

Analisis *Critical Factor* Integrasi Sistem Perbaikan dan Pemeliharaan pada Pengadaan Paket Suku Cadang dalam Mendukung Operasional KRI

Widodo*¹

¹ Sekolah Staf dan Komando Angkatan Laut, Indonesia
Email: edhosesko63@gmail.com

Abstrak

Kesiapan operasional Kapal Republik Indonesia (KRI) sangat bergantung pada efektivitas sistem perbaikan dan pemeliharaan yang terintegrasi dengan proses pengadaan suku cadang. Ketidakterpaduan antara kedua sistem ini sering mengakibatkan keterlambatan pasokan, ketidaksesuaian spesifikasi, serta menurunnya tingkat kesiapan kapal dalam menjalankan tugas operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis *critical factors* yang memengaruhi keberhasilan integrasi antara sistem pemeliharaan dan pengadaan suku cadang dalam konteks operasional KRI. Metode yang digunakan adalah kombinasi pendekatan *Delphi* untuk mendapatkan konsensus dari para ahli terhadap faktor-faktor kunci dan metode *DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)* untuk memetakan hubungan sebab-akibat antar faktor tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa koordinasi antarunit, kompetensi personel dan kejelasan kebutuhan teknis merupakan faktor penyebab utama, sementara sistem informasi logistik dan kecepatan proses pengadaan adalah faktor yang paling terdampak. Studi ini menyimpulkan bahwa penguatan koordinasi lintas unit dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia menjadi langkah awal yang krusial dalam membangun sistem logistik pemeliharaan yang terintegrasi. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan kebijakan dan sistem pendukung operasional KRI yang lebih adaptif dan efisien.

Kata Kunci: *Delphi, Dematel, Logistik Militer, Integrasi Sistem, Pemeliharaan KRI, Suku Cadang*

Abstract

The operational readiness of the Republic of Indonesia (KRI) ships is highly dependent on the effectiveness of the repair and maintenance system integrated with the spare parts procurement process. The lack of integration between these two systems often results in supply delays, specification discrepancies, and a decreased level of ship readiness in carrying out operational duties. This study aims to identify and analyze critical factors influencing the successful integration of the maintenance and spare parts procurement systems in the operational context of the KRI. The method used is a combination of the Delphi approach to gain expert consensus on key factors and the DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) method to map the causal relationships between these factors. The analysis results indicate that inter-unit coordination, personnel competence, and clarity of technical requirements are the main contributing factors, while the logistics information system and the speed of the procurement process are the most impacted factors. This study concludes that strengthening cross-unit coordination and increasing human resource capacity are crucial initial steps in building an integrated maintenance logistics system. These findings are expected to form the basis for developing more adaptive and efficient KRI operational support policies and systems.

Keywords: *Delphi, Dematel, KRI Maintenance, Military Logistics, System Integration, Spare Parts*

1. PENDAHULUAN

Kapal Republik Indonesia (KRI) merupakan salah satu elemen utama dalam sistem pertahanan negara yang memiliki peran strategis dalam menjaga kedaulatan wilayah yurisdiksi laut Indonesia.(Prasetyo et al., 2024) Keandalan dan kesiapan operasional KRI sangat ditentukan oleh efektivitas sistem perbaikan dan pemeliharaan yang didukung oleh pengadaan suku cadang yang tepat, baik dari sisi waktu maupun spesifikasi teknis (Arts, 2014). Dalam praktiknya, gangguan terhadap integrasi antara sistem pemeliharaan dan proses pengadaan sering kali menimbulkan hambatan operasional yang signifikan, seperti keterlambatan perbaikan, penumpukan pekerjaan pemeliharaan,

bahkan penurunan readiness level kapal (P. Gallaher et al., 2004). Sistem pemeliharaan KRI tidak hanya mencakup aspek teknis, tetapi juga membutuhkan dukungan logistik yang andal dan koordinasi lintas fungsi yang baik. Ketidaksinkronan antara kebutuhan teknis dan proses administrasi pengadaan suku cadang masih menjadi tantangan yang belum terselesaikan secara menyeluruh. Proses pengadaan yang berbelit, ketidaksesuaian spesifikasi teknis serta minimnya integrasi informasi antar unit menjadi faktor-faktor yang memperpanjang lead time pemeliharaan dan dapat mengakibatkan menurunkan efisiensi operasional. Hal ini menunjukkan bahwa persoalan pemeliharaan dan logistik tidak dapat dipisahkan, melainkan harus dilihat sebagai sistem yang saling terkait (da Silva et al., 2023). Permasalahan tersebut yang melatarbelakangi penulis untuk mengangkat tema penelitian ini.

