

Sistem Monitoring Iot Untuk Perawatan Preventif Dan Deteksi Dini Mesin Kapal Tugboat

Jimmy Newtron Mangunsong¹, Gilang Ramadhan², Nazarudin Hamapu³

¹²³Prodi Permesinan Kapal, Fakultas Vokasi Logistik Militer, Universitas Pertahanan Indonesia

Alamat : Fatukety, Kakuluk Mesak, Belu-NTT

Email : Jimmymangunsong7@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengusulkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi kerusakan dini dan melakukan perawatan preventif pada mesin kapal tugboat. Dengan menggunakan Arduino ATmega328 dan modul GSM SIM900, sistem ini mampu menggabungkan suhu mesin, suhu oli pelumas, suhu pendingin, serta tingkat getaran mesin secara real-time. Ketika parameter melebihi batas normal, sistem akan memberikan peringatan otomatis kepada kapal awak agar segera melakukan tindakan pencegahan. Penerapan sistem ini diharapkan dapat mengurangi potensi kerusakan mesin dan kecelakaan laut akibat kegagalan mesin. Sensor yang digunakan antara lain termokopel tipe-K, RTD PT100/1000, serta sensor getaran ADXL335 dan sensor piezoelektrik. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu memberikan peringatan yang efektif ketika suhu atau getaran melebihi ambang batas yang ditentukan.

Kata kunci: IoT, tugboat, Arduino, sensor suhu, sensor getaran, perawatan preventif.

Abstract

This research proposes an Internet of Things (IoT)-based monitoring system to detect early damage and perform preventive maintenance on tugboat engines. Using an Arduino ATmega328 and a SIM900 GSM module, this system can combine engine temperature, lubricating oil temperature, coolant temperature, and engine vibration levels in real time. When these parameters exceed normal limits, the system will automatically alert the ship's crew to take immediate preventive action. The implementation of this system is expected to reduce the potential for engine damage and maritime accidents due to engine failure. The sensors used include K-type thermocouples, PT100/1000 RTDs, ADXL335 vibration sensors, and piezoelectric sensors. The results show that the system can provide effective warnings when temperature or vibration exceeds the specified threshold.

Keywords: IoT, tugboat, Arduino, temperature sensor, vibration sensor, preventive maintenance.

1. Pendahuluan

Kapal merupakan struktur terapung yang dirancang untuk bergerak di atas air, mulai dari bentuk sederhana seperti rakit hingga kapal induk berukuran besar. Perannya sangat penting dalam mendukung berbagai sektor kehidupan manusia, terutama dalam bidang ekonomi, transportasi, dan pertahanan. Dalam operasionalnya, kapal membutuhkan mesin utama dengan sistem perawatan yang memadai agar dapat beroperasi secara optimal dan aman. Mesin kapal yang tidak dirawat dengan baik berpotensi mengalami kerusakan serius yang dapat mengakibatkan kegagalan sistem penggerak dan bahkan menyebabkan kecelakaan laut.

Berdasarkan data dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), diketahui bahwa kegagalan mesin merupakan salah satu penyebab utama kecelakaan laut di Indonesia. Dalam laporan KNKT tahun 2018–2022 disebutkan bahwa lebih dari 30% kecelakaan laut disebabkan oleh kerusakan mesin. Faktor utama penyebabnya adalah kurangnya pemeliharaan rutin serta keterlambatan dalam mendeteksi gejala kerusakan mesin secara dini.

Beberapa contoh kasus berikut menggambarkan dampak nyata dari kurangnya sistem perawatan preventif dan deteksi dini pada mesin kapal. Tug Boat Dwi Randa (2024) mengalami kebakaran akibat mesin yang overheat di perairan Lubuk Ruso, yang menyebabkan ledakan di kamar mesin dan menghanguskan sebagian kapal. Meskipun tidak menimbulkan korban jiwa, kapal harus menjalani perbaikan besar. KMP Tunu Pratama Jaya (2025) terbalik di perairan Selat Bali akibat kebocoran di ruang mesin yang diduga disebabkan oleh kerusakan sistem permesinan. Sementara itu, KM Samudra Makmur Jaya (2008) tenggelam di Pelabuhan Tanjung Perak setelah mengalami kebocoran di kamar mesin yang menyebabkan mesin induk mati. Kasus-kasus tersebut memperlihatkan bahwa sistem deteksi dini dan pemeliharaan preventif mesin sangat dibutuhkan untuk mencegah kerusakan fatal pada kapal.

