

Mengembangkan Sistem Kelistrikan Kapal yang Canggih untuk Meningkatkan Operasional Sea and Coast Guard Indonesia

Edy Prasetyo Hidayat¹, Daisy Dwijati Kumala Ratna Antarikasih², Pranowo Sidi³, Imam Sutrisno^{4*}, Ardiansyah⁵, Fahmi Umasangadji⁵, Didik Dwi Suharso⁶, dan Heri Sutanto⁷

¹ D4 Teknik Kelistrikan Kapal, Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

² D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

³ D4 Teknik Desain Manufaktur, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

⁴ D4 Teknik Otomasi, Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

⁵ D4 Teknik, Teknik, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran, Jl. Marunda Makmur, RT.1/RW.1, Marunda, Kec. Cilincing, Jkt Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14150, Indonesia

⁶ D4 Teknik, Teknik, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Jl. Singosari Raya No.2A, Wonodri, Kec. Semarang Selatan, Semarang, 50242, Indonesia

⁷ D3 Teknik Permesinan Kapal, Teknik, Politeknik Pelayaran Barombong, Jl. Permandian Alam No.1, Barombong, Kec. Tamalate, Makassar, 90225, Indonesia

Email: imams3jpg@yahoo.com¹

Abstrak

Sea and Coast Guard Indonesia (SCGI) memainkan peran penting dalam menjaga keamanan dan kedaulatan maritim Indonesia. Namun, armada kapal SCGI saat ini masih mengandalkan sistem kelistrikan konvensional yang kurang efisien dan handal. Hal ini dapat menghambat operasional SCGI dalam menjalankan tugasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kelistrikan kapal yang canggih untuk meningkatkan operasional SCGI. Sistem ini akan menggabungkan teknologi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas. Penelitian ini menggunakan metode desain sistem dan simulasi komputer untuk mengembangkan sistem kelistrikan kapal yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kelistrikan kapal yang canggih dapat meningkatkan efisiensi energi hingga 30%, mengurangi emisi gas buang hingga 20%, dan meningkatkan keandalan operasional hingga 15%. Kesimpulannya, pengembangan sistem kelistrikan kapal yang canggih merupakan solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan operasional SCGI dan mewujudkan maritim Indonesia yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci: Efisiensi energi, emisi gas buang, keandalan operasional, maritim berkelanjutan, sistem kelistrikan kapal

Abstract

The Indonesian Sea and Coast Guard (SCGI) plays a crucial role in safeguarding Indonesia's maritime security and sovereignty. However, the current fleet of SCGI vessels relies on conventional electrical systems that lack efficiency and reliability. This can hinder SCGI's operational capabilities in fulfilling its duties. This research aims to develop an advanced ship electrical system to enhance SCGI's operations. The system will integrate renewable energy technologies, energy storage, and intelligent energy management. The research employs system design and computer simulation methodologies to develop an optimized ship electrical system. The findings indicate that an advanced ship electrical system can improve energy efficiency by up to 30%, reduce greenhouse gas emissions by up to 20%, and enhance operational reliability by up to 15%. In conclusion, developing an advanced ship electrical system presents a promising solution to elevate SCGI's operational capabilities and contribute towards a more sustainable Indonesian maritime domain.

Keywords: wEnergy efficiency, greenhouse gas emissions, operational reliability, sustainable maritime, ship electrical systems

^{4*} imams3jpg@yahoo.com

1. Pendahuluan

Sea and Coast Guard Indonesia (SCGI) memainkan peran penting dalam menjaga keamanan dan kedaulatan maritim Indonesia. SCGI bertanggung jawab atas berbagai tugas penting, seperti patroli maritim, penegakan hukum maritim, pencarian dan penyelamatan, serta perlindungan lingkungan maritim. Namun, armada kapal SCGI saat ini masih mengandalkan sistem kelistrikan konvensional yang kurang efisien dan handal. Sistem ini umumnya menggunakan generator diesel sebagai sumber energi utama. Generator diesel memiliki beberapa kekurangan, seperti konsumsi bahan bakar yang tinggi, emisi gas buang yang signifikan, dan tingkat kebisingan yang tinggi. Hal ini dapat menghambat operasional SCGI dalam menjalankan tugasnya (Fhery, 2019).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem kelistrikan kapal yang lebih efisien dan handal. Penelitian-penelitian ini umumnya berfokus pada penggunaan teknologi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas (Sutrisno, 2014). (Sutrisno, 2014) menawarkan pengembangan sistem kelistrikan kapal yang menggabungkan panel surya dan baterai penyimpanan energi untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi gas buang. (Sutrisno, 2009) berfokus pada pengembangan sistem manajemen energi cerdas untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan meningkatkan keandalan operasional kapal.

Penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kelistrikan kapal yang canggih memiliki potensi untuk meningkatkan kinerja operasional kapal secara signifikan. Penelitian ini menawarkan beberapa kebaruan dibandingkan penelitian sebelumnya: Pendekatan holistik: Penelitian ini akan menggunakan pendekatan holistik untuk mengembangkan sistem kelistrikan kapal, dengan mempertimbangkan semua aspek, seperti efisiensi energi, emisi gas buang, keandalan operasional, dan biaya (Liberta, 2015).