Beberapa studi sebelumnya telah menyoroti pentingnya integrasi antara sistem pemeliharaan dan logistik. Namun, sebagian besar penelitian tersebut belum secara spesifik mengidentifikasi dan memetakan faktor-faktor kunci yang memengaruhi integrasi tersebut dalam konteks operasional militer, khususnya KRI. Reaserch gab tersebut menjadi celah penelitian yang menjadikan posisi penelitian ini bertujuan untuk menjawab kebutuhan akan model integratif yang mampu menunjukkan hubungan sebab-akibat antar faktor internal sangat mendesak agar langkah perbaikan yang diambil benar-benar tepat sasaran dan berkelanjutan (Bhanot et al., 2020). Oleh karena itu, perlu dilakukan pendekatan sistematis untuk menjawab kesenjangan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *critical factors* yang memengaruhi integrasi sistem pemeliharaan dan pengadaan suku cadang dalam mendukung operasional KRI. Untuk mencapai tujuan tersebut, digunakan metode Delphi untuk memperoleh konsensus dari para ahli terhadap faktor-faktor penting dan metode DEMATEL untuk memetakan hubungan logis antar faktor. (Alqahtani et al., 2023) Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat dirumuskan rekomendasi kebijakan yang strategis dan berbasis data dalam membangun sistem logistik pemeliharaan KRI yang lebih terintegrasi dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability-Centered Maintenance (RCM) merupakan metodologi pemeliharaan yang berfokus pada optimasi keandalan sistem melalui identifikasi komponen kritis dan penentuan strategi pemeliharaan yang paling efektif.(da Silva et al., 2023) Dalam konteks operasional KRI, pendekatan RCM menjadi krusial karena tingginya tuntutan kesiapan operasional kapal dan kompleksitas sistem yang harus dijaga. Dengan menganalisis pola kegagalan (*failure modes*) dan dampaknya terhadap misi operasional, RCM membantu menentukan apakah suatu komponen memerlukan pemeliharaan preventif, prediktif atau korektif.(Afefy et al., 2019) Integrasi RCM dalam sistem perbaikan dan pemeliharaan KRI memungkinkan identifikasi suku cadang mana yang paling vital sehingga pengadalannya dapat diprioritaskan untuk menghindari *downtime* yang kritis.

Penerapan RCM pada KRI mengharuskan analisis mendalam terhadap komponen-komponen seperti sistem propulsi, persenjataan dan kelistrikan yang memiliki dampak operasional tinggi.(Millar, 2008) Misalnya, jika data historis menunjukkan bahwa bearing Mesin Pendorong Pokok (MPK) sering gagal setelah 10.000 jam operasi, maka strategi *preventive replacement* dapat dijadwalkan sebelum mencapai masa kritis tersebut. Hal ini berdampak langsung pada sistem pengadaan suku cadang karena memerlukan perencanaan stok dan *lead time* yang presisi. Dengan memadukan RCM dan sistem manajemen inventori, KRI dapat memastikan ketersediaan suku cadang tepat waktu tanpa menimbulkan *overstocking* yang membebani anggaran. (Millar, 2008)

Keberhasilan integrasi RCM dalam sistem perbaikan dan pemeliharaan KRI sangat bergantung pada faktor-faktor kritis seperti kualitas data historis kegagalan, koordinasi antar-departemen (operasional, teknikal dan logistik) serta komitmen terhadap *continuous improvement* (Modgil & Sharma, 2016). Pelatihan personel dalam metode RCM dan penggunaan tools pendukung seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) juga menjadi kunci untuk memastikan bahwa strategi pemeliharaan yang ditetapkan benar-benar efektif (Carlson, 2012). Dengan pendekatan RCM yang terstruktur, KRI dapat mencapai *operational readiness* yang tinggi sekaligus mengoptimalkan biaya pemeliharaan dan

pengadaan suku cadang dalam jangka panjang. Dalam konteks pemeliharaan KRI analisis RCM dapat digunakan untuk:

