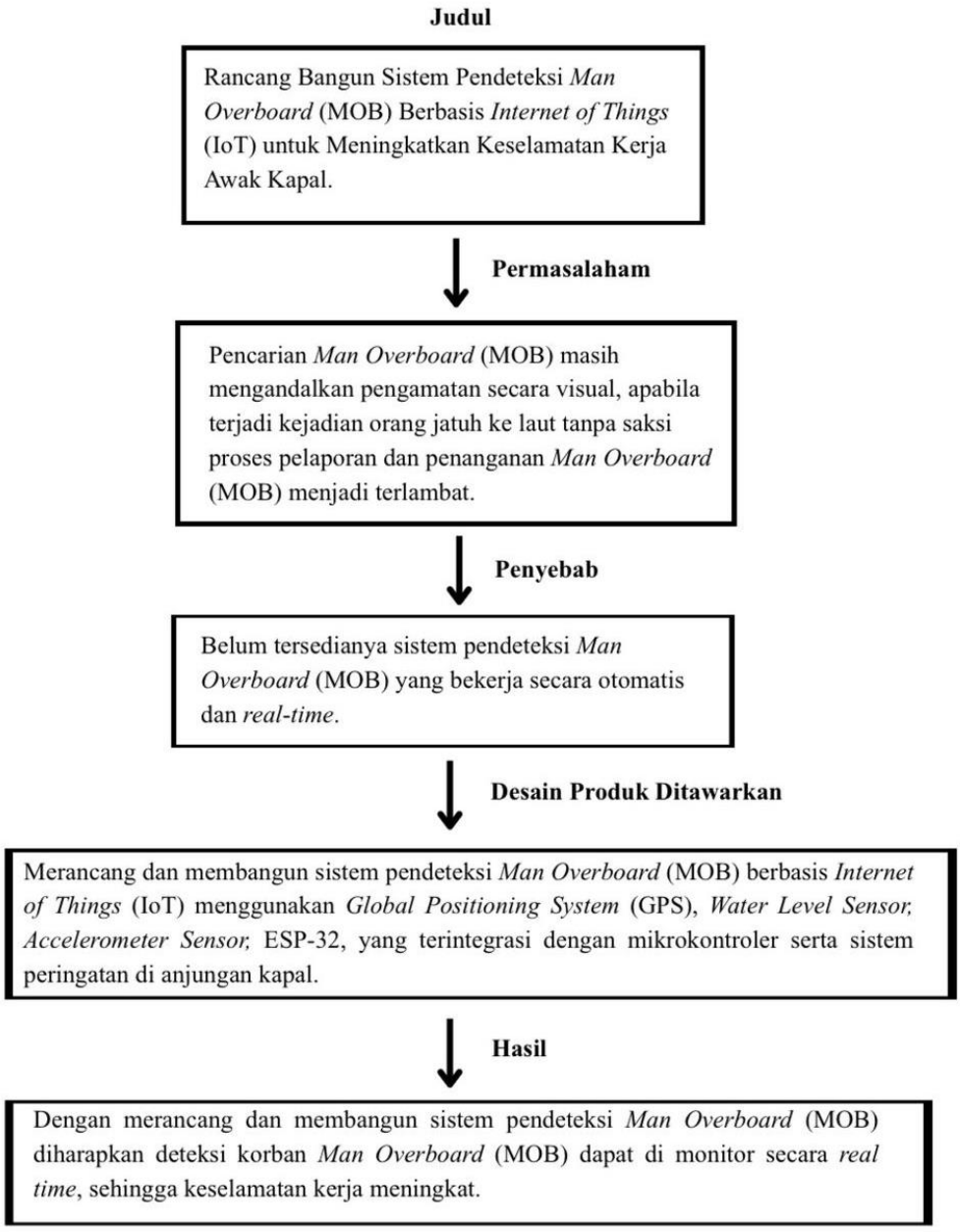
			pentingnya kombinasi teknologi dalam meningkatkan kemampuan sistem deteksi otomatis untuk MOB secara menyeluruh.
5.	Vasilis Tzinis, Charalampos K. Anagnostopoulos, dan Panagiotis S. Bithas (2021)	*Machine Learning-Assisted Man Overboard Detection Using Radar Sensors*	Penelitian ini menyajikan sistem berbasis *machine learning* yang menggunakan data dari radar sensor untuk mendeteksi pergerakan manusia di atas air sebagai indikator *man overboard*. Dengan bantuan algoritme pembelajaran mesin, sistem mampu mengidentifikasi pola gerakan yang menunjukkan kejadian darurat dibandingkan aktivitas normal, serta memberikan peringatan secara otomatis ke pusat pemantauan kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan radar dengan analisis data cerdas dapat menjadi solusi tambahan yang efektif untuk memperbesar cakupan deteksi bandingkan sistem yang hanya mengandalkan sensor konvensional.

Dari ulasan di atas dapat dilihat bahwa penelitian terkait deteksi kejadian *Man Overboard* (MOB) sudah dilakukan dengan berbagai pendekatan namun sebagian besar penelitian tersebut belum menggabungkan sensor akselerometer, *water level sensor,* sistem peringatan otomatis, serta *Internet of Things* secara komprehensif dalam satu kerangka sistem untuk *Man Overboard* (MOB), sehingga masih terdapat ruang untuk kontribusi penelitian ini guna merancang sistem terintegrasi yang dapat bekerja secara waktu nyata dalam konteks keselamatan kerja kapal.

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur logis antara permasalahan keselamatan kerja di kapal, keterbatasan sistem

yang ada, serta solusi yang ditawarkan melalui rancang bangun sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT). Kerangka pemikiran tersebut dapat dilihat pada bagan 2.1.



Bagan 2.1
Kerangka Pemikiran

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya menunjukkan bahwa:

1. Sistem Pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32-WROOM-32D dengan memanfaatkan sensor MPU-6050 (*accelerometer dan gyroscope*), potensiometer, *water level sensor*, dan GPS NEO-6M untuk mendeteksi kemungkinan awak kapal jatuh ke laut secara otomatis dan *real-time*.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi *Man Overboard* (MOB) melalui kombinasi perubahan gerakan signifikan dan kontak dengan air, sehingga alarm hanya aktif ketika kedua kondisi terpenuhi. Sistem juga mampu mengirimkan data darurat berupa status MOB, *user ID*, dan koordinat GPS menuju *receiver unit* di anjungan kapal.
3. Sistem berhasil menampilkan informasi darurat pada LCD *receiver unit* dalam waktu sekitar 2 detik, serta alarm buzzer dapat aktif secara otomatis dan dinonaktifkan menggunakan *push button acknowledgement* (ACK) tanpa menghentikan pembaruan lokasi korban.
4. Hasil evaluasi kelayakan produk menunjukkan bahwa sistem memperoleh penilaian 100% dari validator ahli (dosen nautika) dan 93,5% dari taruna Program Studi Nautika, sehingga alat dinyatakan sangat sesuai dan layak digunakan sebagai sistem pendukung keselamatan awak kapal.

5. Sistem ini dapat membantu meningkatkan kecepatan respon terhadap kejadian *Man Overboard* (MOB), mengurangi ketergantungan pada pengamatan manual serta memberikan informasi lokasi korban secara *real-time* guna mendukung proses penyelamatan di atas kapal.

B. SARAN

Dari kesimpulan di atas, maka saran yang dapat diberikan untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan pengembangan GPS agar proses pencarian sinyal satelit menjadi lebih cepat serta lebih stabil pada kondisi cuaca atau lingkungan operasional tertentu.
2. Disarankan untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi penggunaan baterai pada *transmitter unit* agar alat mampu bertahan selama 6 bulan atau satu kontrak berlayar guna mendukung operasional awak kapal secara maksimal.
3. Perlu dilakukan pengembangan pada sistem komunikasi untuk meningkatkan jangkauan lebih luas pada transmisi data antara *transmitter unit* dan *receiver unit*, mengingat pada pengujian masih terdapat keterbatasan jarak komunikasi. Dengan peningkatan jangkauan tersebut, sistem diharapkan dapat bekerja lebih optimal pada area operasional kapal yang lebih luas.
4. Perlu dilakukan pengembangan desain *wearable device* yang lebih ergonomis, tahan air, dan tahan benturan agar lebih nyaman digunakan oleh awak kapal dalam aktivitas sehari-hari.
5. Alat pendeteksi *Man Over Board* (MOB) dapat di implementasikan langsung pada kondisi operasional kapal sehingga alat ini dapat digunakan secara efektif.
6. Penelitian selanjutnya agar memperhatikan keterbatasan diatas agar alat ini dapat dikembangkan secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Afridon, M., Ratnawati, F., & Subandri, M. A. (2023). Sistem *Monitoring* Keselamatan Kapal Nelayan Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Inovtek Polbeng Seri Informatika*, *8*(2), 464-471.