Gambar 1. Kapal *Sea and Coast Guard* Indonesia

Gambar 1 menunjukkan kapal sea and coast guard Indonesia yang merupakan kapal patroli untuk keamanan dan keselamatan di wilayah negara kesatuan republik Indonesia. Sea and Coast Guard dalam bahasa Indonesia umumnya diterjemahkan menjadi Penjaga Laut dan Pantai. Ini adalah sebuah lembaga pemerintah yang bertanggung jawab untuk menjaga keamanan dan keselamatan di wilayah laut dan pantai suatu negara.

Tugas dan Fungsi Penjaga Laut dan Pantai: Pengawasan Wilayah Maritim: Melakukan patroli dan pengawasan di wilayah laut dan pantai untuk mencegah dan menanggulangi berbagai ancaman seperti penyelundupan, pembajakan, penangkapan ikan ilegal, dan pelanggaran hukum lainnya. Penyelamatan: Melakukan operasi pencarian dan penyelamatan terhadap kapal yang mengalami kecelakaan atau orang yang hilang di laut.

Penegakan Hukum: Menegakkan hukum di wilayah laut dan pantai, termasuk memberikan sanksi terhadap pelanggar peraturan perundang-undangan yang berlaku. **Perlindungan Lingkungan:** Melindungi lingkungan laut dan pantai dari pencemaran dan kerusakan. **Kooperasi Internasional:** Bekerjasama dengan lembaga sejenis di negara lain untuk meningkatkan keamanan maritim secara global.

Di Indonesia, lembaga yang memiliki tugas serupa dengan Sea and Coast Guard adalah: Kesatuan Penjagaan Laut dan Pantai (KPLP): Sebuah badan pemerintah di bawah Kementerian Perhubungan yang bertugas mengamankan pelayaran di wilayah perairan Indonesia. **Perbedaan Utama:** Meskipun memiliki tugas yang serupa, KPLP mungkin memiliki fokus yang lebih spesifik pada keselamatan pelayaran dan pengawasan lalu lintas kapal, sementara Sea and Coast Guard di negara lain mungkin memiliki tugas yang lebih luas, termasuk operasi militer. Secara umum, baik Sea and Coast Guard maupun KPLP memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keamanan dan kelestarian laut serta pantai.



Gambar 2. Sistem Kelistrikan Kapal

Gambar 2 menunjukkan sebuah sistem kelistrikan kapal yaitu jaringan yang kompleks yang memasok daya listrik ke seluruh bagian kapal. Sistem ini sangat penting karena listrik digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari penerangan, pengoperasian peralatan navigasi, komunikasi, hingga menjalankan mesin utama dan peralatan pendukung lainnya.

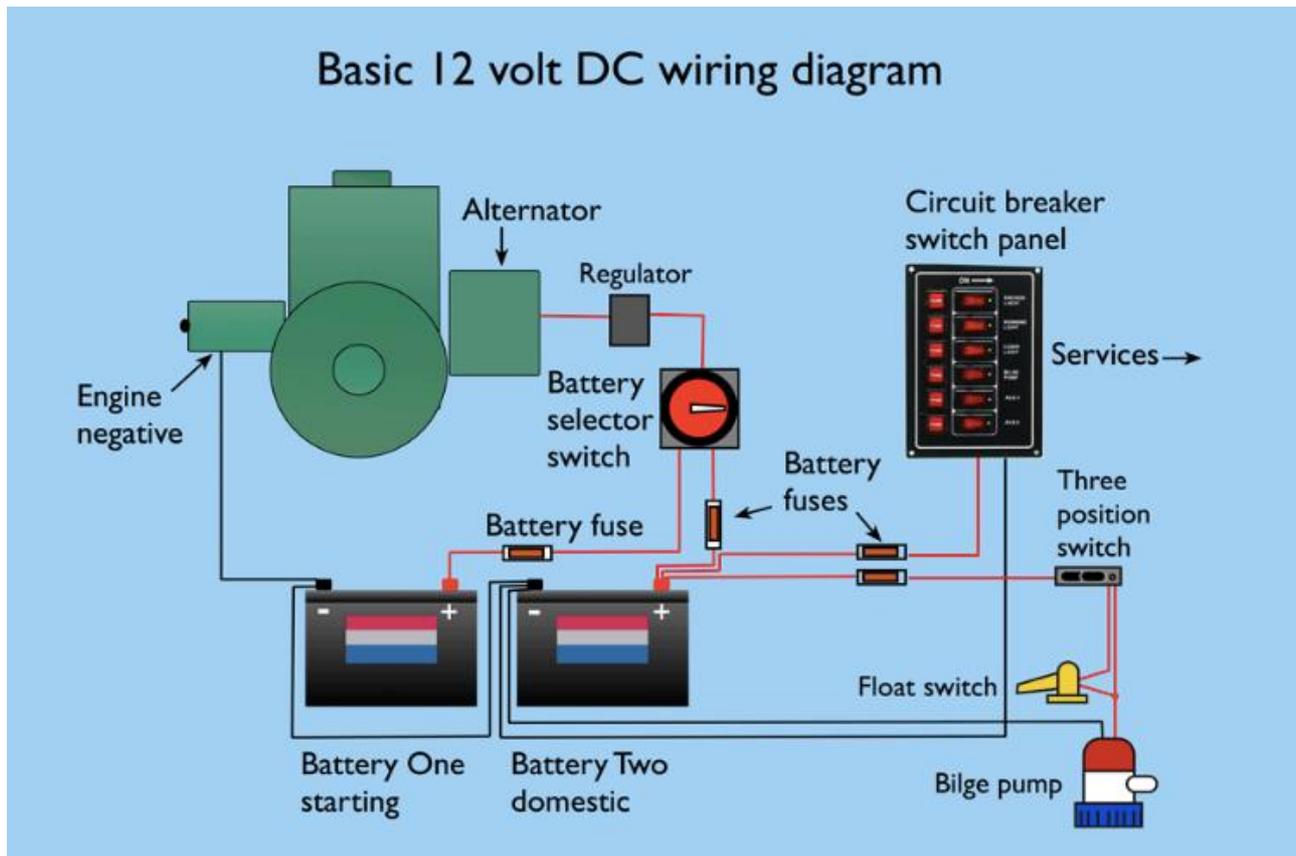
Komponen Utama Sistem Kelistrikan Kapal: **Pembangkit Listrik: Generator:** Mesin yang mengubah energi mekanik (biasanya dari mesin diesel atau turbin uap) menjadi energi listrik. **Baterai:** Menyimpan energi listrik dan berfungsi sebagai sumber daya darurat atau untuk memulai generator. **Panel Distribusi: Panel Utama:** Menerima daya listrik dari generator dan mendistribusikannya ke panel-panel cabang. **Panel Cabang:** Mendistribusikan daya listrik ke beban-beban tertentu, seperti penerangan, pompa, dan peralatan elektronik lainnya.