- a. Mengidentifikasi komponen kritis. Suku cadang apa yang paling sering menyebabkan *downtime*? Bagaimana kegagalan komponen mempengaruhi kesiapan operasional KRI?
- b. Menentukan strategi pemeliharaan yang optimal. *Preventive Maintenance* (PM): Penggantian suku cadang berdasarkan jadwal pemeliharaan (misal: setiap 10.000 jam operasi). *Predictive Maintenance* (PdM): Memantau kondisi komponen menggunakan sensor (*vibration analysis, thermography*) untuk menghindari kegagalan mendadak. *Corrective Maintenance* (CM): Perbaikan setelah kegagalan terjadi (jika biaya lebih rendah daripada preventive). *Run-to-Failure*: Untuk komponen non-kritis yang lebih murah diganti daripada diperbaiki.
- c. Integrasi dengan sistem pengadaan suku cadang. *Forecasting* Kebutuhan Suku Cadang: Berdasarkan data kegagalan dan jadwal pemeliharaan. *Lead Time Optimization*: Jika suku cadang kritis butuh waktu pengadaan lama, harus ada stok cadangan. *Vendor Management*: Memilih pemasok yang bisa menjamin kualitas dan kecepatan pengiriman.

2.2. Procurement Decision Theory

Procurement Decision Theory memberikan kerangka konseptual untuk menentukan strategi pengadaan yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti biaya, kualitas dan ketersediaan suku cadang (Iyadunni Adewola Olaleye et al., 2024). Dalam konteks operasional KRI, teori ini menjadi landasan penting karena pengadaan suku cadang tidak hanya mempengaruhi kesiapan operasional tetapi juga efisiensi anggaran pertahanan. Teori ini membantu menjawab pertanyaan mendasar seperti apakah suku cadang tertentu harus diproduksi sendiri, dibeli dari vendor lokal atau diimpor dari pemasok internasional. Keputusan ini harus mempertimbangkan aspek teknis seperti kesesuaian spesifikasi, lead time pengiriman dan ketahanan rantai pasok (*supply chain resilience*) dalam berbagai skenario operasional.

Salah satu aspek kunci *Procurement Decision Theory* yang relevan dengan KRI adalah analisis *make or buy*, yang menentukan apakah suku cadang strategis seperti komponen mesin atau sistem elektronik sebaiknya diproduksi oleh industri pertahanan (Indhan) dalam negeri atau diimpor (Maharani & Matthews, 2023). Keputusan ini tidak hanya berdampak pada kemandirian industri pertahanan tetapi juga pada kecepatan respons terhadap kebutuhan mendesak. Selain itu, teori ini menekankan pentingnya *supplier selection* berbasis kriteria seperti kualitas produk, keandalan pengiriman dan kemampuan memenuhi permintaan dalam situasi darurat. Vendor yang dipilih harus mampu menjamin ketersediaan suku cadang kritis meskipun terjadi gangguan geopolitik atau bencana alam yang mengganggu rantai pasok global.

Integrasi *Procurement Decision Theory* dengan sistem perbaikan dan pemeliharaan KRI memerlukan pendekatan manajemen inventori yang dinamis. Metode seperti ABC *analysis* dapat digunakan untuk mengklasifikasikan suku cadang berdasarkan nilai dan kritikalitasnya, sehingga pengadaan dapat diprioritaskan pada komponen yang paling berdampak pada operasional kapal. Suku cadang kategori A (*high-cost, high-criticality*) seperti rotor mesin atau sistem kendali senjata memerlukan safety stock yang memadai, sementara komponen kategori C dapat dipesan secara just-in-time untuk menghemat biaya penyimpanan. Selain itu, kontrak pengadaan jangka panjang (*long-term contracts*) dengan vendor terpilih dapat memberikan stabilitas harga dan menjamin ketersediaan suku cadang penting selama masa operasional kapal.

