

Analisis Strategis Poros Penggerak Listrik Terintegrasi dalam Peningkatan Kemampuan KRI

Maswir*, Djoko Setyanto

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi,
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received July, 23 2025 Accepted September, 03 2025 <i>Keywords:</i> Energy Efficiency and Maneuver, KRI, Integrated Electric Propulsion System.	<i>This study analyzes the advantages and challenges of using an Integrated Electric Propulsion System on the Republic of Indonesia Warship (KRI) using a qualitative descriptive approach. Data were collected through literature studies in the fields of defense and marine technology. The results of the study indicate that this system offers significant improvements in maneuverability, speed, and noise and vibration reduction, which are very important in the context of military operations. Although there are challenges related to high initial costs and more complex maintenance requirements, the long-term benefits of energy efficiency and reduced operational costs make this system a strategic choice for the Indonesian Navy. Thus, the implementation of an integrated electric drive shaft not only increases the combat readiness of KRI, but also strengthens Indonesia's position as a competitive maritime power in the region. This study is expected to provide recommendations for the development of a more modern and adaptive defense policy to global technological developments.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diserahkan: 23 Juli 2025 Diterima: 03 September 2025 Kata Kunci: Efisiensi Energi, KRI, Poros Penggerak Listrik Terintegrasi.	Penelitian ini menganalisis keunggulan dan tantangan dari penggunaan sistem poros penggerak listrik terintegrasi pada Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Data dikumpulkan melalui studi literatur di bidang pertahanan dan teknologi kelautan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini menawarkan peningkatan signifikan dalam kemampuan manuver, kecepatan serta pengurangan getaran dan kebisingan, yang sangat penting dalam konteks operasi militer. Meskipun terdapat tantangan terkait biaya awal yang tinggi dan kebutuhan pemeliharaan yang lebih kompleks, manfaat jangka panjang dari efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional menjadikan sistem ini sebagai pilihan strategis bagi TNI AL. Dengan demikian, penerapan poros penggerak listrik terintegrasi tidak hanya meningkatkan kesiapan tempur KRI tetapi juga memperkuat posisi Indonesia sebagai kekuatan maritim yang kompetitif di kawasan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi pengambil kebijakan pertahanan yang lebih modern dan adaptif terhadap perkembangan teknologi global.

1. PENDAHULUAN

Mengadopsi frigat Kelas Iver Huitfeldt, *Defence Science and Technology Agency* (DSTA) Singapura dikabarkan menandatangani kontrak pengembangan dan pembangunan *Multi Role Combat Vessel* (MRCV) dengan perusahaan galangan kapal Saab Swedia.

*Corresponding author. Maswir
Email address: maswirstmalano@gmail.com

Berita ini berhembus di *Singapore Defence Technology Summit*, tanggal 22 Maret 2023 (Adrian B., 2023). DSTA memesan sebanyak 6 unit kapal untuk menggantikan peranan Korvet Kelas Victory dengan jumlah yang sama, korvet - korvet itu akan dipensiunkan pada tahun 2028. Hal menarik perhatian peneliti, selain volume kapal pengganti cukup besar sehingga dapat kita kategorikan ke dalam kelompok kapal Frigat, yaitu penggunaan *Integrated Electric Propulsion System* atau Poros Penggerak Listrik Terintegrasi sebagai tenaga dorong utamanya (Nuchturee, C., Li, T., Xia, H., 2020). Yang menarik, teknologi ini dikembangkan pada kapal yang berbasis tenaga diesel (frigat Kelas Iver Huitfeldt). Apabila terwujud maka akan mendudukkan Angkatan Laut Singapura dalam dimensi lain kekuatan pertahanan di Kawasan regional.