Ananta, M. F., Nariswana, R., Supriyadi, D. F., Al Fauzan, H. T. G., & Nugroho, R. S. (2024). Smart Water Quality *Monitoring* Dengan Iot Dan Ai: Pendekatan Xgboost. *Journal of Scientech Research and Development*, *6*(2), 1092-1099.

Atzori L, Iera A, Morabito G (2010). The Internet of Things: A Survey. Comput Netw 54:2787–2805.

Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (BASARNAS). (2015). *Pedoman Pelaksanaan Pencarian dan Pertolongan di Laut.* Jakarta: BASARNAS.

Borg, W.R and Gall, M.D. (2003). *Educational Research: An Introduction. 4th Edition*. London: Longman Inc.

Borgia E. (2014). The Internet of Things Visiob: Key Features, Applications And Open Issues. *Computer Cimmunications* 54: 1-31.

Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J. P., & Langard, B. (2013). Human And Organisational Factors in Maritime Accidents: Analysis of Collisions At Sea Using The HFACS. *Accident Analysis & Prevention*, *59*, 26-37.

Choi, J., Knarr, B. A., Youn, J. H., & Song, K. Y. (2024). Machine Learning-Based Approach to Identifying Fall Risk in Seafarers Using Wearable Sensors. *Journal of Marine Science and Engineering*, *12*(2), 356.

Floyd, R. W., Harvey Jr, P. S., Pei, J. S., Gruenwald, L., Tang, P. F., Doan, D. V., & Havlicek, J. P. (2017). Nonlinear Vibrations Based Damage Detection for Building Structural Systems. 638-646

Guo, H., Chen, L., Peng, L., & Chen, G. (2016, September). Wearable Sensor Based Multimodal Human Activity Recognition Exploiting the Diversity of Classifier Ensemble. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*. 1112-1123.

Gürüler, H., Altun, M., Khan, F., & Whangbo, T. (2022). Man Overboard Detection System Using Iot For Navigation Model.

Hellier, E., & Edworthy, J. (2006). Signal Words. *Handbook of warnings*.

Hoehner, F., Langenohl, V., Akyol, S., el Moctar, O., & Schellin, T. E. (2024). Object Detection and Tracking in Maritime Environments in Case of Person-Overboard Scenarios: An Overview. *Journal of Marine Science and Engineering*, *12*(11), 2038.

Hussain, I., Wang, H., Safdar, M., Ho, Q. B., Wemegah, T. D., & Noor, S. (2022). Estimation of Shipping Emissions in Developing Country: A Case Study of Mohammad Bin Qasim Port, Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19), 11868.

IMO, L. (1974). *SOLAS.(International Convention for the Safety of Life at Sea)*.

International Maritime Organization (1996). *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW)*, 1978, as amended in 1995. London: IMO.

International Maritime Organization. (1979). *International Convention on Maritime Search and Rescue, 1979 (SAR Convention)*, Annex, paras. 2.1.1, 3.1.9. IMO.

International Maritime Organization (2010). International Safety Management (ISM) Code – International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, Chapter IX. London: IMO.

International Maritime Organization. (2018). IMO News Spring 2018, International Maritime Organization, London. https://www.imo.org.

International Labour Organization. (2019). Trends in Global Employment 2019. https://www.ilo.org

International Maritime Organization. (2020). IMO 2020: *Consistent Implementation of MARPOL Annex VI (2019 Edition I666E)*. London: International Maritime Organization.

Kaplan, E. D., & Hegarty, C. (2017). *Understanding GPS/GNSS: Principles And Applications*. Artech House.

Karahalios, H. (2025). Enhancing Maritime Education for Digital Sustainability. *International Journal of Innovation Science*, *17*(4), 901-913.

Macdonald, F. (2024). Why Do We Need Human Capital Management in Maritime? https://thetius.com/why-do-we-need-human-capital-management-in-maritime/

Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.

Pemerintah Republik Indonesia. (2008). Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran. Jakarta: Kementerian Negara Legislation.

Prasetyo, K. A., Hartayu, R., & Basyarach, N. A. (2022). Perancangan Sistem *Monitoring* Gangguan Traksi Motor Pada Lokomotif Cc 201/203 Berbasis IoT di Depo Induk Sidotopo Surabaya. *El Sains: Jurnal Elektro*, *4*(1), 31-36.

Pressman, R. S. (2014). Software *Engineering: A Practitioner's Approach (8th ed.)*. McGraw-Hill Education.

Putra, A., & Mulyana, R. (2021). Rancang Bangun Water Level *Monitoring* System Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266. *Jurnal Inovtek Polbeng, 5*(2), 95-104.

Rahman, A., Achmad, A., Arda, A. L., & Qashlim, A. (2023). Sistem *Monitoring* Pergerakan Kapal Nelayan Tradisional Menggunakan Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar*, *9*(2), 137-145.

Selmy, A. K. E. S. (2017). Boost to Man Overboard Detecting Regulations Needed. The Maritime Executive. https://maritime-executive.com/editorials/boost-to-man-overboard-detecting-regulations-needed

Sommerville, I. (2016). *Software Engineering (10th ed.)*. Pearson.

Stanton, D. W. (2013). Systematic Development of Highly Efficient and Clean Engines to Meet Future Commercial Vehicle Greenhouse Gas Regulations. *SAE International Journal of Engines*, *6*(3).

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Suryadi, A., Nugroho, E. A., & Asmoro, P. T. (2020). Rancang Bangun Speed Bump Sebagai Pembangkit Listrik Energi Alternatif. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, *11*(1), 307-312.

Tsekenis, V., Armeniakos, C. K., Nikolaidis, V., Bithas, P. S., & Kanatas, A. G. (2021). Machine Learning-Assisted Man Overboard Detection Using Radars. *Electronics*, *10*(11), 1345.

United Nations. (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS)*.

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things journal*, *1*(1), 22-32.

Zhang, W., Liu, F., & Chen, H. (2023). IoT-Based Water Quality *Monitoring* System for Hydroponics. International Journal of Smart Agriculture, 10(1). Tsinghua University.

Zhang, Y., Tao, Q., & Yin, Y. (2023). A Lightweight Man-Overboard Detection and Tracking Model Using Aerial Images for Maritime Search and Rescue. *Remote Sensing*, *16*(1), 165

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengajuan Sinopsis Skripsi

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
JAKARTA

PENGAJUAN SINOPSIS SKRIPSI

NAMA	:	MUHAMMAD ALFIN AZIZ
NRP	:	365221413
KELAS	:	NAUTIKA VII D
JURUSAN	:	NAUTIKA
SEMESTER	:	VII

Mengajukan Sinopsis Skripsi sebagai berikut:

A. JUDUL

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *MAN OVERBOARD* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN KERJA DI KAPAL

B. LATAR BELAKANG MASALAH

Keselamatan kerja di atas kapal merupakan aspek fundamental dalam operasional pelayaran. Salah satu keadaan darurat yang paling membahayakan dan berpotensi menimbulkan korban jiwa adalah insiden *Man Overboard* (MOB), yaitu situasi ketika seorang awak kapal terjatuh ke laut. Proses penyelamatan pada kasus MOB sangat bergantung pada kecepatan deteksi dan respon awal, karena korban dapat dengan cepat menjauh dari kapal akibat arus, gelombang, dan hembusan angin. Dalam praktiknya, sebagian besar deteksi MOB di kapal masih mengandalkan pengamatan visual dari awak lain yang berada di geladak atau ruang anjungan. Ketergantungan pada penglihatan manusia ini memiliki kelemahan signifikan, terutama pada kondisi gelap, cuaca buruk, jarak pandang terbatas, atau saat awak mengalami kelelahan selama dinas jaga.

Selain itu, pada beberapa kegiatan operasional, awak kapal sering melakukan pekerjaan secara mandiri di area geladak, seperti pengecekan peralatan, pembersihan, atau pekerjaan pemeliharaan. Pada kondisi tersebut, tidak ada rekan kerja yang secara langsung mengawasi pergerakan awak tersebut. Jika kecelakaan terjadi dan awak tersebut terjatuh ke laut tanpa disaksikan orang lain, maka kemungkinan insiden tersebut tidak segera diketahui.