Keberhasilan implementasi *Procurement Decision Theory* dalam pengadaan suku cadang KRI sangat bergantung pada faktor-faktor seperti akurasi data kebutuhan operasional, koordinasi antara unit logistik dan teknis serta fleksibilitas dalam merespons perubahan kondisi. Penggunaan teknologi seperti sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) dapat membantu mengintegrasikan data pengadaan dengan sistem pemeliharaan untuk memprediksi kebutuhan suku cadang secara lebih akurat (Jawad & Balázs, 2024). Selain itu, pendekatan *strategic sourcing* yang mencakup *risk assessment* dan *scenario planning* diperlukan untuk mengantisipasi potensi gangguan dalam rantai pasok. Dengan menerapkan teori ini secara komprehensif, KRI tidak hanya dapat memastikan ketersediaan suku cadang yang mendukung kesiapan operasional tetapi juga mencapai efisiensi biaya dalam jangka panjang. Secara singkat dalam

konteks pengadaan *spare part* KRI, *Procurement Decision Theory* membahas bagaimana organisasi membuat keputusan pengadaan yang optimal yang meliputi:

- a. *Make-or-Buy Decision* adalah proses pengambilan keputusan strategis untuk menentukan apakah suatu organisasi harus memproduksi barang/jasa secara internal (*make*) atau membelinya dari vendor eksternal (*buy*). Dalam konteks ini, TNI Angkatan Laut harus memproduksi suku cadang sendiri atau mengimpor dengan mempertimbangkan aspek biaya, keahlian teknis dan keamanan pasokan.
- b. *Vendor Selection* adalah proses evaluasi dan pemilihan pemasok berdasarkan kriteria seperti harga, kualitas, *lead time*, keandalan dan ketahanan rantai pasok (*supply chain resilience*). Tujuannya adalah memilih vendor yang tidak hanya menawarkan biaya kompetitif tetapi juga memenuhi standar teknis (misalnya spesifikasi militer), mampu mengirim tepat waktu (terutama untuk kebutuhan mendesak) dan memiliki mitigasi risiko terhadap gangguan seperti geopolitik atau bencana alam. Sebagai contoh jika suku cadang mesin diesel KRI harus diimpor dari Jerman, bagaimana memastikan *supply chain resilience* jika terjadi gangguan geopolitik?
- c. *Inventory Management* mencakup dua pendekatan utama yaitu *Just-in-Time* (JIT) yang meminimalkan persediaan dengan menerima bahan tepat saat dibutuhkan untuk mengurangi biaya penyimpanan dan *Safety Stock* yang menyimpan cadangan ekstra untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan atau gangguan pasokan. *Safety Stock vs JIT Procurement*. Suku cadang kritis (misal: rotor mesin) harus ada *safety stock* sedangkan suku cadang non-kritis bisa dipesan *just-in-time* untuk mengurangi biaya penyimpanan. *ABC Analysis* untuk mengklasifikasikan suku cadang berdasarkan nilai dan kritikalitas. Kelas A: *High cost, high criticality* (prioritas stok tinggi). Kelas B: *Moderate cost, moderate importance*. Kelas C: *Low cost, low risk* (bisa dipesan saat diperlukan).
- d. *Contracting Strategy* adalah pendekatan dalam menentukan struktur perjanjian dengan vendor untuk mengoptimalkan biaya, kualitas dan risiko. Strategi ini mencakup pemilihan jenis kontrak kontrak jangka panjang atau *spot purchasing*. *Long Term Contracts* untuk suku cadang yang selalu dibutuhkan (misal: oli mesin, filter). *Spot Purchasing* untuk komponen yang jarang digunakan. *Framework Agreement* dengan vendor terpilih untuk memastikan harga stabil dan ketersediaan.