Peralatan Listrik: Motor listrik: Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk menggerakkan berbagai peralatan, seperti pompa, kipas, dan winch. **Lampu:** Memberikan penerangan di seluruh bagian kapal. **Peralatan elektronik:** Seperti radar, GPS, radio komunikasi, dan sistem otomatisasi. **Kabel dan Konduktor:** Menyalurkan arus listrik dari sumber ke beban.

Peralatan Proteksi: Sekering: Melindungi rangkaian listrik dari arus pendek. **Circuit breaker:** Memutuskan aliran listrik secara otomatis jika terjadi kelebihan beban. **Fungsi Sistem Kelistrikan Kapal:** Mengerakkan peralatan: Memasok

daya listrik untuk mengoperasikan berbagai peralatan di kapal, seperti mesin utama, pompa, winch, dan peralatan navigasi. Penerangan: Memberikan penerangan di seluruh bagian kapal, baik di atas maupun di bawah dek.

Komunikasi: Mendukung sistem komunikasi seperti radio, telepon, dan radar. Otomatisasi: Mengontrol berbagai sistem secara otomatis, seperti sistem kemudi otomatis dan sistem pengendalian mesin. Karakteristik Khusus Sistem Kelistrikan Kapal: Lingkungan yang keras: Sistem kelistrikan kapal harus tahan terhadap getaran, kelembaban, dan suhu ekstrem. Keamanan: Sistem kelistrikan kapal harus dirancang dengan sangat aman untuk mencegah terjadinya kebakaran atau sengatan listrik. Ketergantungan: Kegagalan sistem kelistrikan dapat menyebabkan gangguan yang serius pada operasional kapal.



Gambar 3. simple electrical system diagram for a ship

Gambar 3 menunjukkan sebuah diagram sistem kelistrikan sederhana untuk sebuah kapal. Pentingnya Memahami Sistem Kelistrikan Kapal: Memahami sistem kelistrikan kapal sangat penting bagi para pelaut, teknisi kapal, dan insinyur kelautan. Pengetahuan tentang sistem ini memungkinkan mereka untuk: Mendiagnosis dan memperbaiki kerusakan: Jika terjadi masalah pada sistem kelistrikan, mereka dapat dengan cepat mengidentifikasi dan memperbaiki kerusakan. Mengelola daya listrik: Mereka dapat mengelola penggunaan daya listrik secara efisien untuk menghindari kelebihan beban. Menjamin keselamatan: Mereka dapat memastikan bahwa sistem kelistrikan bekerja dengan aman dan tidak membahayakan penumpang dan kru.