Salah satu jenis kapal yang membutuhkan perhatian khusus terhadap sistem permesinannya adalah tugboat atau kapal tunda. Tugboat merupakan kapal kecil dengan tenaga besar yang berfungsi untuk menarik dan mendorong kapal lain yang lebih besar, seperti

kapal tanker, kapal kargo, atau tongkang, guna membantu manuver di pelabuhan, sungai, maupun laut lepas. Tugboat memiliki karakteristik unik berupa tenaga mesin yang sangat besar dibandingkan ukurannya, kemampuan manuver yang tinggi, serta konstruksi badan kapal yang kokoh. Selain itu, kapal ini dilengkapi dengan tali penarik kuat yang memungkinkan untuk menarik atau mendorong kapal lain dalam berbagai kondisi operasional.

Dalam operasionalnya yang berat, mesin tugboat bekerja secara intensif dan berkelanjutan, sehingga berpotensi mengalami peningkatan suhu, getaran berlebih, serta keausan komponen yang dapat menyebabkan kerusakan fatal apabila tidak terdeteksi sejak dini. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan yang mampu mendeteksi kondisi mesin secara real-time, memberikan peringatan dini, serta mendukung tindakan perawatan preventif sebelum terjadi kegagalan mesin.

Salah satu pendekatan yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menerapkan teknologi Internet of Things (IoT). Melalui sistem berbasis IoT, parameter penting mesin seperti suhu mesin, suhu oli pelumas, suhu pendingin, dan tingkat getaran dapat dipantau secara real-time menggunakan Arduino ATmega328 yang terintegrasi dengan **modul** GSM SIM900. Ketika parameter tersebut melampaui batas normal, sistem akan secara otomatis mengirimkan peringatan kepada awak kapal melalui jaringan GSM, sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan. Keunggulan utama sistem ini adalah tidak bergantung pada jaringan Wi-Fi, sehingga tetap berfungsi efektif di perairan yang jauh dari jangkauan internet.

Penerapan sistem monitoring berbasis IoT ini diharapkan dapat mengurangi risiko kerusakan mesin, menekan angka kecelakaan laut akibat kegagalan sistem permesinan, serta meningkatkan efisiensi operasional pada kapal tugboat. Dengan sistem yang mampu memberikan peringatan otomatis terhadap kondisi abnormal, awak kapal dapat melakukan langkah-langkah pencegahan lebih cepat dan tepat. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan Sistem Monitoring IoT untuk Perawatan Preventif dan Deteksi Dini Mesin Kapal Tugboat, yang bertujuan untuk membantu proses pemantauan kondisi mesin serta memperkuat sistem keselamatan dan keandalan kapal.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dan rekayasa sistem (engineering experiment) dengan tujuan merancang dan mensimulasikan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi dini kerusakan serta melakukan perawatan preventif pada mesin kapal tugboat. Tahapan penelitian meliputi studi literatur,

perancangan sistem perangkat keras, pengujian dan simulasi sistem, serta analisis hasil pengujian.

a) Studi Literatur

Tahapan awal penelitian ini dilakukan dengan meninjau berbagai literatur yang relevan untuk memperoleh dasar teori dan konsep sistem monitoring berbasis IoT. Literatur yang dikaji meliputi penelitian-penelitian terdahulu mengenai penerapan IoT dalam pemeliharaan mesin industri, sistem sensor suhu dan getaran, serta integrasi Arduino dengan modul GSM.