Keterlambatan deteksi ini dapat mengakibatkan lambatnya proses evakuasi dan memperbesar risiko fatalitas. Hal ini menunjukkan bahwa metode deteksi konvensional yang hanya mengandalkan visual manusia tidak cukup memadai untuk menjamin keselamatan kerja di atas kapal.

Seiring perkembangan teknologi, sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) semakin banyak digunakan untuk meningkatkan aspek keselamatan melalui pemantauan otomatis, pengiriman data real-time, dan respon cepat terhadap kondisi abnormal. Namun, implementasi teknologi IoT untuk deteksi MOB secara khusus masih terbatas pada beberapa jenis kapal tertentu dan belum menjadi standar umum pada kapal-kapal niaga, termasuk kapal bulk carrier yang memiliki area geladak luas serta tingkat risiko kerja yang tinggi. Belum tersedianya sistem otomatis yang mampu mendeteksi kejadian jatuh ke laut secara langsung menjadi celah yang perlu diperbaiki sebagai bagian dari upaya peningkatan keselamatan kerja awak kapal.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu sistem pendeteksi MOB berbasis IoT yang mampu bekerja secara otomatis tanpa bergantung pada keberadaan pengamat manusia. Sistem ini diharapkan dapat memberikan notifikasi cepat melalui perangkat penerima di anjungan sehingga perwira jaga dapat segera melakukan langkah penyelamatan sesuai prosedur yang berlaku. Dengan tersedianya teknologi yang dapat mendeteksi gerakan jatuh, keberadaan air, serta mengirimkan sinyal darurat secara real-time, maka waktu deteksi dapat dipersingkat, proses evakuasi dapat dimulai lebih cepat, dan risiko kehilangan nyawa akibat keterlambatan respon dapat diminimalkan.

Oleh karena itu, penelitian berjudul "Pengembangan Sistem Pendeteksi *Man Overboard* Berbasis IoT untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja di Kapal" dilakukan sebagai upaya untuk menyediakan solusi teknologi yang praktis, efektif, dan dapat diimplementasikan dalam lingkungan kerja kapal. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan keselamatan kerja awak kapal, khususnya pada situasi ketika seseorang bekerja sendiri atau dalam kondisi yang tidak memungkinkan adanya pengawasan visual secara langsung.

C. IDENTIFIKASI MASALAH

1. Deteksi awal insiden Man Overboard (MOB) belum berjalan otomatis, sehingga kejadian jatuh ke laut hanya dapat diketahui jika ada saksi yang melihat secara langsung.

2. Awak kapal sering bekerja sendiri di area geladak, sehingga tidak ada sistem pemantauan yang mampu mendeteksi kondisi bahaya ketika tidak ada rekan kerja di sekitar.
3. Peralatan keselamatan di kapal belum memiliki sistem yang mampu mendeteksi pola gerakan jatuh, kontak dengan air, serta mengirimkan peringatan darurat secara otomatis ke anjungan, sehingga proses pelaporan masih lambat dan bergantung pada intervensi manusia.
4. Keterlambatan deteksi menyebabkan respon evakuasi tidak optimal, sehingga korban berpotensi cepat menjauh dari kapal dan meningkatkan risiko fatalitas.

D. BATASAN MASALAH

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe sistem pendeteksi MOB berbasis IoT, meliputi deteksi gerakan jatuh, deteksi kontak air, dan pengiriman notifikasi otomatis ke unit penerima di anjungan.
2. Pengujian sistem dilakukan pada skala prototipe dan dalam kondisi simulasi, sehingga tidak mencakup implementasi penuh di kapal sebenarnya, termasuk integrasi dengan sistem navigasi atau perangkat keselamatan lainnya.

E. RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana Merancang dan membangun *prototype* sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi kemungkinan awak kapal jatuh ke laut secara otomatis melalui mekanisme validasi ganda (*dual confirmation*) menggunakan kombinasi *accelerometer sensor* dan *water level sensor*?.
2. Bagaimana sistem IoT tersebut dapat mengirimkan peringatan darurat secara real-time ke anjungan untuk mempercepat respon evakuasi saat terjadi insiden MOB?.

F. PENJELASAN PENELITIAN

PENDEKATAN MASALAH PENELITIAN

1. *Research and Development* (R&D)

METODE PENGUMPULAN DATA

a. Observasi
b. Studi Literatur
c. Eksperimen / Pengujian Alat

Jakarta, 04 Desember 2025

Menyetujui

Pembimbing Pendamping	Pembimbing Pendamping	Penulis
Dr. INAYATUR ROBBANY, M.SI., M.M.Tr.	**Capt SAIDAL SIBURIAN, M.M., M.Mar.**	**MUHAMMAD ALFIN AZIZ**
NIP. 19660421 199103 2 2002	NIP. 19630509 199809 1 002	NRP 365221413

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

Dr. Meilinasari N.H, S.SiT., M.MTr.
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19810503 200212 2 001

Lampiran 2. Pengajuan Judul Skripsi

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN
JAKARTA

PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI

NAMA : MUHAMMAD ALFIN AZIZ

NRP. : 365221413

BIDANG KEAHLIAN : NAUTIKA

SEMESTER : VII

Mengajukan Judul Skripsi sebagai berikut :

A. JUDUL : **RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *MAN OVERBOARD* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN KERJA DI KAPAL.**

B. MASALAH POKOK : Belum adanya sistem otomatis berbasis IoT yang mampu mendeteksi insiden *Man Overboard* (MOB) secara *real time*, sehingga proses pelaporan dan respon evakuasi menjadi terlambat ketika awak kapal jatuh ke laut tanpa disaksikan oleh orang lain.

C. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH :

1. Merancang dan membangun *prototype* sistem pendeteksi *Man Overboard* (MOB) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi kemungkinan awak kapal jatuh ke laut secara otomatis melalui mekanisme validasi ganda (*dual confirmation*) menggunakan kombinasi *accelerometer sensor* dan *water level sensor*.
2. Menyusun sistem IoT yang dapat mengirimkan peringatan darurat secara *real-time* ke anjungan untuk mempercepat respon evakuasi saat terjadi insiden MOB.