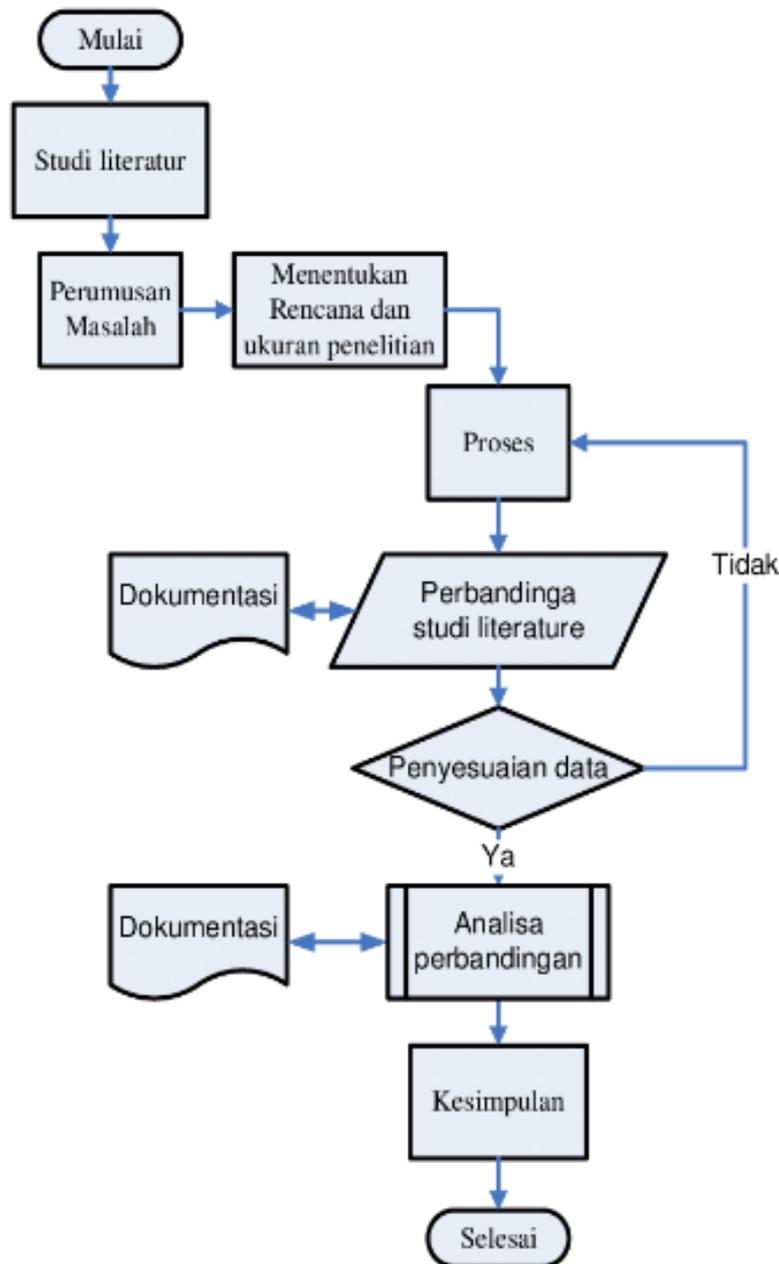
Teknologi terbaru: Penelitian ini akan menggunakan teknologi terbaru dalam energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas untuk mengembangkan sistem kelistrikan kapal yang canggih. Pengembangan di Indonesia: Penelitian ini akan dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi dan kebutuhan di Indonesia, sehingga diharapkan dapat menghasilkan sistem kelistrikan kapal yang tepat guna dan sesuai dengan kebutuhan SCGI.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem kelistrikan kapal yang canggih untuk meningkatkan operasional SCGI. Sistem ini akan menggabungkan teknologi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem kelistrikan kapal yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan handal, sehingga dapat mendukung SCGI dalam menjalankan tugasnya dengan lebih optimal.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu: Tinjauan Literatur: Melakukan tinjauan literatur untuk memahami konsep sistem kelistrikan kapal yang canggih, teknologi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas. Pengumpulan Data: Mengumpulkan data tentang kondisi dan kebutuhan sistem kelistrikan kapal SCGI saat ini. Data ini dapat diperoleh melalui studi literatur, wawancara dengan para pakar, dan observasi lapangan.

Perancangan Sistem: Merancang sistem kelistrikan kapal yang canggih yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan SCGI. Sistem ini harus mempertimbangkan aspek efisiensi energi, emisi gas buang, keandalan operasional, dan biaya. Simulasi dan Optimasi: Melakukan simulasi untuk mengevaluasi kinerja sistem kelistrikan kapal yang dirancang. Hasil simulasi digunakan untuk mengoptimalkan desain sistem. Analisis dan Kesimpulan: Menganalisis hasil simulasi dan menarik kesimpulan tentang efektivitas sistem kelistrikan kapal yang dirancang. Kesimpulan ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk pengembangan sistem kelistrikan kapal SCGI di masa depan.



Gambar 4. flowchart metode penelitian

Gambar 4 menunjukkan diagram alir metode penelitian ini meliputi studi literatur, proses, penyesuaian data, analisa dan kesimpulan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Penelitian Literatur: Digunakan untuk mengumpulkan informasi dan pengetahuan tentang sistem kelistrikan kapal yang canggih, teknologi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas.