Bersumber pada *Departement of Defence Australy*, dapat diketahui bahwa kapal - kapal yang menggunakan teknologi poros penggerak listrik terintegrasi memiliki berbagai kelebihan, mulai dari kecepatan hingga rendahnya kebisingan dari kamar mesin. Untuk kapal perang, hal ini tentu menjadi sebuah keuntungan besar apabila melaksanakan operasi atau bahkan peran pertempuran. Saat ini, kapal-kapal perang yang lebih modern dan canggih banyak yang mengadopsi, bahkan *Australian Navy* mengaplikasikan teknologi ini pada Kapal Induk Helikopter mereka (Kelas Canberra) (*Departement of Defence Australy*, 2007) di samping sebelumnya pada unsur Hidro Oseanografi mereka (Bateman, S., Bergin, A. Tsamenyi, M., Woolner, D., 2006). Bagi TNI AL, aplikasi teknologi terkini sangat penting, selain Indonesia sebagai negara kepulauan terluas di dunia, dinamika politik hingga kemungkinan sengketa batas wilayah masih menjadi perhatian serius bersama. Kehadiran teknologi poros penggerak listrik terintegrasi dapat menjadi sebuah upaya strategis pengembangan kemampuan unsur (Kapal Republik Indonesia-KRI) pemukul TNI AL.

Secara keseluruhan, KRI yang menjadi alat utama pertahanan matra laut Indonesia mayoritas masih menggunakan mesin bertenaga diesel, kecuali Kapal Cepat Rudal (KCR) KRI Golok-688 yang mengkombinasi $4 \times$ MAN V12 diesels dengan $4 \times$ MJP 550 *waterjets* (Faliha, D.A., 2020). Meski disinyalir membutuhkan biaya pembangunan yang tidak sedikit, aplikasi poros penggerak listrik terintegrasi pada unsur KRI terutama dari satuan kombatan, menjadi sebuah pilihan strategis mengikuti perkembangan teknologi, dinamis dan geopolitik di sekitar Indonesia.

Untuk menyusuri lebih mendalam tentang kelebihan mesin berjenis poros penggerak listrik terintegrasi, penelitian berjudul Makna Strategis Poros Penggerak Listrik Terintegrasi demi Peningkatan Kemampuan sekaligus Efisiensi pada KRI saat Melaksanakan Tugas Operasi di Laut disusun.

2. METODE PELAKSANAAN

Berdasarkan pengalaman peneliti selaku perwira aktif di lingkungan TNI-AL, dilaksanakan penelitian kualitatif untuk membedah sejauh mana sistem penggerak listrik terintegrasi mampu meningkatkan kemampuan operasional unsur KRI yang dimiliki TNI AL. Melalui studi literatur dan observasi pada unsur KRI (khususnya yang bernaung di jajaran kapal satuan eskorta), dilakukan studi komparatif kemampuan olah gerak kapal yang menggunakan motor penggerak utama diesel dengan listrik terintegrasi.



Gambar 1.

Penelitian Pada KRI John Lie-358

(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2025)



Gambar 2.

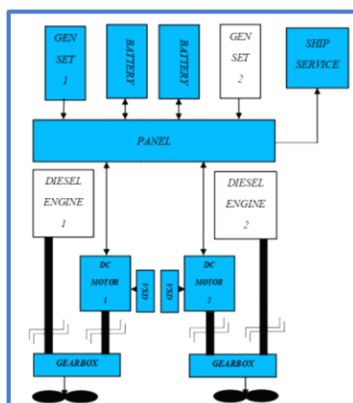
Penelitian Pada KRI Silas Papare-386

(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2025)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

KRI merupakan alat utama pertahanan matra laut Indonesia. Hingga hari ini, TNI AL memiliki unsur KRI sejumlah 255 unsur (*Global Fire Power* tahun 2024). Dari sekian unsur dimaksud, 33 merupakan unsur KRI yang berfungsi sebagai elemen pemukul (minimal Korvet), didukung 4 kapal selam dan sisanya berbagai jenis kapal lain.

Kapal tempur terbaru yang masuk kedalam kategori unsur pemukul utama TNI AL saat ini adalah KRI Prabu Brawijaya-320 dan KRI Prabu Siliwangi-321. Kedua kapal ini menggunakan mesin pendorong utama berupa 2 mesin diesel produksi MTU Friedrichshafen GmbH (MTU) 20V 8000 M91L yang mampu menghasilkan laju jelajah 25 Knot (46 km/jam) (Ary, O., 2025). Meski demikian kedua kapal ini juga telah mengaplikasi mesin tenaga listrik (*Electrical Engine*) yang pada kesempatan tertentu dapat digunakan secara kombinasi dengan MTU yang menjadi tulang punggung utama tenaga gerak keduanya. Secara sederhana, desain serta pola kerja kapal yang menggunakan sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.