Jakarta, 04 Desember 2025

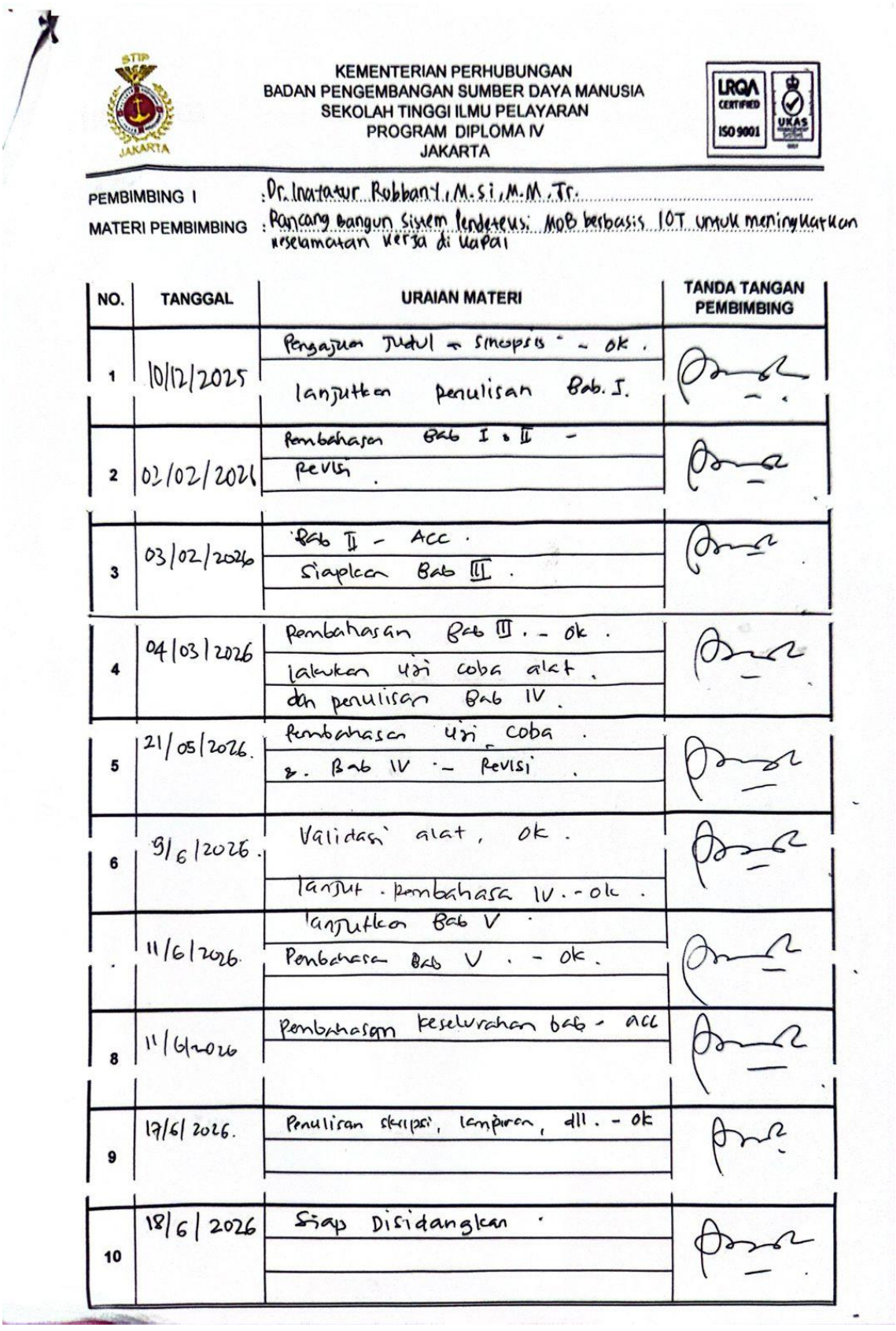
Menyetujui

Pembimbing Pendamping	Pembimbing Pendamping	Penulis
Dr. INAYATUR ROBBANY, M.SI., M.M.Tr.	**Capt SAIDAL SIBURIAN, M.M., M.Mar.**	**MUHAMMAD ALFIN AZIZ**
NIP. 19660421 199103 2 2002	NIP. 19630509 199809 1 002	NRP 365221413

Mengetahui,
Ketua Jurusan Nautika

Dr. Meilinasari N.H, S.SiT., M.MTr.
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19810503 200212 2 001

Lampiran 3. Lembar Bimbingan Skripsi



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

PEMBIMBING I : Dr. Inratatur Rubbany, M.Si, M.M, Tr.

MATERI PEMBIMBING : Rancang bangun sistem pendeteksi MOB berbasis IOT untuk meningkatkan keselamatan kerja di kapal

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	10/12/2025	Pengajuan Judul + sinopsis - ok. lanjutkan penulisan Bab. I.	
2	02/02/2026	Pembahasan Bab I + II - Revisi.	
3	03/02/2026	Bab II - ACC. Siapkan Bab III.	
4	04/03/2026	Pembahasan Bab III. - ok. lakukan uji coba alat. dan penulisan Bab IV.	
5	21/05/2026.	Pembahasan uji coba. 2. Bab IV - Revisi.	
6	9/6/2026.	Validasi alat, ok. lanjut. pembahasa IV. - ok.	
	11/6/2026.	lanjutkan Bab V. Pembahasa Bab V. - ok.	
8	11/6/2026	Pembahasan keseluruhan bab - acc	
9	17/6/2026.	Penulisan skripsi, lampiran, dll. - ok	
10	18/6/2026	Siap Disidangkan.	

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

PEMBIMBING II : Capt. Saidal Siburian, MM
MATERI PEMBIMBING : Rancang bangun sistem pendeteksi HOB berbasis IOT untuk meningkatkan keselamatan kerja di kapal

NO.	TANGGAL	URAIAN MATERI	TANDA TANGAN PEMBIMBING
1	04/12/2025	- Pengajuan Gympois Skripsi - Buat kerangka penulisan. - Bab I	
2	02/02/2026	- Lanjut Bab II	
3	20/02-2026	- Perbaikan Bab II kerangka Teori. - Lanjut Bab III	
4	6/03-2026	- Perbaikan Bab II: finish - Lanjut Bab IV	
5	8/06-2026	- Bab III perbaikan. - Pengajian Alat	
6	9/06-2026	- Bab IV - Perbaikan Bab IV	
7	11/06-2026	- Penyelesaian kesalahan Bab I - Bab IV	
8	17/06-2026	- Lanjut Bab V: kesimpulan & Saran.	
9	18/06-2026	- Perbaikan kesimpulan & saran	
10	18/06-2026	- Perbaikan Bab I - Bab V Selesai. - Skripsi siap diujikan	

Catatan :

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

FM.JR.1.028-R.2

Lampiran 4. Hasil Turnitin

Perpustakaan STIP Jakarta

Turnitin_RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI MAN OVER BOARD (MOB) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK...

Kamis

Document Details

Submission ID
trn:oid:::3618:143072910

Submission Date
Jun 15, 2026, 2:08 PM GMT+7

Download Date
Jun 15, 2026, 2:16 PM GMT+7

File Name
RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI MAN OVER BOARD (MOB) BERBASIS INTERNET OF THIN....pdf

File Size
3.2 MB

92 Pages

18,273 Words

119,866 Characters

turnitin Page 1 of 111 - Cover Page Submission ID trn:oid:::3618:143072910

21% Overall Similarity

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

Filtered from the Report

- Bibliography

Exclusions

- 4 Excluded Sources

Top Sources

13% Internet sources
11% Publications
18% 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 5. MV. Lavinia Oldendorff

Lampiran 6. *Ship Particulars*

M/V "LAVINIA OLDENDORFF"

SHIP'S PARTICULARS

LASKARIDIS SHIPPING COMPANY LTD.

SHIP'S NAME	LAVINIA OLDENDORFF
CALL SIGN	D5GW2
NATIONALITY / PORT OF REGISTRY	LIBERIA / MONROVIA
OFFICIAL No. / IMO No.	16582 / 9691931
OWNER	ALVAR NAVIGATION S.A. 80, BROAD STR. MONROVIA - LIBERIA
OPERATOR/MANAGEMENT COMPANY	LASKARIDIS SHIPPING CO. LTD. 5, XENIAS STR. & CH. TRIKUOPI 14562 KIFISSIA, ATHENS, GREECE TEL: + 30 210 6284200 E-MAIL: athens@laskaridis.com FAX: +30 210 8089710/11/12 TLX: +051 94076248 LASK GR
CHARTER	OLDENDORFF CARRIERS GMBH & CO. KG, LUBECK
L.O.A. / L.B.P.	299.97 m / 291.53 m
BREADTH MOULDED	50.00 m
DEPTH MOULDED	25.00 m
HEIGHT KEEL TO TOP MAST	60.71 m
(1) SCANTLING DRAUGHT (EXTREAME)	18.473 m
(1) DISPLACEMENT(AT SCANTLING DRAFT)	236615 t
(1) DEDWEIGHT(AT SCANTLING DRAFT)	207562 t
GROSS TONNAGE	107,553
NET TONNAGE	67,428
LIGHT SHIP WEIGHT	29242 t
SUEZ CANAL TONNAGE GROSS / NET	109485.35 / 103307.36
PANAMA CANAL TONNAGE GROSS / NET	346053 / 103194
SERVICE SPEED	13.0 knts
TYPE OF VESSEL / TYPE OF HULL	BULK CARRIER / B-60
CLASS & NOTATION	Nippon Kaiji Kyokai NS*(CSR, BC-A,BC-XII, GRAB20)(ESP)(IWS)(PSCM) (PSPC-WBT)(BWTS),MNS*(M0), Strengthened for heavy cargo loading where holds nos.2,4,6 and 8 may be empty, EEDI-p1.
CLASSIFICATION SOCIETY	NIPPON KAIJI KYOKAI
BUILDER	HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD., SOUTH KOREA
DATE OF KEEL LAID	27.11.2013
DATE OF DELIVERY	30.09.2014
MMSI	636016582
INMARSAT-C ID	463716896 /463716897
FBB, VOIP, VSAT PHONE	FBB: +870 773911335, VOIP: +302112344896, VSAT Voice: +870 771304071, +870 771304072
E-MAIL	lavinlaoldendorff@fleet-mail.com
F.W.A. / T.P.C.	418mm / 141.64 t/cm
NUMBER OF HOLDS	9 CARGO HOLDS
CARGO HOLDS CAPACITY	223304.6cub.mtrs
HATCH COVER TYPE	Side rolling type, operated by hydraulic motor with chain mechanism. With manual quick acting cleats
HEAVY FUEL / DIESEL OIL (100%)	5756.4 m³ / 423.9 m³
TOTAL BALLAST(LIGHT/HEAVY)(100%)	66808.1 m³ / 92421.4 m³
MAIN ENGINE TYPE & POWER	ONE: HYUNDAI "MAN" B&W 6G70ME - C9.2, PART LOAD TUNING + EGB 29288 BHP / 21,840 KW; MCR 16,200 KW x 73 R.P.M.; NCR 12,300 KW x 66.6 R.P.M.
P & I CLUB	Gard P. & I. (Norway)
PROPELLER TYPE	FIXED PITCH PROPELLER, RIGHT HAND, Ni-Al-Bronze.
	Aerofoil, solid keyless propeller with hydraulic nut.