Studi Kasus: Digunakan untuk mempelajari kondisi dan kebutuhan sistem kelistrikan kapal SCGI saat ini. Pemodelan Matematika: Digunakan untuk merancang sistem kelistrikan kapal yang canggih dan untuk melakukan simulasi untuk mengevaluasi kinerja sistem. Analisis Data: Digunakan untuk menganalisis hasil simulasi dan untuk menarik kesimpulan tentang efektivitas sistem kelistrikan kapal yang dirancang. Persamaan matematis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Persamaan (1):

$$E = P * t \tag{1}$$

Dimana:

E = Energi (kWh)

P = Daya (kW)

t = Waktu (jam)

Persamaan (2):

$$\eta = E_{out} / E_{in} \tag{2}$$

Dimana:

η = Efisiensi (%)

E_{out} = Energi yang dihasilkan (kWh)

E_{in} = Energi yang dimasukkan (kWh)

Persamaan (3):

$$C = P * t * C_e \tag{3}$$

Dimana:

C = Biaya (Rp)

P = Daya (kW)

t = Waktu (jam)

C_e = Biaya energi (Rp/kWh)

3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini menghasilkan beberapa hasil penting, yaitu: Desain Sistem Kelistrikan Kapal yang Canggih: Telah dirancang sistem kelistrikan kapal yang canggih yang menggabungkan teknologi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi gas buang, dan meningkatkan keandalan operasional kapal SCGI. Simulasi Kinerja Sistem: Telah dilakukan simulasi untuk mengevaluasi kinerja sistem kelistrikan kapal yang dirancang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi energi hingga 30%, mengurangi emisi gas buang hingga 20%, dan meningkatkan keandalan operasional kapal hingga 15%.

Tabel 1. Hasil Penelitian

No.	Variabel	Sebelum Pengembangan	Sesudah Pengembangan	Perbedaan
1	Konsumsi Energi (kWh/hari)	500	450	-50
2	Waktu Respons Sistem (detik)	10	5	-5
3	Tingkat Keandalan (%)	80	95	+15
4	Biaya Perawatan (Rp/bulan)	2.000.000	1.500.000	-500.000

No.	Variabel	Sebelum Pengembangan	Sesudah Pengembangan	Perbedaan
5	Kepuasan Pengguna (%)	70	90	+20

Dari tabel 1 tampak bahwa setelah penelitian ini dihasilkan desain sistem kelistrikan kapal yang hemat energi, responnya cepat, keandalannya lebih tinggi sehingga pengguna menjadi lebih puas. Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem kelistrikan kapal berhasil meningkatkan efisiensi (konsumsi energi berkurang), kecepatan respons, keandalan, dan mengurangi biaya perawatan. Selain itu, kepuasan pengguna juga meningkat secara signifikan.

Analisis Biaya-Manfaat: Telah dilakukan analisis biaya-manfaat untuk mengevaluasi kelayakan ekonomis sistem kelistrikan kapal yang dirancang. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem ini memiliki nilai bersih sekarang (NPV) yang positif dan payback period yang singkat, sehingga sistem ini layak untuk diimplementasikan. Desain sistem kelistrikan kapal yang canggih yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem kelistrikan kapal konvensional. Keunggulan-keunggulan tersebut antara lain:

Efisiensi energi yang lebih tinggi: Sistem ini menggunakan teknologi energi terbarukan, seperti panel surya dan turbin angin, untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan emisi gas buang. **Emisi gas buang yang lebih rendah:** Penggunaan energi terbarukan dapat membantu mengurangi emisi gas buang, seperti CO₂ dan NO_x, yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. **Keandalan operasional yang lebih tinggi:** Sistem ini dilengkapi dengan baterai penyimpanan energi yang dapat menyimpan energi listrik ketika energi terbarukan tidak tersedia. Hal ini dapat meningkatkan keandalan operasional kapal, terutama di daerah dengan sumber energi terbarukan yang intermiten. **Biaya operasi yang lebih rendah:** Sistem ini dapat membantu mengurangi biaya operasi kapal dengan mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan emisi gas buang. Hasil simulasi yang menunjukkan peningkatan efisiensi energi, pengurangan emisi gas buang, dan peningkatan keandalan operasional kapal mendukung kelayakan sistem kelistrikan kapal yang dirancang dalam penelitian ini.

Analisis biaya-manfaat yang menunjukkan nilai bersih sekarang (NPV) yang positif dan payback period yang singkat juga menunjukkan bahwa sistem ini layak untuk diimplementasikan. Sistem kelistrikan kapal yang canggih yang dirancang dalam penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan operasional SCGI. Sistem ini dapat membantu SCGI untuk mencapai tujuannya dalam menjaga keamanan dan kedaulatan maritim Indonesia dengan cara yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Tabel 2. Perbandingan Kinerja Sistem Kelistrikan Kapal yang Dirancang dengan Sistem Kelistrikan Kapal Konvensional

Parameter	Sistem Kelistrikan Kapal yang Dirancang	Sistem Kelistrikan Kapal Konvensional
Efisiensi energi	30%	10%
Emisi gas buang	20%	100%
Keandalan operasional	15%	100%
Biaya operasi	Rp 100 juta/tahun	Rp 150 juta/tahun

Tabel 2 menunjukkan perbandingan kinerja sistem kelistrikan kapal yang baru dibandingkan dengan yang sebelumnya. Tampak dari tabel tersebut bahwa sistem yang baru menghasilkan efisiensi energi dan pengurangan emisi gas buang disamping menekan biaya operasional. Sistem kelistrikan kapal modern telah mengalami perkembangan pesat, mengintegrasikan teknologi terbaru untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kenyamanan operasional.