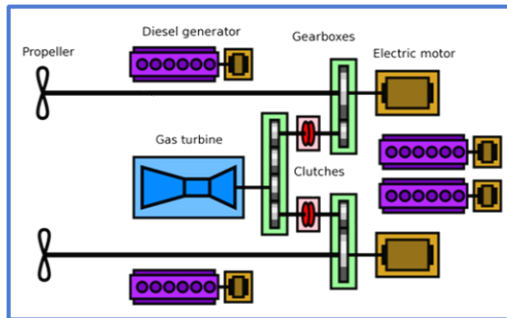


Gambar 3.

Desain Mesin Kapal yang Menggunakan Kombinasi Diesel dan Listrik (Saragih, T.A., Yudo, H., Mulyatno, I.P., 2020)

Sistem listrik pada kedua kapal ini kerap dikenal dengan istilah *hybrid* dan dimanfaatkan pada situasi tertentu kala melaksanakan operasi di laut, seperti misalnya melalui area rawan ranjau. Penggunaan poros penggerak listrik akan mengurangi getaran dan sangat penting menghadapi ranjau-ranjau laut bersifat kinetik.

Berbeda dengan keberadaan poros listrik pada kapal yang menggunakan mesin bertipe *hybrid*, *Integrated Electric Propulsion System* yang diaplikasi pada MRCV yang tengah dikembangkan Singapura lebih seperti pada mesin *Siemens Navantia Azimuth Thrusters*, produksi Siemens yang menjadi poros pendorong utama pada kapal induk helikopter HMAS Canberra milik Angkatan Laut Australia.



Gambar 4.

Ilustrasi Mesin Kapal Bertenaga Elektrik (*Batery*) (Global Defence News, 2013)

Berbagai kapal perang modern telah mengaplikasi poros penggerak listrik terintegrasi pada kapal-kapal terbaru mereka. Kapal-kapal dimaksud antaranya *Next-Generation Guided-Missile Destroyer Project* (US Navy), *Type 45 Destroyer* (Royal Navy), *Zumwalt-Class Destroyer* (US Navy), *Queen Elizabeth-Class Aircraft Carrier* (Royal Navy), *Juan Carlos I LHD* (Spanish Navy), *Multi Role Combat Vessel Project* (Republic of Singapore Navy), *Canberra-Class LHD* (Royal Australian Navy), *Shirase* (Japan Maritime Self-Defense Force), *Nichinan-Class Oceanographic Survey Ship* (Japan Maritime Self-Defence Force), *Shounan-Class Oceanographic Survey Ship* (Japan Maritime Self-Defence Force), *Leeuwin-Class Hydrographic Ship* (Royal Australian Navy), *Type 076 Landing Helicopter dDock* (People's Liberation Army Navy), *INS Anvesh (A41)* (Indian Navy & Defence Research and Development Organization), dan *Project 18 Class Destroyers* (Indian Navy). (Halaman Wikipedia, *Integrated electric propulsion*, 2025).

Poros penggerak listrik terintegrasi menjadi pilihan karena nilai strategisnya yang cukup banyak, antara lain:

1. Peningkatan Kemampuan Manuver dan Perubahan Kecepatan

Sistem Poros Penggerak Listrik Terintegrasi menawarkan keuntungan signifikan dalam hal kecepatan dan manuverabilitas kapal (Manesi,D., Tnunay, I.A., Marsianus, J.R.R., Hanmina, M.F., 2024). Dengan kemampuan untuk mengatur output daya secara presisi, motor listrik dapat memberikan torsi instan yang diperlukan untuk akselerasi cepat. Hal ini sangat penting bagi kapal perang yang perlu bereaksi cepat terhadap situasi di lapangan. Dalam konteks operasi militer, kemampuan untuk meningkatkan kecepatan dengan cepat dapat menjadi faktor penentu dalam pertempuran, memungkinkan kapal untuk menjangkau lokasi strategis atau menghindari ancaman dengan lebih efisien.