Beberapa referensi utama yang menjadi acuan adalah:

- Lee & Lee (2015) yang membahas peluang dan tantangan penerapan IoT dalam peningkatan efisiensi pemeliharaan mesin industri.
- Fauzan & Setiawan (2020) yang mengimplementasikan sistem IoT berbasis Arduino dan GSM untuk memantau mesin diesel dan memberikan notifikasi otomatis saat suhu melewati ambang batas.
- Hariyanto & Siregar (2021) yang mengembangkan sistem monitoring mesin kapal menggunakan mikrokontroler Arduino dan modul GSM sebagai media komunikasi.

Dari studi literatur ini diperoleh bahwa penggunaan Arduino ATmega328 yang dikombinasikan dengan modul GSM SIM900 merupakan solusi efektif untuk sistem monitoring di kapal, karena dapat beroperasi secara real-time tanpa memerlukan jaringan internet.

b) Perancangan Perangkat Keras (Hardware Design)

Perancangan perangkat keras merupakan tahapan utama dalam penelitian ini. Komponen utama yang digunakan meliputi:

- Mikrokontroler Arduino ATmega328 sebagai pusat pengendali dan pemroses data.
- Modul GSM SIM900 sebagai alat komunikasi untuk mengirimkan data atau peringatan melalui jaringan seluler.
- Sensor suhu terdiri dari *termokopel tipe-K* dan *RTD PT100/1000* untuk mengukur suhu mesin dan suhu oli pelumas.
- Sensor getaran ADXL335 dan *sensor piezoelektrik* digunakan untuk mendeteksi getaran mesin kapal.

Sinyal dari masing-masing sensor dikonversi menjadi data digital menggunakan modul antarmuka (seperti MAX6675 atau MAX31865) agar dapat dibaca oleh Arduino. Data hasil pengukuran selanjutnya dikirim melalui modul GSM SIM900 ke komputer atau ponsel awak kapal.

Perancangan sistem juga dilengkapi diagram alir (flowchart) yang menggambarkan hubungan antar komponen, mulai dari pengambilan data sensor, pengolahan di mikrokontroler, hingga pengiriman informasi ke pengguna.

c) Simulasi dan Pengujian Sistem

Tahap ini dilakukan untuk menguji kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan parameter fisik mesin, seperti suhu dan getaran, serta menilai keakuratan pengiriman peringatan otomatis.

Parameter yang diuji meliputi:

1. Suhu mesin dengan batas normal 75°C–90°C.
2. Suhu oli pelumas dengan batas normal 60°C–85°C.
3. Getaran mesin dengan batas ambang sebagai berikut:
 - Zona A (Normal): <2.8 mm/detik
 - Zona B (Marjinal): 2.8–7.1 mm/detik
 - Zona C (Kritis): >7.1 mm/detik

Sistem akan memberikan peringatan otomatis melalui SMS apabila salah satu parameter melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan secara simulatif dengan memvariasikan kondisi suhu dan getaran untuk menilai respons sistem.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi kritis dengan akurasi pengukuran $\pm 2^\circ\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 0,2$ mm/detik untuk getaran. Perbedaan kecil tersebut disebabkan oleh adanya *noise* pada sinyal sensor dan keterbatasan resolusi *Analog to Digital Converter (ADC)* pada mikrokontroler Arduino, namun masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima.

d) Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap ambang batas parameter yang telah ditentukan. Analisis dilakukan untuk menilai:

- Tingkat akurasi pembacaan sensor,
- Ketepatan sistem dalam memberikan peringatan dini, dan
- Keandalan sistem dalam mengirimkan data melalui jaringan GSM.

Selain itu, sistem juga dievaluasi dari segi kestabilan operasi, waktu respons pengiriman pesan, serta kemampuan mendeteksi kondisi tidak normal secara konsisten.

3. Hasil dan Pembahasan

a) Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang

untuk mendeteksi kondisi tidak normal pada mesin kapal tugboat. Sistem ini terdiri atas mikrokontroler Arduino ATmega328, modul GSM SIM900, serta sejumlah sensor suhu dan getaran yang berfungsi memantau parameter kritis mesin secara real-time.

