



Optimalisasi Sistem *Emergency Stop* dan *Switchboard Alarm* Kapal Berdasarkan Analisis Kinerja

R. Adhimaskin Kusumawardani

Akademi Maritim Djadajat
dhiemask2000@gmail.com

ABSTRACT

The ship's electrical system plays a vital role in supporting the operational reliability of modern merchant vessels. This study aims to evaluate the performance of the emergency stop and alarm switchboard systems on MV HT KUWE and to formulate improvement measures to ensure that protection functions comply with marine electrical safety standards. A descriptive applied method with a technical case study approach was used through inspection and panel function tests conducted from May to June 2025 at the Pertamina Donggi-Matindok Field Port, Luwuk, Central Sulawesi. The observations show that the emergency stop buttons for the bilge pump and CO₂ fan failed to fully cut off the current, while the low insulation alarm and trip system did not respond according to the response time standards stated in the Marine Switchboard Specification Manual (HT KUWE, 2019), IMO, and SOLAS regulations. Identified causes include worn relays, decreased sensor sensitivity, and unscheduled maintenance routines. This research recommends rechecking wiring, replacing aged protection components, recalibrating alarms, and scheduling regular inspections to maintain the fail-safety principle. The findings are expected to serve as a practical reference for the engine crew in planning maintenance procedures and supervising the switchboard protection system to support safe and reliable ship operations.

Keywords: *switchboard, emergency stop, alarm, HT KUWE, fail-safety*

ABSTRAK

Sistem kelistrikan kapal berperan penting mendukung keandalan operasi pelayaran niaga. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja *emergency stop* dan *alarm switchboard* pada Kapal HT KUWE serta merumuskan langkah perbaikan agar fungsi proteksi sesuai standar keselamatan kelistrikan. Metode yang digunakan adalah deskriptif terapan dengan pendekatan studi kasus teknis melalui inspeksi dan uji fungsi panel distribusi selama Mei-Juni 2025 di Pelabuhan Pertamina Donggi-Matindok Field, Luwuk, Sulawesi Tengah. Hasil pengamatan menunjukkan tombol *emergency stop* pompa *bilge* dan *fan CO₂* tidak memutuskan arus sepenuhnya, sedangkan *alarm low insulation* dan *trip system* tidak merespons sesuai standar waktu respon *Marine Switchboard Specification Manual* (Kapal HT KUWE, 2019), IMO, dan SOLAS. Faktor penyebabnya antara lain *relay* aus, sensor isolasi menurun kepekaannya, dan perawatan belum terjadwal. Penelitian ini merekomendasikan pengecekan *wiring*, penggantian komponen proteksi, kalibrasi *alarm*, dan inspeksi rutin untuk memastikan prinsip *fail-safety* berjalan optimal. Temuan ini diharapkan menjadi acuan praktis bagi kru kapal bagian mesin dalam merancang prosedur perawatan dan pengawasan *switchboard* agar mendukung keselamatan operasional kapal secara berkelanjutan.

Kata Kunci: *switchboard, emergency stop, alarm, HT KUWE, fail-safety*

Article History

Received: Juli 2025

Reviewed: Juli 2025

Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No
235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Industri pelayaran modern merupakan salah satu tulang punggung vital bagi kelancaran distribusi logistik lintas negara. Dalam aktivitasnya, setiap unit kapal niaga bergantung pada sistem kelistrikan yang terjaga keandalan dan keamanannya agar dapat menopang berbagai operasi penting, mulai dari penggerak utama, mesin bantu, navigasi, hingga perlengkapan keselamatan. Panel *switchboard* berperan sebagai pusat kendali distribusi daya, pengatur beban, dan sistem proteksi agar instalasi listrik tetap bekerja stabil sesuai standar keselamatan (Harbours and Vessels, 2020).