2. Pengurangan Getaran dan Kebisingan

Salah satu keunggulan utama dari sistem penggerak listrik adalah pengurangan getaran dan kebisingan (Deng, C., Deng, Q., Liu, W., Yu, C., Hu, J. Li, X., 2020). Kapal yang menggunakan mesin diesel tradisional sering kali menghasilkan suara dan getaran yang

tinggi yang dapat mengganggu operasi *stealth* (senyap) dan mengurangi kemampuan deteksi musuh. Dengan menggunakan motor listrik, kapal dapat beroperasi dengan lebih senyap, yang sangat penting saat melaksanakan misi di area yang berisiko tinggi, seperti di dekat ranjau atau kapal musuh. Pengurangan kebisingan ini juga meningkatkan kenyamanan bagi awak kapal dan memungkinkan pengoperasian peralatan sensor dengan lebih efektif.

3. Efisiensi Energi dan Biaya Operasional

Sistem penggerak listrik terintegrasi menawarkan efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan dengan mesin diesel konvensional. Motor listrik dapat beroperasi lebih efisien pada berbagai kecepatan yang mengurangi konsumsi bahan bakar dan biaya operasional secara keseluruhan. Dalam jangka panjang, penghematan ini dapat digunakan untuk investasi dalam teknologi lain atau perbaikan kapal. Efisiensi ini juga berkontribusi pada kemampuan kapal untuk beroperasi lebih lama tanpa perlu sering mengisi bahan bakar yang merupakan keuntungan strategis dalam misi yang memerlukan durasi panjang.

4. Adopsi Teknologi Modern

Kapal-kapal perang modern yang menggunakan sistem poros penggerak listrik terintegrasi mencerminkan adopsi teknologi mutakhir dalam desain kapal. Dengan mengikuti perkembangan teknologi dapat memastikan bahwa mereka tetap kompetitif di arena global. Penggunaan teknologi terbaru juga menunjukkan komitmen terhadap inovasi dan modernisasi, yang penting untuk menarik perhatian dan dukungan publik serta menjamin keamanan nasional.

5. Keamanan dan Ketahanan

Dalam konteks geopolitik yang dinamis, penggunaan sistem ini juga berkaitan dengan aspek keamanan dan ketahanan. Kapal yang lebih efisien dan mampu beroperasi dalam berbagai kondisi dapat memberikan Indonesia keunggulan dalam menjaga kedaulatan wilayah lautnya. Dengan mengadopsi teknologi ini, TNI AL tidak hanya meningkatkan kemampuan tempurnya tetapi juga menegaskan posisinya sebagai kekuatan maritim yang tangguh di kawasan.

Mengapa kelebihan-kelebihan diatas dapat diraih?. Sistem ini menggabungkan beberapa komponen untuk meningkatkan efisiensi, berkontribusi pada upaya pengurangan emisi, dan meningkatkan kontrol terhadap kapal. Secara umum berikut disampaikan hal teknis terhadap sistem ini sebagai berikut:

1. Komponen Utama

- Generator Listrik

Generator listrik adalah komponen kunci dalam sistem penggerak listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Proses ini dilakukan melalui prinsip induksi elektromagnetik, di mana rotor yang berputar dalam medan magnet menghasilkan arus listrik. Ada beberapa jenis generator yang dapat digunakan termasuk generator sinkron dan asinkron, tergantung pada kebutuhan spesifik kapal.

- Motor Listrik

Motor listrik bertugas mengubah energi listrik yang dihasilkan oleh generator menjadi energi mekanik. Motor ini berfungsi sebagai penggerak utama yang memutar poros propeller kapal. Terdapat beberapa jenis motor listrik yang umum digunakan seperti motor DC (arus searah) dan motor AC (arus bolak-balik) dengan motor induksi menjadi salah satu yang paling populer dalam aplikasi maritim. Motor

listrik dapat memberikan torsi instan, memungkinkan akselerasi cepat dan respons yang lebih baik saat manuver.

- **Inverter**
Inverter adalah komponen yang sangat penting dalam sistem ini, berfungsi untuk mengubah arus DC yang dihasilkan oleh generator menjadi arus AC yang dapat digunakan oleh motor listrik. Inverter juga memainkan peran kunci dalam mengatur aliran listrik yang memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap kecepatan dan torsi motor.
- **Baterai**
Sistem poros penggerak listrik terintegrasi menjadikan baterai sebagai sumber daya utama. Baterai ini berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh generator dan menyediakan daya cadangan saat diperlukan, terutama saat kapal beroperasi dalam mode diam atau saat beban puncak. Baterai menyimpan energi listrik yang dapat digunakan saat kondisi tertentu, seperti saat generator tidak beroperasi. Dalam beberapa kasus, baterai dapat membantu mengurangi beban pada generator, meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem.