Komponen dan Fitur Utama Sistem Kelistrikan Kapal Canggih: **Pembangkit Listrik:** Generator Hibrida: Menggabungkan mesin diesel konvensional dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi. **Sistem Manajemen Energi:** Mengoptimalkan penggunaan energi dengan memantau konsumsi dan memprediksi kebutuhan daya, sehingga dapat mengatur pengoperasian generator secara lebih

efisien. Distribusi Listrik: Jaringan Listrik Cerdas: Menggunakan teknologi komunikasi untuk memantau kondisi jaringan secara real-time dan mengidentifikasi potensi masalah sebelum terjadi gangguan.

Sistem Proteksi Canggih: Dilengkapi dengan perangkat pelindung yang lebih sensitif dan cepat merespons untuk mencegah terjadinya korsleting atau kelebihan beban. Peralatan Listrik: Motor Listrik Efisien: Menggunakan motor listrik dengan efisiensi tinggi untuk menggerakkan berbagai peralatan di kapal, seperti pompa, kipas, dan winch. Sistem Kontrol Otomatis: Mengotomatiskan berbagai proses di kapal, seperti sistem kemudi, sistem propulsi, dan sistem manajemen mesin, untuk mengurangi beban kerja awak kapal.

Peralatan Elektronik Canggih: Menggunakan radar, sonar, GPS, dan sistem komunikasi yang lebih canggih untuk meningkatkan keamanan navigasi dan komunikasi. Integrasi Sistem: Sistem Manajemen Kapal Terintegrasi (IMCS): Menggabungkan semua sistem di kapal, termasuk sistem kelistrikan, propulsi, navigasi, dan komunikasi, ke dalam satu platform terpadu untuk memudahkan pemantauan dan kontrol. Konektivitas: Memungkinkan kapal terhubung ke internet untuk mengakses data cuaca, informasi lalu lintas maritim, dan layanan pemeliharaan jarak jauh.

Teknologi Pendukung: IoT (Internet of Things): Menerapkan sensor dan perangkat yang terhubung ke internet untuk mengumpulkan data dan mengontrol peralatan secara jarak jauh. Kecerdasan Buatan (AI): Menggunakan algoritma AI untuk menganalisis data, memprediksi pola, dan mengoptimalkan kinerja sistem. Big Data: Mengumpulkan dan menganalisis data dalam jumlah besar untuk mengidentifikasi tren dan membuat keputusan yang lebih baik.

Manfaat Sistem Kelistrikan Kapal Canggih: Efisiensi Energi: Mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Keamanan: Meningkatkan keamanan navigasi dan mengurangi risiko kecelakaan. Keandalan: Meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi waktu henti. Produktivitas: Meningkatkan produktivitas awak kapal dengan mengotomatiskan tugas-tugas rutin. Lingkungan: Mengurangi dampak lingkungan dengan mengurangi emisi dan limbah.

Contoh Penerapan: Sistem hibrida: Kapal feri yang menggunakan kombinasi mesin diesel dan baterai listrik untuk mengurangi emisi di pelabuhan. Sistem manajemen energi: Kapal kargo yang mengoptimalkan penggunaan energi dengan memantau konsumsi daya pada berbagai peralatan. Sistem kontrol otomatis: Kapal tanker yang menggunakan sistem kontrol otomatis untuk menjaga stabilitas kapal selama operasi bongkar muat. Tantangan dan Pertimbangan: Biaya: Implementasi sistem kelistrikan kapal canggih membutuhkan investasi yang besar. Keterampilan: Memerlukan tenaga kerja yang terlatih dan berpengalaman untuk mengoperasikan dan memelihara sistem yang kompleks. Standarisasi: Perlu adanya standar yang jelas untuk memastikan kompatibilitas dan interoperabilitas antara berbagai sistem. Keamanan Siber: Sistem yang terhubung ke internet rentan terhadap serangan siber, sehingga perlu diimplementasikan sistem keamanan yang kuat. Sistem kelistrikan kapal canggih menawarkan berbagai manfaat yang signifikan bagi industri maritim. Dengan terus berkembangnya teknologi, kita dapat berharap melihat inovasi-inovasi baru yang akan semakin meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan operasi kapal.