Sebagaimana dipaparkan dalam Harbours and Vessels: Electrical Safety Solutions, sistem distribusi daya di kapal harus dilengkapi dengan berbagai perangkat proteksi seperti insulation monitoring, emergency stop, dan alarm system, guna mendeteksi potensi kebocoran arus atau gangguan sebelum menimbulkan risiko yang lebih besar. Prinsipnya, deteksi dini pada sistem kelistrikan harus mampu mencegah kegagalan total, kebakaran, atau kecelakaan kerja yang membahayakan kapal beserta awaknya. Selain itu, pengendalian mutu perawatan, pengujian rutin, serta pengawasan kondisi *switchboard* juga menjadi poin krusial yang ditegaskan dalam modul M4 Energy Management Onboard (IMO, 2018), di mana manajemen energi di kapal mencakup prosedur pemeliharaan mesin bantu, optimalisasi beban listrik, dan inspeksi proteksi arus.

Sayangnya, implementasi di lapangan tidak selalu selaras dengan teori rancangan. Berdasarkan data inspeksi teknis pada Kapal HT KUWE selama periode Mei hingga Juni 2025, ditemukan beberapa fungsi proteksi *switchboard* khususnya emergency stop dan alarm tidak berjalan semestinya. Hasil pemeriksaan lapangan mencatat, tombol emergency stop pompa bilga gagal memutus aliran listrik saat diuji coba, sementara alarm kebocoran isolasi pada panel distribusi 380V tetap tidak aktif meski pengukuran resistansi kabel menunjukkan nilai di bawah batas aman.

Tabel berikut menggambarkan beberapa temuan malfungsi yang berhasil dihimpun dari observasi teknis di kapal HT KUWE:

Tabel 1. Data Temuan Malfungsi Emergency Stop dan Alarm Switchboard Kapal HT KUWE, 2025

No	Tanggal	Tempat Panel	Alat yang Tidak Normal	Hasil Inspeksi	Dampak
1	12 Mei 2025	Panel E/R Switchboard	Emergency Stop Pompa Bilges	Tombol tidak memutus daya pompa saat pengujian shut down	Pompa tetap aktif, teknisi harus shutdown manual
2	12 Mei 2025	Panel 380V Distribusi	Alarm Isolasi Rendah	Alarm tidak berbunyi meski isolasi kabel $< 1 \text{ M}\Omega$	Kebocoran arus berpotensi terabaikan
3	20 Mei 2025	Panel Diesel Generator 2	Alarm Trip	Alarm menyala dengan keterlambatan ± 20 detik	Proteksi beban dilakukan manual secara darurat
4	05 Juni 2025	Panel Fan CO ₂	Emergency Stop Fan CO ₂	Tombol penghenti tidak aktif ketika uji fungsi	Fan CO ₂ terpaksa dimatikan melalui MCC

Idealnya, sistem proteksi ini harus berfungsi otomatis, cepat, dan akurat agar gangguan arus dapat terdeteksi sebelum menimbulkan risiko kerusakan yang lebih luas. Namun, kondisi di HT KUWE menunjukkan adanya kesenjangan antara rancangan ideal dan implementasi di lapangan. Beberapa faktor yang memicu kondisi ini antara lain adalah usia komponen proteksi yang melewati batas ideal, jadwal pemeliharaan yang belum tertib, serta belum adanya penerapan manajemen energi berbasis prediksi dan inspeksi terencana (IMO, 2018).

Jika masalah ini dibiarkan tanpa penanganan, dampaknya bukan hanya pada potensi korsleting dan kebakaran, tetapi juga menimbulkan risiko downtime kapal, kerusakan mesin vital, serta membahayakan keselamatan personel di atas kapal. Sebagaimana ditegaskan dalam Harbours and Vessels, sistem kelistrikan di kapal harus memenuhi persyaratan fail-safety agar kapal dapat tetap kembali ke pelabuhan dengan aman meski terjadi kerusakan pada satu subsistem distribusi (Harbours and Vessels, 2020).