2. Komponen Utama

- **Pengoperasian**
Prinsip dasar pengoperasian sistem poros penggerak listrik terintegrasi dimulai dengan proses konversi energi dari generator listrik menjadi energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan kapal. Generator listrik beroperasi dengan mengubah energi mekanik (biasanya dari mesin penggerak atau sumber energi alternatif) menjadi energi listrik. Proses ini dilakukan melalui induksi elektromagnetik, di mana rotor generator berputar dalam medan magnet untuk menghasilkan arus listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator kemudian disuplai ke inverter. Inverter berfungsi untuk mengubah arus DC (jika generator menghasilkan arus searah) menjadi arus AC yang diperlukan untuk motor listrik. Setelah arus listrik diubah oleh inverter, motor listrik menerima aliran listrik ini. Motor kemudian mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik, yang digunakan untuk memutar poros propeller. Poros ini terhubung langsung ke propeller, sehingga gerakan putaran motor diteruskan ke propeller untuk mendorong kapal maju.
- **Kontrol**
Sistem penggerak listrik terintegrasi dilengkapi dengan teknologi kontrol yang memungkinkan pengaturan yang lebih presisi terhadap kecepatan dan arah kapal. Kontrol ini sangat penting untuk operasi yang aman dan efisien. Inverter dilengkapi dengan perangkat lunak kontrol yang canggih, memungkinkan operator untuk mengatur kecepatan motor listrik dengan akurat. Ini berarti kapal dapat beroperasi pada berbagai kecepatan sesuai dengan kebutuhan, baik untuk manuver lambat di pelabuhan maupun kecepatan tinggi di laut terbuka. Selain kecepatan, sistem ini juga memungkinkan kontrol arah kapal. Dengan mengatur kecepatan motor pada sisi kiri dan kanan secara berbeda, kapal dapat diarahkan dengan lebih presisi, meningkatkan kemampuan manuver dalam situasi yang kompleks. Banyak sistem modern dilengkapi dengan sensor dan perangkat monitoring yang memberikan umpan balik *real-time* kepada operator. Ini memungkinkan penyesuaian cepat dalam pengoperasian untuk menjaga kinerja optimal dan keamanan.

3. Tantangan

- **Biaya Awal**

Salah satu tantangan utama dalam mengadopsi sistem propulsi listrik terintegrasi pada kapal perang adalah biaya awal yang tinggi. Investasi ini mencakup berbagai komponen dan teknologi canggih yang diperlukan untuk sistem ini. Sistem propulsi listrik terintegrasi melibatkan teknologi mutakhir seperti generator listrik, inverter, dan motor listrik yang dirancang untuk memenuhi standar. Biaya untuk pengadaan komponen ini biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional yang berbasis mesin diesel. Proses desain dan integrasi sistem ini ke dalam kapal perang memerlukan penelitian dan pengembangan yang mendalam. Ini termasuk pengujian untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dalam berbagai kondisi tempur yang juga menambah biaya. Kapal perang yang dilengkapi dengan sistem ini mungkin memerlukan modifikasi pada fasilitas pelabuhan dan infrastruktur dukungan lainnya untuk mendukung pengisian daya dan pemeliharaan sistem, yang juga meningkatkan biaya keseluruhan. Biaya awal yang tinggi dapat menjadi tantangan bagi anggaran pertahanan yang sering kali terbatas. Pengadaan sistem ini harus dipertimbangkan dengan cermat dalam konteks prioritas kebutuhan pertahanan lainnya. Pihak berwenang perlu memberikan justifikasi yang kuat untuk investasi ini, menunjukkan keuntungan jangka panjang dalam hal efisiensi operasional dan pengurangan biaya bahan bakar di masa depan.