Marks	Description	Freeboard (mm)	Draught (m)	Displacemont moulded (t)	Deadweight (t)
Summer Draft = 18.473 m					
TF	Tropic fresh water	5788	19.275	241933.0	212880.0
F	Fresh	6172	18.891	236622.0	207569.0
T	Tropic	6206	18.857	242056.0	213003.0
S	Summer	6590	18.473	236615.0	207562.0
W	Winter	6974	18.089	231178.0	202125.0

No of CH	HATCH	V NET m³ Bale	V NET m³ Grain	TANKTOP STRENGTH
CH 1	14.98 x 20.40		21192.8	39.6mt/m²
CH 2 (PF at port only)	16.05 x 23.00		25350.6	23.7mt/m²
CH 3	16.05 x 23.00		25614.0	40.3mt/m²
CH 4 (PF at port only)	16.05 x 23.00		25637.3	23.7mt/m²
CH 5	16.05 x 23.00		25635.4	40.3mt/m²
CH 6 (floodable)	16.05 x 23.00		25613.3	23.7mt/m²
CH 7	16.05 x 23.00		25635.3	40.3mt/m²
CH 8 (PF at port only)	16.05 x 23.00		25389.2	23.7mt/m²
CH 9	16.05 x 20.40		23236.7	43.3mt/m²
PF - partial floodable	TOTAL:		223304.6	

Lampiran 7. *Crew List*

IMO CREW LIST

Arrival | Departure | Page 1 of 1

1. Name of ship: Lavinia Oldendorff
2. Port of Arrival: Japan, Nagoya
3. Date of Arrival:
4. Nationality of ship: Liberia
5. Arrived from: Japan, Kashima
6. Nature and No. of identity documents

6.	7. Family name, given names	8. Rank or rating	9. Nationality	10. Date and place of birth		Seaman's book / Nat. Passport Exp. Date / Exp. Date	Date joined	Place joined
1	Zakrytov Oleksiy	Master	Ukraine	30.06.1958	Ukraine	AC 007225 / FP067794 29.03.2028 / 01.06.2028	08.10.2024	Singapore
2	Mikailov Orkhan	Ch.Off	Russian	31.08.1990	USSR	RUS 0599167 / 75 5577118 01.08.2027 / 29.07.2027	08.10.2024	Singapore
3	Belousov Dmitrii	2nd Off	Russian	07.10.1992	Russian	RUS 0673806 / 66 1939908 20.06.2029 / 29.04.2026	08.10.2024	Singapore
4	Emelianov Vladislav	3rd Off	Russian	16.03.1993	Ukraine	RUS 0599546 / 75 5096362 26.09.2027 / 09.06.2027	08.10.2024	Singapore
5	Chugai Aleksandr	Ch.Eng	Russian	30.04.1977	USSR	RUS 0547621 / 75 2943023 25.08.2026 / 18.03.2026	08.10.2024	Singapore
6	Rodnov Oleksandr	2nd Eng	Ukraine	31.07.1982	Ukraine	AA 1001760 / FY683511 06.06.2029 / 28.02.2030	03.08.2024	Rotterdam
7	Malakhov Andrei	3rd Eng	Russian	17.03.1990	USSR	RUS 0549775 / 75 3352281 20.09.2026 / 24.06.2026	03.08.2024	Rotterdam
8	Shevchenko Igor	4th Eng	Ukraine	15.12.1991	Ukraine	AB637329 / FU351011 09.04.2028 / 01.03.2029	03.08.2024	Rotterdam
9	Repiashchenko Igor	El. Eng	Ukraine	27.01.1995	Ukraine	AC 004732 / FP612566 29.09.2027 / 05.07.2028	08.10.2024	Singapore
10	Kazak Sergei	Bosun	Russian	11.02.1969	USSR	RUS 0549303 / 75 2453520 12.07.2026 / 22.10.2025	03.08.2024	Rotterdam
11	Bazetskii Vladimir	AB	Russian	26.05.1989	USSR	RUS 0550956 / 75 3340121 08.02.2026 / 22.06.2026	08.10.2024	Singapore
12	Desiak Artem	AB	Russian	10.10.2001	Ukraine	RUS 0598495 / 66 0535707 06.04.2027 / 05.08.2025	08.10.2024	Singapore
13	Cherkashin Dmitrii	AB	Russian	11.12.1986	USSR	RUS 0599051 / 77 3570960 13.07.2027 / 28.05.2034	08.10.2024	Singapore
14	Kolomiyets Andriy	AB	Ukraine	01.05.1980	Ukraine	AB 554544 / FH630805 11.08.2025 / 23.08.2027	03.08.2024	Rotterdam
15	Madatian Narek	OS	Russian	16.03.2003	Russian	RUS 0511726 / 75 1567818 01.12.2025 / 05.06.2025	08.10.2024	Singapore
16	Zahorskyi Maksym	OS	Ukraine	28.12.1990	Ukraine	AB 672879 / FX553075 19.01.2026 / 03.10.2029	03.08.2024	Rotterdam
17	Romashkin Dmitrii	OS	Russian	05.08.1998	Russian	RUS 0505456 /76 3648972 23.12.2025 / 19.11.2030	08.10.2024	Singapore
18	Gamaniuk Ivan	Oiler	Russian	09.03.1996	Ukraine	RUS 0550144 / 75 3693719 22.11.2026 / 13.09.2026	03.08.2024	Rotterdam
19	Saifullah Mudallas	Oiler-Welder	Indonesian	11.08.1972	Palopo	G040137 / C7574428 14.12.2025 / 23.12.2025	03.08.2024	Rotterdam
20	Sidorenko Maksim	Oiler-Turner	Russian	23.11.1983	USSR	RUS 0507223 / 75 3164064 10.08.2025 / 11.05.2026	08.10.2024	Singapore
21	Pronin Oleksandr	Cook	Ukraine	10.09.1995	Ukraine	AB 622933 / FT385214 06.10.2027 / 29.11.2028	03.08.2024	Rotterdam
22	Seleznev Anton	Catering Boy	Russian	27.08.2001	Russian	RUS 0535649 / 77 2677577 27.07.2026 / 01.03.2034	08.10.2024	Singapore
23	Aziz Muhammad Alfin	Cadet Deck	Indonesian	09.09.2004	Jakarta	J023235 / E5596909 04.04.2027 / 23.02.2034	08.10.2024	Singapore
24	Fahrezy Alif Yusradil	Cadet Engine	Indonesian	20.07.2002	Malang	J022534 / E5596748 15.03.2027 / 23.02.2034	08.10.2024	Singapore

11. Date and signature by master, authorized agent or officer — Master of the m/v "Lavinia Oldendorff" — Capt. Zakrytov Oleksiy

Lampiran 8. Nota Dinas Ahli 1

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BADAN LAYANAN UMUM
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

JL. MARUNDA MAKMUR
CILINCING JAKARTA UTARA
JAKARTA 14150

TELP : (021) 88991618 (Hunting)

FAX : (021) 44834345
Email : webmaster@stipjakarta.ac.id
Home Page : http://www.stipjakarta.ac.id

NOTA DINAS
Nomor : 235 /JURNAU/VI/2026

Kepada Yth : Capt. Irfan Faozun, M.M.
Dari : Ketua Jurusan Nautika
Hal : Permohonan untuk menjadi validator
Tanggal : 05 Juni 2026

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

Nama : Muhammad Alfin Aziz
Kelas : N8D
NRP : 365221413
Judul : Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Man Overboard (Mob) Berbasis Internet of Things (Iot) Untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Awak Kapal