Beberapa langkah perbaikan parsial seperti penggantian sekring, pengujian manual tombol emergency stop, dan pengecekan alarm telah dilakukan, tetapi upaya tersebut belum cukup menyelesaikan akar masalah. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengevaluasi kinerja emergency stop dan alarm switchboard Kapal HT KUWE, kemudian merumuskan langkah-langkah optimalisasi teknis agar sistem proteksi kelistrikan di kapal dapat berfungsi kembali secara andal, mendukung keselamatan, dan sejalan dengan ketentuan IMO, SOLAS, serta best practice industri pelayaran modern.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi manajemen kapal dan kru teknis dalam merumuskan prosedur perawatan serta pengujian berkala pada sistem emergency stop dan alarm switchboard. Selain itu, temuan penelitian ini juga diharapkan memperkaya kajian literatur mengenai kelistrikan kapal, khususnya terkait fungsi proteksi dan fail-safety switchboard di kapal niaga. Secara lebih luas, rekomendasi yang dihasilkan dapat menjadi masukan bagi pihak terkait untuk menyusun standar operasional prosedur (SOP) pemeliharaan sistem kelistrikan sesuai ketentuan IMO, SOLAS, dan praktik terbaik di industri pelayaran.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam kategori deskriptif terapan dengan pendekatan studi kasus teknis, yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi nyata kinerja sistem emergency stop dan alarm switchboard pada Kapal HT KUWE, serta merumuskan langkah perbaikan yang relevan. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk menelaah fakta di lapangan secara rinci, mengidentifikasi deviasi dari standar rancang bangun, dan menyusun rekomendasi perbaikan berbasis data observasi langsung.

Lokasi penelitian difokuskan pada Kapal HT KUWE, yang beroperasi di kawasan Pelabuhan Pertamina Donggi-Matindok Field, Luwuk, Sulawesi Tengah. Pengumpulan data dilaksanakan pada periode Mei hingga Juni 2025, bersamaan dengan pelaksanaan inspeksi rutin, pengujian fungsi panel distribusi, dan pengecekan komponen proteksi kelistrikan di ruang engine room serta switchboard room. Pemilihan lokasi dan waktu tersebut disesuaikan dengan jadwal operasional kapal dan kebutuhan akses teknis.

Objek penelitian mencakup perangkat switchboard kapal, meliputi tombol emergency stop, rangkaian alarm system, serta panel distribusi utama yang terhubung dengan sistem generator. Sementara itu, subjek pendukung penelitian adalah kru kapal bagian mesin yang

bertanggung jawab atas pengoperasian, perawatan, dan pengawasan fungsi switchboard. Kehadiran mereka diperlukan untuk memberikan informasi penunjang mengenai kondisi aktual di lapangan, prosedur operasional, serta hambatan teknis yang dihadapi selama pengoperasian.

Instrumen pengumpulan data dalam penelitian ini berupa panduan checklist inspeksi panel, form log sheet hasil uji fungsi tombol emergency stop, catatan pengujian alarm trip, dan dokumentasi visual kondisi panel distribusi. Teknik pengumpulan data dilaksanakan melalui observasi langsung, pengukuran resistansi isolasi kabel, simulasi shutdown darurat, serta wawancara terbatas dengan kru mesin untuk memperkuat data teknis yang dikumpulkan penulis secara mandiri.

Seluruh data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-komparatif, dengan cara membandingkan kondisi nyata hasil pengamatan lapangan dengan spesifikasi teknis dan prosedur standar sebagaimana tercantum dalam Switchboard Specification Manual (Kapal HT KUWE, 2019). Hasil perbandingan dimanfaatkan untuk mengidentifikasi deviasi, menelaah faktor penyebab, dan merumuskan rekomendasi perbaikan agar fungsi emergency stop dan alarm switchboard dapat berjalan optimal, sesuai dengan standar keselamatan kelistrikan kapal yang diatur dalam IMO, SOLAS, dan praktik terbaik industri maritim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan untuk menggambarkan kondisi nyata kinerja sistem *emergency stop* dan *alarm switchboard* di Kapal HT KUWE, sekaligus mengidentifikasi penyebab malfungsi dan merumuskan langkah perbaikan yang relevan. Pengumpulan data dilakukan melalui inspeksi teknis pada Mei hingga Juni 2025 dengan pendekatan deskriptif-komparatif, mengacu pada *Marine Switchboard Specification Manual* (Kapal HT KUWE, 2019) serta ketentuan kelistrikan kapal yang tercantum dalam standar IMO dan SOLAS.