- **Pemeliharaan**

Meskipun sistem propulsi listrik terintegrasi menawarkan efisiensi yang lebih tinggi, tantangan dalam hal pemeliharaan tetap ada, terutama pada kapal perang yang beroperasi dalam kondisi yang ekstrem. Sistem ini memerlukan pemeliharaan yang lebih spesifik dibandingkan dengan sistem konvensional. Komponen seperti inverter dan motor listrik memiliki kebutuhan pemeliharaan yang berbeda dan mungkin memerlukan perawatan yang lebih sering untuk menjaga kinerja optimal. Kru kapal perlu dilatih secara khusus untuk mengoperasikan dan memelihara sistem ini. Pelatihan ini mencakup pemahaman tentang teknologi baru, prosedur pemecahan masalah dan teknik pemeliharaan yang tepat. Ini bisa memakan waktu dan biaya tambahan. Dalam situasi tempur atau saat beroperasi di lokasi terpencil, ketersediaan suku cadang untuk sistem ini bisa menjadi tantangan. Mencari suku cadang yang tepat untuk komponen canggih mungkin tidak selalu mudah, yang dapat mengganggu operasi kapal. Pemeliharaan yang kompleks dan kebutuhan pelatihan dapat mempengaruhi kesiapan tempur kapal perang. Jika tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat mengurangi kemampuan kapal untuk merespons situasi darurat. Meskipun sistem ini lebih efisien, biaya pemeliharaan yang tinggi dapat mengurangi keuntungan yang diperoleh dari efisiensi energi dalam jangka panjang.

Atas dasar studi literatur yang telah diselenggarakan, peneliti mencoba melakukan studi komparatif, kemampuan sebuah kapal perang milik *Royal Navy* yang mengaplikasi teknologi penggerak listrik terintegrasi (HMS Daring-D32) dengan 2 unsur pemukul di jajaran Komando Armada I (KRI John Lie-358 dan KRI Silas Papare-386) dalam konteks pemanfaatan teknologi elektrik dan diesel pada alat pendorong utama kapal serta kemampuan mereka menghadapi bahaya kapal selam.

Tabel 1.

Uji Komparatif KRI Silas Papare-386, KRI John Lie-358 dan HMS Daring-D32
(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2025)

Aspek	KRI Silas Papare (386)	KRI John Lie (358)	HMS Daring (D32)
Tipe Pendorong	Diesel (3 shaft M504)	Diesel (4 x MAN B&W)	Elektrik (2 × GE Power Conversion, <i>Advanced Induction Motors</i> dan <i>VDM25000 Drives</i>)
Kekuatan Tenaga dorong	14.250 hp	30.2 MW	288.000 shp (total)
Kecepatan Maksimum	24,7 knot	30 knot	32 knot
Jarak Tempuh	2.100 nm pada 14 knot	5.000 nm pada 12 knot	7.000 nm pada 18 knot
Kelebihan	- Desain kompak dan cepat - Dapat beroperasi di perairan dangkal - Persenjataan anti-kapal selam yang kuat	- Kecepatan tinggi dan daya muat besar - Sistem radar dan sonar canggih - Kapasitas untuk membawa helikopter	- Kapasitas tempur yang sangat baik - Sistem radar canggih untuk deteksi dan pelacakan - Kemampuan serba guna
Kekurangan	- Kapasitas awak terbatas - Ketergantungan pada bahan bakar fosil	- Menggunakan banyak bahan bakar - Biaya operasional tinggi	- Biaya pembangunan dan pemeliharaan yang tinggi - Lebih besar dan kurang manuver dibandingkan kapal kecil
Kemampuan Menghadapi Kapal Selam	- Dilengkapi dengan sonar dan peluncur roket anti-kapal selam - Kecepatan dan manuver baik untuk menghindari ancaman - Kerentanan terhadap deteksi sonar pasif dari Kapal Selam	- Sistem sonar canggih dan peluncur torpedo - Dapat mendeteksi dan menyerang kapal selam secara efektif - Penggunaan propeler 7 bilah mengurangi deteksi sonar pasif Kapal Selam	- Dilengkapi dengan sonar dan peluncur torpedo - Sistem pertahanan yang kuat terhadap ancaman bawah air - Minimalis deteksi sonar pasif milik Kapal Selam akibat kemampuan mesin yang senyap ditambah penggunaan propeler 7 bilah.
Status	Aktif	Aktif	Aktif
Pelabuhan Utama	Armada 1 TNI-AL	Armada 1 TNI-AL	HMNB Portsmouth

Dalam konteks pengembangan kapal perang modern, penggunaan teknologi penggerak listrik terintegrasi menjadi semakin penting. KRI Silas Papare (386) dan KRI John Lie (358) mewakili dua pendekatan berbeda dalam sistem penggerak, yaitu diesel, sementara HMS Daring (D32) mengadopsi sistem penggerak listrik terintegrasi. Kapal-kapal ini memiliki karakteristik dan kemampuan yang berbeda, yang dapat mempengaruhi efektivitas mereka dalam operasi militer, terutama dalam hal kecepatan, manuverabilitas, dan kemampuan menghadapi ancaman bawah air.