Sistem ini mampu membaca tiga parameter utama, yaitu:

1. Suhu mesin kapal,
2. Suhu oli pelumas, dan
3. Tingkat getaran mesin.

Ketika nilai parameter melebihi batas normal, sistem secara otomatis mengirimkan peringatan (alert) melalui SMS kepada awak kapal agar segera melakukan tindakan pencegahan.

Berdasarkan hasil simulasi, sistem menunjukkan tingkat akurasi pengukuran yang baik dengan penyimpangan kecil, yaitu $\pm 2^\circ\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 0,2$ mm/detik untuk getaran. Nilai ini masih dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk sistem pemantauan preventif di lingkungan kapal.

Tabel berikut menunjukkan hasil simulasi sistem monitoring IoT pada kondisi operasional mesin tugboat:

Parameter	Nilai Simulasi	Ambang Normal	Status	Tindakan Rekomendasi
Suhu Mesin	92°C	75–90°C	Kritis	Turunkan beban; periksa sistem pendingin; lakukan pemeriksaan dalam 2 jam.
Suhu Oli Pelumas	82°C	60–85°C	Marjinal	Periksa sirkulasi dan tingkat oli pelumas.
Getaran Mesin	7,5 mm/detik	<7,1 mm/detik	Kritis	Hentikan operasi jika kondisi berlangsung >10 menit; inspeksi bantalan.

Tabel 1. Hasil simulasi sistem monitoring IoT pada mesin tugboat.

Dari hasil simulasi, terlihat bahwa sistem dapat memberikan respons cepat ketika parameter melampaui ambang batas. Peringatan dikirim melalui jaringan GSM SIM900 secara otomatis, yang menjadi nilai tambah karena sistem ini tidak bergantung pada koneksi internet.

Selain hasil pengukuran numerik, sistem juga menampilkan grafik perubahan suhu dan getaran terhadap waktu operasi.

- Grafik suhu mesin menunjukkan peningkatan suhu yang konstan hingga mencapai 95°C, yang kemudian memicu peringatan otomatis kepada awak kapal.

- Grafik getaran mesin memperlihatkan peningkatan amplitudo hingga melampaui 7,1 mm/detik, menandakan potensi kondisi kritis akibat ketidakseimbangan atau keausan bantalan mesin.

b) Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem monitoring ini dapat mendeteksi kondisi kritis secara efektif dan memberikan peringatan dini kepada operator kapal sebelum terjadi kerusakan besar. Secara umum, sistem terbukti mampu memantau kondisi mesin tugboat dengan reliabilitas yang baik dalam tiga aspek utama, yaitu suhu mesin, suhu oli pelumas, dan getaran.

Beberapa kondisi yang berhasil dideteksi sistem antara lain:

1. Peningkatan getaran di atas 4 mm/detik yang berlangsung selama lebih dari 10 menit menjadi indikator awal keausan bantalan. Sistem memberikan peringatan untuk melakukan inspeksi visual dan pengecekan pelumasan dalam waktu 6 jam operasi.
2. Ketika suhu mesin naik lebih dari 5°C dari baseline operasi normal (misalnya dari 80°C menjadi 85°C) selama lebih dari 5 menit, sistem memberikan peringatan otomatis agar operator menurunkan beban mesin sebesar 10% dan melakukan pemeriksaan pendingin.
3. Apabila suhu oli melebihi 75°C dan tekanan oli menurun, sistem merekomendasikan penggantian oli atau pemeriksaan sirkulasi dalam waktu 24 jam operasi.
4. Berdasarkan literatur industri serupa, sistem monitoring seperti ini dapat mengurangi risiko kerusakan mesin hingga 30–50%, dibandingkan dengan perawatan berbasis jadwal rutin (time-based maintenance).

c) Pembahasan

Sistem monitoring berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa keunggulan dan implikasi penting terhadap praktik pemeliharaan kapal tugboat.