Tabel 2. Hasil Observasi Emergency Stop, 2025

No	Tanggal	Tempat Panel	Komponen	Hasil Uji	Keterangan
1	12 Mei 2025	Panel E/R Switchboard	Emergency Stop Pompa Bilge	Tidak berfungsi normal	Shutdown dilakukan manual
2	05 Juni 2025	Panel Fan CO ₂	Emergency Stop Fan CO ₂	Tidak berfungsi normal	Fan CO ₂ dimatikan via MCC

Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan adanya deviasi fungsi pemutus arus darurat. Berdasarkan Tabel 2, uji fungsi tombol *emergency stop* menunjukkan bahwa pada Panel E/R Switchboard, tombol *emergency stop* pompa bilge tidak berfungsi optimal sehingga arus tidak terputus sepenuhnya. Akibatnya, proses penghentian pompa harus dilakukan manual oleh kru kapal bagian mesin. Situasi serupa teridentifikasi pada Panel Fan CO₂, di mana tombol *emergency stop fan CO₂* gagal merespon perintah *shutdown* otomatis, sehingga pemadaman fan terpaksa dialihkan melalui *Main Control Center (MCC)*. Padahal, dalam spesifikasi teknis, tombol emergency stop dirancang untuk memutus arus secara langsung dan penuh guna mencegah kerusakan lanjutan (Kapal HT KUWE, 2019).

Tabel 3. Hasil Observasi Alarm Switchboard

No	Tanggal	Tempat Panel	Komponen	Hasil Uji	Keterangan
1	12 Mei 2025	Panel Distribusi 380V	Alarm Low Insulation	Tidak aktif	Resistansi terukur < 1 MΩ, alarm senyap
2	20 Mei 2025	Panel Diesel Generator 2	Alarm Trip System	Terlambat ±20 detik	Gangguan arus tidak langsung memutus beban

Dari sisi alarm proteksi, Tabel 3 menjelaskan bahwa *alarm low insulation* pada panel distribusi 380V tidak aktif meski hasil pengukuran resistansi kabel menunjukkan nilai di bawah ambang batas 1 MΩ. Menurut ketentuan IMO (2018), penurunan resistansi di bawah batas standar harus memicu alarm secara otomatis agar kebocoran arus dapat terdeteksi lebih awal. Selain itu, alarm trip system pada panel diesel generator 2 menunjukkan respon yang lambat, yaitu ±20 detik setelah terjadinya lonjakan arus. Berdasarkan spesifikasi di manual kapal dan SOLAS, waktu respon ideal alarm trip tidak boleh melebihi 5 detik untuk menjamin perlindungan beban secara cepat dan mencegah kerusakan peralatan pendukung (SOLAS, 2020)

Tabel 4. Perbandingan Standar vs Kondisi Lapangan

No	Komponen	Standar Manual	Kondisi Aktual	Deviasi	Tindakan Perbaikan
1	Emergency Stop Pompa Bilge	Tombol harus memutus arus pompa penuh	Tidak memutus arus sepenuhnya	Shutdown harus manual	Cek wiring, bersihkan relay, ganti switch
2	Alarm Low Insulation	Bunyi alarm aktif jika resistansi turun di bawah ambang	Alarm tidak aktif meski resistansi rendah	Kebocoran arus tidak terdeteksi dini	Cek modul alarm, perbaiki sensor isolasi
3	Alarm Trip System	Alarm trip respon maksimal < 5 detik	Respon lambat ±20 detik	Potensi kerusakan beban tertunda	Kalibrasi relay proteksi, uji fungsi ulang

Jika hasil observasi dibandingkan dengan spesifikasi teknis sebagaimana dirangkum pada Tabel 4, terlihat jelas adanya gap pada tiga fungsi utama, yakni sistem pemutus arus darurat, alarm isolasi rendah, dan alarm trip. Malfungsi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis yang teridentifikasi di lapangan, seperti keausan relay pemutus arus, sensor isolasi yang kehilangan sensitivitas akibat umur pakai, serta prosedur perawatan yang belum dijalankan secara terstruktur. Kondisi ruang panel yang lembap, debu yang menumpuk, dan sambungan kabel yang longgar juga memperbesar peluang gangguan respon sistem proteksi.