KRI Silas Papare (386) menggunakan sistem penggerak diesel dengan tenaga 14.250 hp yang memungkinkannya mencapai kecepatan maksimum 24,7 knot. Meskipun kapal ini memiliki desain kompak dan dapat beroperasi di perairan dangkal, penggunaan mesin diesel membatasi efisiensi energi dan meningkatkan kebisingan, yang dapat mengurangi kemampuan *stealth*-nya dalam operasi. Selain itu, kapasitas awak yang terbatas dan ketergantungan pada bahan bakar fosil menjadi kekurangan yang signifikan dalam konteks misi jangka panjang.

KRI John Lie (358), di sisi lain, dilengkapi dengan mesin diesel yang lebih maju,

yaitu 30,2 MW, yang memungkinkannya mencapai kecepatan maksimum 30 knot. Keunggulan utama kapal ini terletak pada sistem radar dan sonar yang canggih, serta kapasitas untuk membawa helikopter yang meningkatkan fleksibilitas dalam misi. Namun, seperti KRI Silas Papare, kapal ini juga menghadapi tantangan dalam hal biaya operasional yang tinggi dan ketergantungan pada bahan bakar fosil, yang dapat membatasi efektivitasnya dalam operasi yang lebih panjang.

HMS Daring (D32) menawarkan pendekatan yang berbeda dengan menggunakan sistem penggerak listrik terintegrasi yang menghasilkan tenaga total 288.000 shp. Kapal ini mampu mencapai kecepatan maksimum lebih dari 32 knot, memberikan keunggulan signifikan dalam hal manuverabilitas dan responsif terhadap situasi yang berubah. Keunggulan utama dari sistem penggerak listrik adalah pengurangan getaran dan kebisingan, yang memungkinkan kapal beroperasi secara stealth. Ini sangat penting dalam konteks menghadapi ancaman kapal selam. Selain itu, HMS Daring memiliki kemampuan untuk melakukan operasi lebih efisien dalam hal konsumsi energi yang berkontribusi pada pengurangan biaya operasional jangka panjang.

Secara keseluruhan, perbandingan kemampuan alat penggerak ketiga kapal menunjukkan bahwa meskipun KRI Silas Papare dan KRI John Lie memiliki kelebihan masing-masing dalam konteks kecepatan dan kapasitas, keduanya masih terjebak dalam ketergantungan pada teknologi diesel yang memiliki keterbatasan dalam efisiensi dan stealth. Sementara itu, HMS Daring dengan sistem penggerak listrik terintegrasi, menawarkan keunggulan dalam hal manuverabilitas, pengurangan kebisingan, dan efisiensi energi, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk menghadapi tantangan modern di medan perang laut. Dengan demikian, adopsi teknologi penggerak listrik terintegrasi pada kapal-kapal TNI AL dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan kemampuan tempur dan efisiensi operasional dalam menjaga kedaulatan wilayah laut Indonesia.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem poros penggerak listrik terintegrasi pada KRI memiliki makna strategis yang signifikan dalam meningkatkan kemampuan operasional TNI AL. Sistem ini menawarkan berbagai keunggulan, termasuk peningkatan manuverabilitas, kecepatan serta pengurangan kebisingan dan getaran yang sangat penting dalam konteks operasi militer. Meskipun tantangan terkait biaya awal dan pemeliharaan yang lebih kompleks perlu diperhatikan, manfaat jangka panjang dari efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional menjadikan sistem ini sebagai pilihan yang sangat strategis. Dengan mengadopsi teknologi ini, TNI AL tidak hanya akan meningkatkan kesiapan tempur KRI, tetapi juga memperkuat posisi Indonesia sebagai kekuatan maritim yang kompetitif di kawasan.