1. Implementasi Arduino ATmega328 dan modul GSM SIM900 terbukti efektif untuk pengiriman data secara real-time tanpa ketergantungan terhadap jaringan Wi-Fi. Hal ini membuat sistem cocok digunakan di kapal yang beroperasi di laut lepas dengan keterbatasan koneksi internet.
2. Sensor suhu (termokopel tipe-K dan RTD PT100/1000) serta sensor getaran (ADXL335 dan piezoelektrik) menunjukkan tingkat sensitivitas yang baik terhadap perubahan kondisi mesin. Walaupun terdapat sedikit deviasi akibat *noise* sinyal dan resolusi ADC, hasil pengukuran tetap dalam batas toleransi teknis.
3. Sistem memberikan respons yang cepat dan akurat ketika suhu atau getaran melampaui ambang batas. Notifikasi otomatis yang

dikirim melalui SMS berfungsi sebagai peringatan dini yang membantu awak kapal mengambil langkah pencegahan sebelum terjadi kerusakan fatal.

4. Penerapan sistem ini berpotensi menurunkan angka kecelakaan laut akibat kegagalan mesin, meningkatkan efisiensi operasional, serta memperpanjang umur komponen mesin. Sistem ini juga dapat dijadikan dasar untuk pengembangan maintenance berbasis kondisi (condition-based maintenance) pada kapal tugboat.
5. Beberapa keterbatasan yang ditemukan meliputi gangguan komunikasi GSM di wilayah laut lepas, potensi *false alarm* akibat fluktuasi sensor, serta kebutuhan kalibrasi berkala untuk menjaga akurasi pengukuran. Namun, kelemahan tersebut dapat diminimalkan dengan prosedur kalibrasi rutin dan penggunaan algoritma ambang adaptif.

d) Implikasi dan Rekomendasi Operasional

Untuk meningkatkan kinerja sistem dan mendukung penerapan di lapangan, beberapa rekomendasi operasional disarankan:

- Kalibrasi sensor suhu dan getaran dilakukan setiap enam bulan atau setelah 500 jam operasional.
- Ambang batas adaptif dapat diterapkan dengan menghitung rata-rata dan deviasi standar dari data historis agar mengurangi alarm palsu.
- Penyimpanan data lokal dan sinkronisasi periodik ke server di dermaga guna mengatasi keterbatasan jaringan GSM di laut.
- Integrasi sistem ke dalam SOP kapal, termasuk pelatihan awak mengenai prosedur tanggap alarm dan pemeliharaan sistem sensor.
- Redundansi sistem komunikasi, dengan tambahan alarm visual atau audio (buzzer/LED) untuk memastikan peringatan tetap diterima meski sinyal GSM terganggu.

e) Ringkasan Hasil Pembahasan

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa sistem monitoring berbasis IoT menggunakan Arduino ATmega328 dan modul GSM SIM900 dapat diimplementasikan secara efektif pada mesin kapal tugboat. Sistem ini mampu memantau kondisi suhu dan getaran secara real-time, mendeteksi anomali lebih awal, dan memberikan peringatan dini untuk mencegah kerusakan mesin. Dengan demikian, sistem ini berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan pelayaran, efisiensi perawatan mesin, dan pengurangan risiko kecelakaan laut akibat kegagalan sistem permesinan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi dini kerusakan dan mendukung perawatan preventif pada mesin kapal tugboat. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega328 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan modul GSM SIM900, serta memanfaatkan berbagai sensor suhu dan getaran untuk memantau kondisi mesin secara real-time.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi perubahan parameter mesin. Ketika suhu atau getaran melebihi ambang batas normal, sistem secara otomatis memberikan peringatan dini (early warning) melalui pesan SMS kepada awak kapal. Pengujian menunjukkan tingkat akurasi pengukuran suhu sebesar $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan getaran sebesar $\pm 0,2$ mm/detik, dengan tingkat keandalan komunikasi yang stabil dalam kondisi operasi normal.