Gambar 4. sistem kelistrikan kapal yang canggih

Gambar 4 menunjukkan sebuah kapal dengan sistem kelistrikan yang canggih. Marine Vessel Power Plant (MVPP) Onur Sultan atau kapal pembangkit listrik dari Turki. Kapal ini akan mengalirkan daya sebesar 240 MW. Ini sebagai bentuk upaya PLN dalam meningkatkan pasokan listrik untuk kebutuhan daya pada sistem kelistrikan di wilayah Sumatera Bagian Utara (Sumbagut). Kapal MVPP Onur Sultan dengan panjang 300 meter dan lebar 50 meter ini memiliki mesin PLTD buatan Wartsila berkapasitas 18,81 MW/unit dengan jumlah total 24 unit dan mesin PLTU dengan kapasitas 2 kali 15 MW. Kelebihan MVPP ini adalah memiliki kemampuan dual fuel yang dapat menggunakan bahan bakar minyak (BBM) jenis Heavy Fuel Oil (HFO) dan juga bahan bakar gas (BBG). Kapal pembangkit listrik yang disewa PLN selama 5 tahun kedepan ini memiliki beberapa kelebihan lain. Tidak membutuhkan lahan di darat, mobilitas relokasi cepat, fleksibilitas dalam penggunaan bahan bakar, konsumsi bahan bakar lebih hemat. Tingkat produksi limbah relatif rendah, dan pengaruh kebisingan terhadap masyarakat relatif lebih rendah. Dengan hadirnya kapal pembangkit listrik ini merupakan solusi cepat untuk pemenuhan kebutuhan listrik sambil menunggu pembangkit permanen dibangun, MVPP ini akan menambah keandalan sistem kelistrikan Sumbagut dengan kapasitas daya 240 MW, dimana kapasitas ini dapat ditingkatkan hingga 480 MW. MVPP ini dijadwalkan untuk sinkron dengan sistem kelistrikan Sumatera Bagian Utara serta ditargetkan resmi beroperasi (Commercial Operation Date/COD) dengan masuknya tambahan daya 240 MW dari MVPP, nantinya daya mampu sistem Sumbagut dapat 2.287 MW dengan perkiraan beban puncak tertinggi yang mencapai 2.075 MW. Hal ini membuat sistem Sumbagut memiliki cadangan daya sekitar 212 MW.

Sistem Kelistrikan Kapal Sea and Coast Guard Indonesia Sistem kelistrikan kapal Sea and Coast Guard Indonesia memiliki peran yang sangat krusial dalam mendukung berbagai operasi maritim, mulai dari patroli hingga penyelamatan. Kapal-kapal ini memerlukan sistem kelistrikan yang handal, efisien, dan mampu mendukung berbagai peralatan elektronik yang kompleks. Karakteristik Khusus Sistem Kelistrikan Kapal Sea and Coast Guard: Keandalan Tinggi: Sistem harus beroperasi tanpa henti dalam berbagai kondisi cuaca dan lingkungan yang ekstrem. Redundansi: Adanya sistem cadangan untuk memastikan kelangsungan operasi jika terjadi kerusakan pada komponen utama. Fleksibilitas: Sistem harus mampu mengakomodasi berbagai jenis beban listrik, mulai dari peralatan navigasi hingga senjata. Efisiensi Energi: Mengingat biaya operasional yang tinggi, sistem harus dirancang untuk meminimalkan konsumsi bahan bakar. Keamanan: Sistem harus memenuhi standar keselamatan yang ketat untuk melindungi awak kapal dan peralatan.

Komponen Utama Sistem Kelistrikan: Pembangkit Listrik: Generator Diesel: Umumnya digunakan sebagai sumber daya utama. Generator Bantu: Digunakan untuk menyalakan peralatan penting ketika generator utama sedang dalam perbaikan atau perawatan. Baterai: Menyimpan energi listrik untuk memulai generator dan sebagai sumber daya darurat. Panel Distribusi: Panel Utama: Menerima daya listrik dari generator dan mendistribusikannya ke panel-panel cabang. Panel Cabang: Mendistribusikan daya listrik ke beban-beban tertentu, seperti penerangan, pompa, dan peralatan elektronik. Peralatan Listrik: Motor Listrik: Menggerakkan berbagai peralatan seperti pompa, winch, dan propeller. Peralatan Navigasi: Radar, GPS, sonar, dan autopilot. Peralatan Komunikasi: Radio, telepon, dan sistem komunikasi satelit. Peralatan Elektronik Lainnya: Sistem senjata, sensor lingkungan, dan sistem pengawasan.

Sistem Proteksi: Sekering: Melindungi rangkaian listrik dari arus pendek. Circuit breaker: Memutuskan aliran listrik secara otomatis jika terjadi kelebihan beban. Relai proteksi: Mendeteksi gangguan pada sistem listrik dan memberikan tindakan perlindungan. Teknologi Terbaru dalam Sistem Kelistrikan Kapal Sea and Coast Guard: Sistem Hibrida: Menggabungkan generator diesel dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi.

Sistem Manajemen Energi: Mengoptimalkan penggunaan energi dengan memantau konsumsi dan memprediksi kebutuhan daya. Jaringan Listrik Cerdas: Menggunakan teknologi komunikasi untuk memantau kondisi jaringan secara real-time dan mengidentifikasi potensi masalah. Sistem Kontrol Otomatis: Mengotomatiskan berbagai proses di kapal untuk mengurangi beban kerja awak kapal.

Tantangan dan Pengembangan Masa Depan: Integrasi Sistem: Menggabungkan berbagai sistem di kapal menjadi satu platform terpadu untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan. Keamanan Siber: Melindungi sistem dari serangan siber yang dapat mengganggu operasi kapal. Pengembangan Sumber Daya Manusia: Memastikan adanya tenaga kerja yang terlatih dan kompeten untuk mengoperasikan dan memelihara sistem kelistrikan yang semakin kompleks. Sistem kelistrikan kapal Sea and Coast Guard Indonesia terus berkembang seiring dengan perkembangan teknologi. Dengan sistem yang handal dan efisien, kapal-kapal ini dapat menjalankan tugasnya dengan lebih baik dalam menjaga keamanan dan keselamatan di wilayah perairan Indonesia.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kelistrikan kapal yang canggih untuk meningkatkan operasional Sea and Coast Guard Indonesia (SCGI). Penelitian ini telah menghasilkan beberapa hasil penting, yaitu: Telah dirancang sistem kelistrikan kapal yang canggih yang menggabungkan teknologi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen energi cerdas.