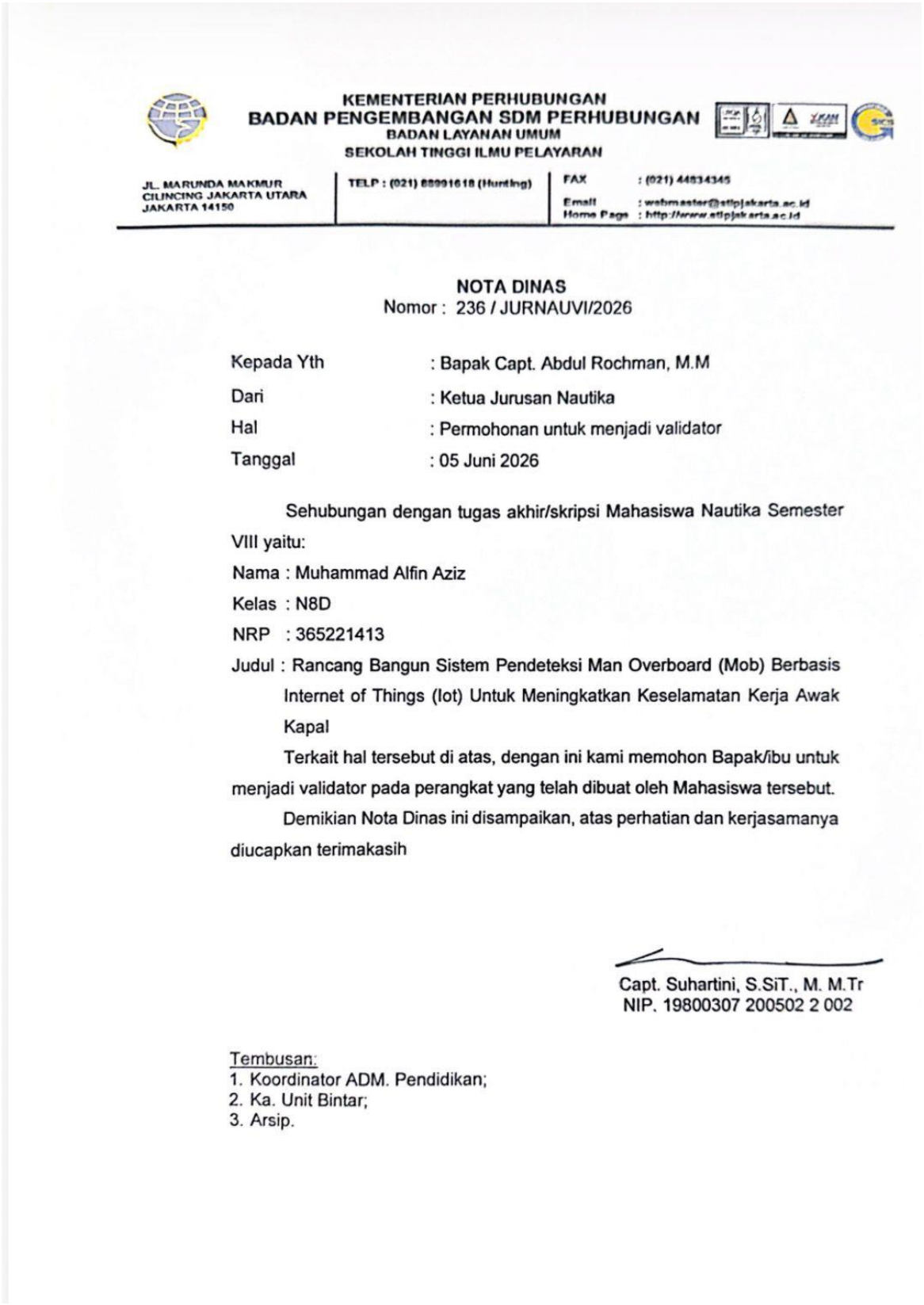
Terkait hal tersebut di atas, dengan ini kami memohon Bapak/ibu untuk menjadi validator pada perangkat yang telah dibuat oleh Mahasiswa tersebut.

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

Capt. Suhartini, S.SiT., M. M.Tr
NIP. 19800307 200502 2 002

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

Lampiran 9. Nota Dinas Ahli 2



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BADAN LAYANAN UMUM
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

JL. MARUNDA MAKMUR
CILINCING JAKARTA UTARA
JAKARTA 14150

TELP : (021) 8809161 8 (Hunting)

FAX : (021) 44834345
Email : webmaster@stipjakarta.ac.id
Home Page : http://www.stipjakarta.ac.id

NOTA DINAS
Nomor : 236 / JURNAUVI/2026

Kepada Yth : Bapak Capt. Abdul Rochman, M.M
Dari : Ketua Jurusan Nautika
Hal : Permohonan untuk menjadi validator
Tanggal : 05 Juni 2026

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

Nama : Muhammad Alfin Aziz
Kelas : N8D
NRP : 365221413
Judul : Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Man Overboard (Mob) Berbasis Internet of Things (Iot) Untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Awak Kapal

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

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

Capt. Suhartini, S.SiT., M. M.Tr
NIP. 19800307 200502 2 002

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

Lampiran 10. Pengujian Alat oleh Ahli 1

Lampiran 11. Pengujian Alat oleh Ahli 2

Lampiran 12. Pengujian Alat oleh Pengguna

Lampiran 13. Hasil Validasi oleh Ahli 1

Uji Validasi Produk Sistem Monitoring Keselamatan *Man Overboard* (MOB) Berbasis *Internet Of Things* (IOT)

Tujuan : Penggunaan sistem monitoring keselamatan berbasis IOT yang dilengkapi sensor MPU-6050 (*gyroscope* dan *accelerometer*), water sensor, serta modul GPS NEO-6M untuk mendeteksi kondisi darurat MOB. Skenario yang dikembangkan adalah perancangan alat monitoring keselamatan dengan ESP32 yang dapat mengirimkan data lokasi dan notifikasi secara *real-time* ke *bridge unit* sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*) pada kapal.

Nama : Capt. Irfan Faozun, M.M.

Keahlian : Nautika

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

Komentar dan Saran

Dapat difungsikan sebagai alat deteksi keselamatan awak kapal

Keterangan :

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

Jakarta, 10/6/2026

IRFAN FAOZUN

TTD VALIDATOR

Lampiran 14. Hasil Validasi oleh Ahli 2

Uji Validasi Produk Sistem Monitoring Keselamatan *Man Overboard* (MOB) Berbasis *Internet Of Things* (IOT)

Tujuan : Penggunaan sistem monitoring keselamatan berbasis IOT yang dilengkapi sensor MPU-6050 (*gyroscope* dan *accelerometer*), water sensor, serta modul GPS NEO-6M untuk mendeteksi kondisi darurat MOB. Skenario yang dikembangkan adalah perancangan alat monitoring keselamatan dengan ESP32 yang dapat mengirimkan data lokasi dan notifikasi secara *real-time* ke *bridge unit* sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*) pada kapal.

Nama : Capt. Abdul Rochman, M.M

Keahlian : Nautika

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

Komentar dan Saran

Dapat dikembangkan lebih lanjut agar lebih efektif dan efisien

Keterangan :

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

Jakarta, 10 - 06 2026

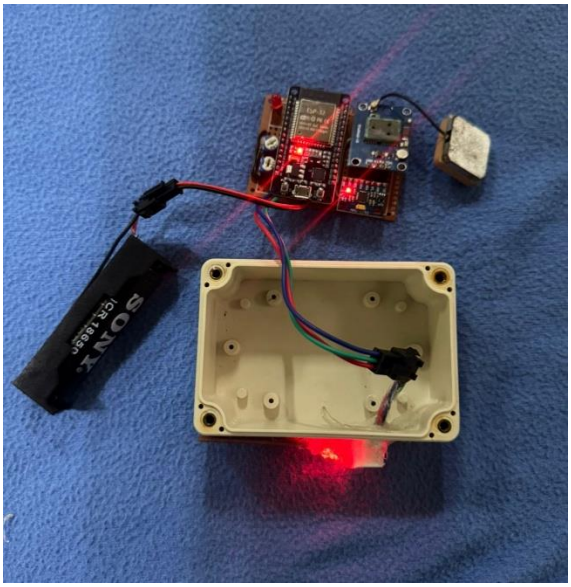
TTD VALIDATOR

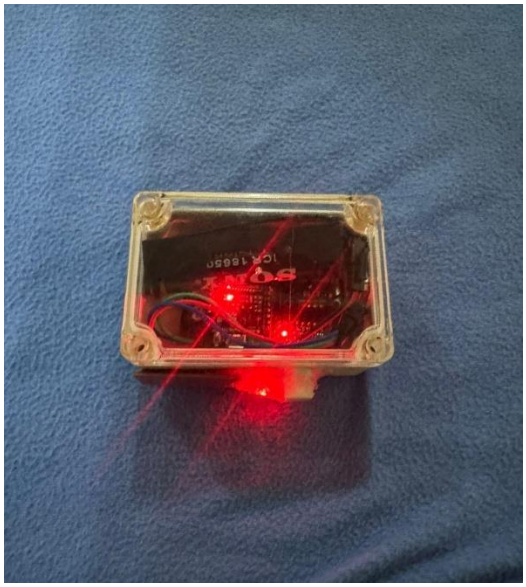
Lampiran 15. Hasil Validasi oleh Pengguna