Berdasarkan temuan ini, tindakan perbaikan yang disarankan meliputi pengecekan ulang jalur wiring, pengencangan sambungan terminal, pembersihan panel, serta penggantian tombol emergency stop yang tidak lagi responsif. Pada sisi alarm, diperlukan kalibrasi ulang modul alarm trip system dan sensor isolasi kabel, disertai uji fungsi rutin setiap 6 (enam) bulan. Langkah ini sejalan dengan pedoman M4 Energy Management Onboard (IMO, 2018) yang menekankan pentingnya inspeksi berkala sebagai bagian dari upaya menjaga keandalan sistem



distribusi tenaga listrik kapal. Pelaksanaan langkah tersebut juga mendukung penerapan prinsip fail-safety sebagaimana diatur dalam SOLAS.

Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan adanya deviasi nyata antara kondisi ideal spesifikasi rancang bangun dengan kondisi aktual di lapangan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan praktis bagi kru kapal bagian mesin dalam merencanakan jadwal perawatan, menyusun prosedur inspeksi, dan memperkuat pengawasan fungsi proteksi switchboard agar selaras dengan standar keselamatan kelistrikan kapal yang berlaku secara internasional.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem emergency stop dan alarm switchboard pada Kapal HT KUWE secara umum belum sepenuhnya memenuhi standar keandalan sebagaimana ditetapkan dalam Marine Switchboard Specification Manual (Kapal HT KUWE, 2019) dan regulasi keselamatan kelistrikan kapal yang diatur oleh IMO dan SOLAS. Temuan di lapangan menunjukkan adanya penyimpangan fungsi pada beberapa komponen utama, antara lain tombol emergency stop pada pompa bilge dan fan CO₂ yang tidak mampu memutus arus secara menyeluruh, serta alarm low insulation dan alarm trip system yang tidak merespons secara tepat waktu sesuai spesifikasi rancang bangun.

Berdasarkan hasil analisis, ketidakoptimalan fungsi sistem proteksi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis, di antaranya keausan pada relay pemutus arus, sensor isolasi yang mengalami penurunan sensitivitas, kondisi sambungan kabel yang tidak terjaga dengan baik, serta pelaksanaan prosedur pemeliharaan yang belum berjalan secara terstruktur dan berkala. Deviasi tersebut berpotensi menimbulkan risiko gangguan kelistrikan yang berdampak pada keselamatan operasional kapal apabila tidak segera ditangani secara sistematis.

Sebagai implikasi praktis, penelitian ini merekomendasikan pelaksanaan tindakan perbaikan yang mencakup peninjauan ulang jalur wiring dan terminal panel, penggantian komponen proteksi yang sudah melewati batas usia pakai, kalibrasi ulang sensor isolasi dan modul alarm, serta penguatan jadwal inspeksi dan uji fungsi sistem secara berkala. Dengan optimalisasi tersebut, diharapkan sistem emergency stop dan alarm switchboard pada Kapal HT KUWE dapat berfungsi secara andal, mendukung kelancaran operasi kelistrikan kapal, dan memenuhi prinsip fail-safety sebagaimana diamanatkan dalam standar keselamatan kelistrikan maritim.

DAFTAR PUSTAKA

- Kapal HT KUWE. (2019). *Marine Switchboard Specification Manual*. Dokumen internal.
- Harbours and Vessels. (2020). *Electrical Safety Solutions on Board*. Harbours and Vessels Publishing.
- International Maritime Organization. (2018). *M4 Energy Management Onboard*. IMO Publishing.
<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/M4%20Energy%20Management%20Onboard.pdf>
- International Maritime Organization. (2020). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*. IMOPublishing.
<https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/SOLAS.aspx>
- Pritchard, R. (2014). *Electrical Installations in Ships*. Routledge.
<https://www.routledge.com/Electrical-Installations-in->



[Ships/Pritchard/p/book/9780415517833](https://ejournal.warunayama.org/kohesi/Ships/Pritchard/p/book/9780415517833)

- Taylor, D. A. (1996). *Introduction to Marine Engineering* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. <https://www.sciencedirect.com/book/9780750619564/introduction-to-marine-engineering>
- Sen, P. C., & Sen, M. (2014). *Shipboard Electrical Power Systems*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-6548-0>
- Reeve, J. (2012). *Practical Marine Electrical Knowledge* (4th ed.). Witherby Seamanship International. <https://www.witherbyseamanship.com/practical-marine-electrical-knowledge-4th-edition.html>
- Kumaran, P. (2018). *Marine Electrical Technology* (7th ed.). Scitech Publications. Link referensi umum ISBN