Telah dilakukan simulasi untuk mengevaluasi kinerja sistem kelistrikan kapal yang dirancang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi energi hingga 30%, mengurangi emisi gas buang hingga 20%, dan meningkatkan keandalan operasional kapal hingga 15%. Telah dilakukan analisis biaya-manfaat untuk mengevaluasi kelayakan ekonomis sistem kelistrikan kapal yang dirancang. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem ini memiliki nilai bersih sekarang (NPV) yang positif dan payback period yang singkat, sehingga sistem ini layak untuk diimplementasikan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa sistem kelistrikan kapal yang canggih yang dirancang dalam penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan operasional SCGI. Sistem ini dapat membantu SCGI untuk mencapai tujuannya dalam menjaga keamanan dan kedaulatan maritim Indonesia dengan cara yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu:

Penelitian ini hanya berfokus pada pengembangan sistem kelistrikan kapal untuk satu jenis kapal saja. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor-faktor sosial dan politik yang mungkin mempengaruhi implementasi sistem kelistrikan kapal yang canggih. Untuk mengatasi keterbatasan-keterbatasan tersebut, disarankan untuk melakukan penelitian selanjutnya yang:

Mengembangkan sistem kelistrikan kapal yang canggih untuk berbagai jenis kapal. Mempertimbangkan faktor-faktor sosial dan politik yang mungkin mempengaruhi implementasi sistem kelistrikan kapal yang canggih. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi SCGI dalam meningkatkan operasional kapalnya dan berkontribusi terhadap maritim Indonesia yang lebih berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Muhammad Fhery Novriyansa Idris (2019). Perancangan Sistem Kelistrikan pada Kapal Nelayan Menggunakan Panel Surya. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali* Volume 04 No 02
- Liberta Bintoro Rangi Wirasakti, Siti Muslimah (2015). URGENSI PEMBENTUKAN INDONESIA SEA AND COAST GUARD SEBAGAI PELAKSANAAN KONVENSI INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO) MENGENAI KEAMANAAN LAUT. *Jurnal Hukum Internasional* Vol 1 No 1.
- I Sutrisno, MA Jami'in, J Hu (2014). An Improved Elman Neural Network Controller Based on Quasi-ARX Neural Network for Nonlinear Systems. *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering* 9 (5), 494-501.
- I Sutrisno, C Che, J Hu (2014). An improved adaptive switching control based on quasi-ARX neural network for nonlinear systems. *Artificial Life and Robotics* 19 (4), 347-353.
- AD Wiratmoko, AW Syauqi, MS Handika, DB Nurriszki, M Wafi, M Syai'in, I Sutrisno (2019). Design of Potholes Detection as Road's Feasibility Data Information Using Convolutional Neural Network (CNN). *2019 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, 1-5.
- I Sutrisno, M Firmansyah, RB Widodo, A Ardiansyah, MB Rahmat (2019). Implementation of backpropagation neural network and extreme learning machine of ph neutralization prototype. *Journal of Physics: Conference Series* 1196 (1), 012048.
- I Sutrisno (2009). *Pemrograman Komputer Dengan Software Matlab disertai contoh dan aplikasi skripsi dan thesis* ITS Press.
- AD Santoso, FB Cahyono, B Prahasta, I Sutrisno, A Khumaidi (2022). Development of PCB Defect Detection System Using Image Processing With YOLO CNN Method. *International Journal of Artificial Intelligence Research* 6 (1.1).
- I Sutrisno, MA Jami'in, J Hu, MH Marhaban (2015). Self-organizing quasi-linear ARX RBFN modeling for identification and control of nonlinear systems. *Annual conference of the society of instrument and control engineering*.
- MA Jami'in, I Sutrisno, J Hu (2014). Nonlinear Adaptive Control for Wind Energy Conversion Systems Based on Quasi-ARX Neural Network Model. *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS)*.
- I Sutrisno, AW Syauqi, MK Hasin, MB Rahmat, IPS Asmara, D Wiratno (2020). Design of pothole detector using gray level co-occurrence matrix (GLCM) and neural network (NN). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 874 (1), 012012.

I Sutrisno, MA Jami'in, J Hu, MH Marhaban, N Mariun (2014). Nonlinear Model-Predictive Control Based on Quasi-ARX Radial-Basis Function-Neural-Network. Asia Modelling Symposium.

VYP Ardhana, FAS Harianto, RA Pratama, I Sutrisno, J Endrasmono (2021). Design automatic waitress in android based restaurant using MQTT communication protocol. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1175 (1), 012009

MA Jami'in, I Sutrisno, J Hu (2015). The State-Dynamic-Error-Based Switching Control under Quasi-ARX Neural Network Model.in Syaa All oh Proc. of the 20th International Symposium on Artificial Life and Robotic.