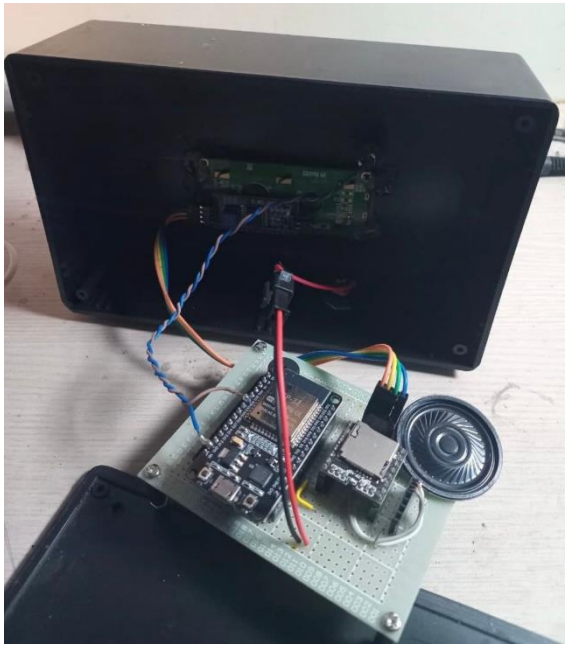
Form_Responses

Timestamp	NAMA	PERUSAHAAN	NAMA KAPAL	JABATAN	KEMUDAHAN PENGGUNAAN ALAT	RANCANGAN PRODUK	STABILITAS SISTEM	KECEPATAN DAN KEJELASAN NOTIFIKASI SAAT TERDETEKSI MAN OVER BOARD
12/05/2026 19:14:57	MUHAMMAD ARDY WINANTORO	OSAKA ASAHI KAIUN	MV FEDERAL OAK	DECK CADET	5	5	5	4
12/05/2026 19:14:59	Muhamad Rizky Hanifan	Columbia Shipmanagement	Golden Aso	Deck Cadet	5	5	5	5
12/05/2026 19:15:12	Haziin gama permana putra	BSI	Sm golden eagle	Deck cadet	5	5	5	4
12/05/2026 19:15:16	ahmad ananda s	pan ocean	pan optimum	deck cadet	5	5	5	4
12/05/2026 19:16:20	KAISHA HADZAMI	JASINDO DUTA SEGARA	MV. SINAR SUNDA	DECK CADET	5	4	5	5
12/05/2026 19:17:52	Dhevanni Ramdana Wibowo	PT. Andhika Lines	MV. Andhika Paramesti	Deck Cadet	5	5	4	5
12/05/2026 19:18:33	FARSYA CAHYANDA	PT. HUMOLCO LNG INDONESIA	FSRU JAWA SATU	Deck Cadet	4	5	5	5
12/05/2026 19:19:18	Nanda Furqan Siregar	Asl	GAS ALYSSA	Deck Cadet	5	5	5	5
12/05/2026 19:21:09	Raihan Dhafin Ramadhan	Aweidhia, Laskaridis	MV.SARONIC TRADER	CADET	5	5	5	5
12/05/2026 19:22:07	GILANG SANJAYA SILITONGA	ARCADIA SHIPPING PTE LTD	LNG/C LADY EVA	DECK CADET	5	5	5	5
12/05/2026 19:22:11	HAFIS AULIA	PT. ANDHIKA LINE	MV.BULK BATAVIA	CADET DECK	5	5	5	4
12/05/2026 19:25:13	SABRINA DIVANI ANTORO	MOL	SS.ENERGY FRONTIER	DECK CADET	5	5	5	5
12/05/2026 19:25:31	Aefril Iranda Gultom	Wilhelmsen company	Golden Isaia	Cadet	5	5	5	5
12/05/2026 19:30:42	Ryaas M Lazuard	K Marine Shipping Management	LNG TANGGUH JAYA	Cadet	5	5	5	5
12/05/2026 19:35:59	MUHAMMAD GHIFARI BAGAS SAMUDRA	PAN OCEAN	PAN FUTURE	DECK CADET	5	5	5	5
12/05/2026 19:36:59	DIMAS AZIZ MAULANA	HAFNIA	HAFNIA BOBCAT	DECK CADET	5	5	5	5
12/05/2026 19:46:10	HADRIAN MANGGALA PUTRA HARTADY	KGM	MV GLOVIS DIAMOND	Cadet	5	5	5	5
12/05/2026 20:25:56	KADEK GONDAN PRAMUDITA	PT. KORIN GLOBAL MANDIRI	MV. GLOVIS DESIRE	DECK CADET	5	5	5	5
12/05/2026 20:31:24	MARSA ZAHRAN	PELAYARAN NASIONAL INDONESIA	KM. NGGAPULU	CADET	5	5	5	5
12/05/2026 21:48:13	Bima Alfarifqi Hartanto	Soechi lines	MT SUCCESS MARLINA XXXIII	Cadet	5	5	5	5