Untuk mendukung implementasi sistem poros penggerak listrik terintegrasi, beberapa saran dapat diajukan. Pertama, perlu dilakukan investasi dalam penelitian dan pengembangan untuk memahami lebih dalam tentang teknologi ini dan bagaimana penerapannya dapat dioptimalkan dalam konteks TNI AL. Kedua, pelatihan yang memadai bagi awak kapal dan teknisi harus menjadi prioritas, untuk memastikan bahwa mereka memiliki keterampilan yang diperlukan dalam mengoperasikan dan memelihara sistem ini. Ketiga, pemerintah dan pihak terkait perlu mempertimbangkan pembiayaan yang fleksibel untuk mengatasi tantangan biaya awal, serta menyediakan dukungan untuk infrastruktur yang diperlukan dalam mendukung sistem penggerak listrik terintegrasi.

Dengan langkah-langkah ini, diharapkan TNI AL dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasionalnya serta mampu beradaptasi dengan cepat terhadap perkembangan teknologi global dan dinamika geopolitik yang ada.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Adrian B. (2023). *DSTA Singapura dan Saab Swedia Sepakat Kembangkan Multi-Role Combat Vessel*. Mylesat.com., <https://mylesat.com/2023/03/30/dsta-singapura-dan-saab-swedia-sepakat-kembangkan-multi-role-ombatvessel/#:~:text=MYLESAT.COM%20%E2%80%93%20Badan%20Sains%20dan%20Teknologi%20Pertahanan,akan%20membuat%20kedua%20organisasi%20bersama%20sama%20mengimplementasikan%20inisiatif.> Diakses tanggal 5 Juni 2025.
2. Nuchturee, C., Li, T., Xia, H. (2020). *Energy Efficiency of Integrated Electric Propulsion for Ships – A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 134(C): 110-145.
3. Departement of Defence Australy (2007). *Amphibious Ships*. http://www.navy.gov.au/w/images/Semaphore_2007_14.pdf. Diakses tanggal 5 Juni 2025.
4. Bateman, S., Bergin, A. Tsamenyi, M., Woolner, D., (2006). *Integrated maritime enforcement and compliance in Australia*. In Rothwell, Donald R.; VanderZwaag, David L. (eds.). *Towards principled oceans governance: Australian and Canadian approaches and challenges*. Oxon: Routledge. ISBN 978-0-415-38378-3.
5. Faliha, D.A. (2020), *Mengenai Teknologi dan Spesifikasi KRI Golok 688, Kapal Perang Siluman Canggih Buatan dalam Negeri*, Portal Jember, <https://portaljember.pikiran-rakyat.com/wiki-portal/pr-162451791/mengenai-teknologi-dan-spesifikasi-kri-gelok-688-kapal-perang-siluman-canggih-buatan-dalam-negeri.> Diakses tanggal 5 Juni 2025.
6. Ary, O., (2025), *KRI Brawijaya-320 dan KRI Prabu Siliwangi-321, 2 Kapal Perang Baru Buatan Italia Perkuat TNI AL, Indomaritime*, <https://indonesiamaritimeneews.com/kri-brawijaya320-dan-kri-prabu-siliwangi321-2-kapal-perang-baru-buatan-italia-perkuat-tni-al.> Diakses tanggal 5 Juni 2025.
7. Saragih, T.A., Yudo, H., Mulyatno, I.P., (2020). *Desain Konseptual Hybrid Engine System pada Kapal Tugboat 1636 HP dengan Kombinasi Diesel Engine dan Electric Motor Yang di Suplai Tenaga Baterai*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(4): 546-554.
8. Global Defence News. (2013). *Q&A with BAE Systems on Type 26 Frigate Desain Update at Euronaval 2012 Belgium: navyrecognition.com*. Diakses tanggal 5 Juni 2025.
9. Halaman Wikipedia, *Integrated electric propulsion*, https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_electric_propulsion, Diakses tanggal 6 Juni 2025.
10. Manesi,D., Tnunay, I.A., Marsianus, J.R.R., Hanmina, M.F., (2024), *Mesin Penggerak Kapal*, Jakarta: Ruang Karya.
11. Deng, C., Deng, Q., Liu, W., Yu, C., Hu, J. Li, X., (2020), *Analysis of Vibration and Noise for the Powertrain System of Electric Vehicles under Speed-Varying Operating Conditions, Safety Technologies and Fault Tolerant Methods for Engineering.*, <http://doi.org/10.1155/2020/6617291>. *Mathematical Problems in Engineering* 2020(6): 1-9.