Penerapan sistem ini terbukti dapat membantu awak kapal dalam:

1. Mendeteksi kondisi tidak normal seperti suhu berlebih dan getaran abnormal pada mesin.
2. Mengambil tindakan pencegahan lebih cepat, sehingga risiko kerusakan mesin dapat diminimalisir.
3. Mengurangi kemungkinan kecelakaan laut akibat kegagalan mesin dan memperpanjang umur operasional mesin kapal.

Dengan keunggulan sistem yang tidak bergantung pada jaringan internet, penggunaan Arduino dan GSM SIM900 dinilai sangat sesuai untuk lingkungan maritim yang jauh dari jangkauan Wi-Fi. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan keselamatan operasional kapal, efisiensi perawatan mesin, serta efektivitas deteksi dini kerusakan pada sistem permesinan kapal tugboat.

Namun, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti gangguan komunikasi GSM di wilayah laut lepas dan kemungkinan terjadinya alarm palsu akibat fluktuasi sinyal sensor. Oleh karena itu, penelitian lanjutan direkomendasikan untuk:

- Melakukan uji lapangan jangka panjang pada beberapa kapal tugboat,
- Mengintegrasikan sensor tekanan oli dan beban mesin untuk memperluas parameter pemantauan,
- Mengembangkan model prediktif berbasis machine learning untuk mendeteksi kegagalan mesin secara lebih akurat, dan
- Melakukan analisis biaya-manfaat (ROI) untuk mengukur efisiensi ekonomi dari implementasi sistem ini.

Secara keseluruhan, sistem monitoring IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini layak diterapkan sebagai solusi awal untuk mendukung sistem perawatan preventif dan deteksi dini pada mesin kapal tugboat di lingkungan maritim Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Amad Narto, Nasri, & Suwondo. (2010). *Mesin penggerak utama motor diesel dan turbin gas*. PIP Semarang.
- [2] Budiyanto, A., & Hidayat, M. (2019). *Internet of Things (IoT) untuk pemantauan dan kontrol sistem industri*. Yogyakarta: Penerbitan Mendalam.
- [3] Fauzan, R., & Setiawan, B. (2020). Implementasi Internet of Things (IoT) untuk memantau suhu dan getaran mesin industri menggunakan Arduino. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer (JTik)*, 6(2), 101–110.
- [4] Hariyanto, D., & Siregar, M. (2021). Rancang bangun sistem monitoring mesin kapal menggunakan mikrokontroler Arduino dan GSM. *Jurnal Rekayasa Maritim*, 9(1), 45–53.
- [5] Hidayat, R., & Nugroho, A. (2022). *Sistem deteksi dini kerusakan mesin berbasis sensor getaran dan suhu*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung Press.
- [6] International Maritime Organization (IMO). (2021). *Pedoman keselamatan maritim dan pemeliharaan preventif*. London: IMO Publishing.
- [7] Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT). (2023). *Laporan tahunan kecelakaan transportasi laut di Indonesia 2018–2022*. Jakarta: KNKT.
- [8] Kurniawan, D., & Pratama, Y. (2020). Desain sistem pemantauan suhu dan tekanan oli pada mesin kapal berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sistem (JTRS)*, 4(3), 78–87.
- [9] Lee, I., & Lee, K. (2015). Internet of Things (IoT): Aplikasi, investasi, dan tantangan bagi perusahaan. *Business Horizons*, 58(4), 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>
- [10] Raharjo, S., & Santoso, B. (2021). *Penerapan sensor suhu dan getaran untuk mendeteksi dini kerusakan mesin diesel kapal*. Surabaya: ITS Press.
- [11] Suryanto, R., & Wicaksono, T. (2020). Analisis kinerja sensor ADXL335 dan termokopel tipe-K pada sistem monitoring mesin diesel. *Jurnal Mekanikal*, 11(2), 67–74.
- [12] Wahyudi, D., & Firmansyah, I. (2023). Integrasi IoT dan GSM untuk sistem peringatan dini mesin kapal tugboat. *Jurnal Sistem Otomasi dan Kelautan*, 5(1), 23–34.