Lampiran 16. Proses Perancangan Alat







Lampiran 17. Listing Program *Transmitter Unit*

```
#include <Wire.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <WiFi.h>
#include <esp_now.h>
#include "MPU6050.h"

// ===== CONFIG =====
#define GPS_RX 16
#define GPS_TX 17
#define WATER_PIN 34
#define WATER_THRESHOLD_POT_PIN 35
#define FALL_THRESHOLD_POT_PIN  32
#define LED_PIN 2
#define BUZZER_PIN 4

#define FALL_CONFIRM_TIME 8000

#define WATER_CONFIRM_TIME 3000  // ms
#define MAX_ALERT_TIME 2000 // ms

#define SEND_INTERVAL_NORMAL 2000 // ms
#define SEND_INTERVAL_ALERT 500 // ms

uint8_t receiverMAC[] = {0xC8, 0xC9, 0xA3, 0xEF, 0x4D, 0x90};

TinyGPSPlus gps;
MPU6050 mpu;
HardwareSerial gpsSerial(2);

// ===== DATA STRUCT =====
typedef struct struct_message {
  float lat;
  float lon;
  int accelSum;
  int water;
  bool fall;
  bool waterDetected;
  bool waterOnly;
} struct_message;

// ===== STATE =====
int accelSum = 0;
int lastAccelSum = 0;
float lastLat = 0.0;
float lastLon = 0.0;

bool fallDetectedFlag = false;
unsigned long fallStartTime = 0;
```

```
unsigned long waterStartTime = 0;
bool waterOnlyTriggered = false;

unsigned long lastSendTime = 0;
unsigned long sendInterval = SEND_INTERVAL_NORMAL;

bool alertActive = false;
unsigned long alertStart = 0;

struct_message dataToSend;

// ===== SMOOTH READ =====
int readSmooth(int pin) {
  int total = 0;
  for (int i = 0; i < 10; i++) {
    total += analogRead(pin);
    delay(2);
  }
  return total / 10;
}

// ===== CALLBACK =====
void onSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
  Serial.print("Send Status: ");
  Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "OK" : "FAIL");
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(2000);

  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

  Wire.begin(21, 22);

  gpsSerial.begin(9600, SERIAL_8N1, GPS_RX, GPS_TX);
  mpu.initialize();

  if (mpu.testConnection()) {
    Serial.println("MPU6050 connected");
  } else {
    Serial.println("MPU6050 FAILED");
  }

  WiFi.mode(WIFI_STA);

  if (esp_now_init() != ESP_OK) {
```

```
    Serial.println("ESP-NOW Init Failed");
    return;
  }

  esp_now_register_send_cb(onSent);

  esp_now_peer_info_t peerInfo = {};
  memcpy(peerInfo.peer_addr, receiverMAC, 6);
  peerInfo.channel = 0;
  peerInfo.encrypt = false;

  if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
    Serial.println("Failed to add peer");
    return;
  }

  Serial.println("System Ready...");
}

void loop() {
  // ===== GPS =====
  while (gpsSerial.available()) {
    gps.encode(gpsSerial.read());
  }

  if (gps.location.isValid()) {
    lastLat = gps.location.lat();
    lastLon = gps.location.lng();
  }

  dataToSend.lat = lastLat;
  dataToSend.lon = lastLon;

  // ===== MPU =====
  int16_t ax, ay, az;
  int16_t gx, gy, gz;

  mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);

  lastAccelSum = accelSum;
  accelSum = abs(ax) + abs(ay) + abs(az);

  dataToSend.accelSum = accelSum;

  // ===== POTENTIOMETER (dynamic threshold) =====
  int waterThreshold = analogRead(WATER_THRESHOLD_POT_PIN);
  int fallThreshold = analogRead(FALL_THRESHOLD_POT_PIN);
  int dynamicWaterThreshold = map(waterThreshold, 0, 4095, 1000, 3000);
  int dynamicFallThreshold = map(fallThreshold, 0, 4095, 0, 50000);
```

```
  if (abs(accelSum - lastAccelSum) > dynamicFallThreshold) {
    fallDetectedFlag = true;
    fallStartTime = millis();
  }

  if (millis() - fallStartTime > FALL_CONFIRM_TIME) {
    fallDetectedFlag = false;
  }

  dataToSend.fall = fallDetectedFlag;

  int waterValue = readSmooth(WATER_PIN);
  dataToSend.water = waterValue;

  bool waterDetected = waterValue > dynamicWaterThreshold;
  dataToSend.waterDetected = waterDetected;

  if (waterDetected) {
    if (waterStartTime == 0) {
      waterStartTime = millis();
    }

    if (millis() - waterStartTime > WATER_CONFIRM_TIME) {
      waterOnlyTriggered = true;
    }
  } else {
    waterStartTime = 0;
    waterOnlyTriggered = false;
  }

  dataToSend.waterOnly = waterOnlyTriggered;

  // ===== ALERT LOGIC =====
  bool fallIntoWater = fallDetectedFlag && waterDetected;
  bool isAlert = fallIntoWater || waterOnlyTriggered;

  sendInterval = waterDetected ? SEND_INTERVAL_ALERT :
SEND_INTERVAL_NORMAL;

  if (millis() - lastSendTime >= sendInterval) {
    lastSendTime = millis();
    esp_now_send(receiverMAC, (uint8_t *)&dataToSend, sizeof(dataToSend));
  }

  // ===== BUZZER + LED =====
  if (waterDetected && !alertActive) {
    tone(BUZZER_PIN, 1500);
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    alertActive = true;
    alertStart = millis();
```

```
  }

  if (!waterDetected) {
    if (millis() - alertStart > MAX_ALERT_TIME) {
      tone(BUZZER_PIN, 0);
      digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    }
    alertActive = false;
  }

  // ===== DEBUG =====
  Serial.println("---- DATA ----");
  Serial.print("Lat: "); Serial.print(dataToSend.lat, 6);
  Serial.print(" Lon: "); Serial.println(dataToSend.lon, 6);
  Serial.print("Accel: "); Serial.println(accelSum);
  Serial.print("Water: "); Serial.println(waterValue);
  Serial.print("Water Threshold: "); Serial.println(dynamicWaterThreshold);
  Serial.print("Fall Threshold: "); Serial.println(dynamicFallThreshold);
  Serial.print("Fall: "); Serial.print(dataToSend.fall);
  Serial.print(" WaterDetected: "); Serial.print(dataToSend.waterDetected);
  Serial.print(" WaterOnly: "); Serial.println(dataToSend.waterOnly);
  Serial.println("----------------\n");

  delay(200);
}
```

Lampiran 18. Listing Program *Receiver Unit*

```
#include <WiFi.h>

        #include <esp_now.h>
        #include <Wire.h>
        #include <LiquidCrystal_I2C.h>
        #include <DFRobotDFPlayerMini.h>

        // ===== LCD =====
        LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

        // ===== BUZZER =====
        #define BUZZER_PIN 25

        // ===== DFPLAYER =====
        HardwareSerial dfSerial(2);
        DFRobotDFPlayerMini dfPlayer;

        // ===== STRUCT =====
        typedef struct struct_message {
          float lat;
          float lon;
          int accelSum;
          int water;
          bool fall;
          bool waterDetected;
          bool waterOnly;
        } struct_message;

        struct_message receivedData;

        // ===== NEW: persistent lat/lon =====
        float lastLat = 0.0;
        float lastLon = 0.0;

        // ===== HELPERS =====
        void triggerAlert() {
          digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
          delay(200);
          digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
          delay(100);
          digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
          delay(200);
          digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

          dfPlayer.play(1);
        }

        void updateLCD(struct_message d) {
          lcd.clear();
```

```
  // Line 1: id + lat/lon (use lastLat/lastLon which hold the last valid coords)
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("id=1 ");
  lcd.print(lastLat, 4);
  lcd.print(",");
  lcd.print(lastLon, 4);

  // Line 2: status
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("status=");

  bool fallIntoWater = d.fall && (d.waterDetected || d.waterOnly);
  bool waterOnly     = !d.fall && (d.waterDetected || d.waterOnly);

  if (fallIntoWater) {
    lcd.print("fall2water");
  } else if (d.fall) {
    lcd.print("fall off");
  } else if (waterOnly) {
    lcd.print("water only");
  } else {
    lcd.print("fine");
  }
}

// ===== CALLBACK =====
void onReceive(const uint8_t *mac, const uint8_t *data, int len) {
  if (len != sizeof(struct_message)) {
    Serial.println("Invalid data size");
    return;
  }

  memcpy(&receivedData, data, sizeof(struct_message));

  // ===== UPDATE lat/lon only if non-zero =====
  if (receivedData.lat != 0.0 && receivedData.lon != 0.0) {
    lastLat = receivedData.lat;
    lastLon = receivedData.lon;
  }

  // --- Serial print ---
  Serial.println("---- RECEIVED ----");
  Serial.print("From MAC: ");
  for (int i = 0; i < 6; i++) {
    Serial.printf("%02X", mac[i]);
    if (i < 5) Serial.print(":");
  }
  Serial.println();
  Serial.print("Lat, Lon (used): ");
```

```
        Serial.print(lastLat, 6);
        Serial.print(", ");
        Serial.println(lastLon, 6);
        Serial.print("Accel: ");     Serial.println(receivedData.accelSum);
        Serial.print("Water: ");     Serial.println(receivedData.water);
        Serial.print("Fall: ");      Serial.println(receivedData.fall     ? "YES" : "NO");
        Serial.print("WaterDet: ");  Serial.println(receivedData.waterDetected ? "YES"
: "NO");
        Serial.print("WaterOnly: "); Serial.println(receivedData.waterOnly ? "YES" :
"NO");

        // ===== BUZZER: only when ALL THREE are true =====
        bool allThree = receivedData.fall && receivedData.waterDetected &&
receivedData.waterOnly;

        if (allThree) {
          Serial.println("ALERT: fall + waterDetected + waterOnly all true!");
          triggerAlert();
        } else {
          Serial.println("No full alert condition.");
        }

        // --- LCD ---
        updateLCD(receivedData);

        Serial.println("------------------\n");
      }

      // ===== SETUP =====
      void setup() {
        Serial.begin(115200);
        delay(1000);

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

        Wire.begin(21, 22);
        lcd.begin();
        lcd.backlight();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Receiver Ready");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Waiting data...");

        dfSerial.begin(9600, SERIAL_8N1, 25, 27);
        delay(1000);
        if (!dfPlayer.begin(dfSerial)) {
          Serial.println("DFPlayer init failed");
        } else {
          Serial.println("DFPlayer ready");
```

```
    dfPlayer.volume(25);
  }

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  Serial.print("MAC: ");
  Serial.println(WiFi.macAddress());

  if (esp_now_init() != ESP_OK) {
    Serial.println("ESP-NOW Init Failed");
    return;
  }

  esp_now_register_recv_cb(onReceive);
  Serial.println("Receiver ready, waiting for data...");
}

void loop() {}
```