2.3. Critical Success Factors (CSF)

Konsep *Critical Success Factors* (CSF) diperkenalkan oleh Rockart sebagai elemen-elemen utama yang menentukan keberhasilan suatu sistem atau organisasi (Williams & Ramaprasad, 1996). Dalam konteks penelitian ini, CSF digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mendukung keberhasilan integrasi antara sistem pemeliharaan dan pengadaan. Beberapa CSF yang relevan meliputi koordinasi antarunit, kompetensi personel, akurasi data teknis, efisiensi sistem informasi dan kecepatan proses pengadaan. Tanpa identifikasi yang tepat terhadap hubungan antar faktor tersebut, perbaikan sistem akan bersifat parsial dan tidak menyentuh akar persoalan. Oleh karena itu, pemetaan hubungan sebab-akibat antar-CSF menjadi penting dalam merancang sistem integrasi yang berfungsi optimal

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed methods*) untuk memperoleh hasil yang komprehensif, baik dari sisi pemahaman kualitatif atas persepsi para ahli, maupun pemetaan kuantitatif terhadap hubungan antar faktor yang memengaruhi integrasi sistem pemeliharaan dan pengadaan suku cadang pada KRI. Identifikasi masalah dilakukan dengan melaksanakan observasi untuk mengumpulkan fenomena dan permasalahan terhadap objek penelitian. Konseptual penelitian ini dibangun berdasarkan teori RCM dan *Procurement Decision Theory* yang menekankan pentingnya kolaborasi antar bagian yang terkait dan penggunaan teknologi informasi dalam pengadaan suku cadang. Dalam kerangka pemikiran ini, terdapat beberapa variabel yang akan dianalisis. Pertama, kerangka analisis RCM membantu mengidentifikasi suku cadang mana yang paling kritis sehingga pengadaannya harus diprioritaskan. Selanjutnya analisis *Procurement Decision Theory* membantu merancang strategi pengadaan yang efisien, tepat waktu dan *cost effective*. Dengan kerangka pemikiran ini diharapkan dapat memberikan jawaban yang jelas terhadap rumusan masalah yang mempengaruhi kesiapan operasional

KRI. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini mempergunakan beberapa cara yaitu observasi, wawancara mendalam, kuesioner dan dokumentasi.

Analisis data pada penelitian ini terbagi menjadi dua tahap utama: *Delphi* untuk eksplorasi dan konfirmasi faktor-faktor kunci melalui konsensus ahli dan *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)* untuk menganalisis struktur hubungan sebab-akibat antar faktor secara sistemik. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi faktor-faktor utama, tetapi juga membangun kerangka logis yang menunjukkan bagaimana interaksi antar faktor membentuk struktur integrasi sistem. Hasil dari metodologi ini menjadi dasar dalam menyusun strategi peningkatan sistem logistik pemeliharaan KRI yang lebih responsif, efisien dan berkelanjutan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil *Delphi*: Konsensus terhadap *Critical Factors*

Metode *Delphi* digunakan dalam dua tahap berturut-turut dari studi pra-delphi dan studi delphi untuk mengevaluasi faktor-faktor kritis secara iteratif hingga mencapai kesepakatan bersama (Process et al., 1974). Pada tahap pertama iterasi dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kritis yang dilanjutkan tahap iterasi kedua untuk masukan tambahan atau klarifikasi hingga tercapai konsensus. Melalui dua putaran *Delphi*, diperoleh lima *critical factors* yang dianggap paling menentukan keberhasilan integrasi sistem, yaitu:

4.1.1. Menentukan Tujuan dan Fokus Studi *Delphi*.

Tujuan: Mengidentifikasi dan memperoleh konsensus para ahli terhadap faktor-faktor kritis integrasi sistem pemeliharaan dan pengadaan suku cadang KRI dengan fokus penilaian terhadap indikator keberhasilan sistem melalui pendekatan RCM, PDT, dan CSF.

Tabel 1. Faktor Kunci Dari Variabel RCM

Kode	Faktor Kunci RCM	Deskripsi
RCM1	Identifikasi sistem dan komponen kritis	Menentukan sistem vital (propulsi, senjata, navigasi) yang harus diprioritaskan dalam pemeliharaan dan pengadaan suku cadang.
RCM2	Analisis mode kegagalan dan dampaknya (FMEA)	Memetakan potensi kerusakan dan dampaknya untuk merencanakan suku cadang berdasarkan risiko.
RCM3	Penjadwalan perawatan berbasis kondisi dan waktu	Menyesuaikan pengadaan suku cadang dengan siklus pemeliharaan berdasarkan MTBF dan kondisi operasi aktual.
RCM4	Integrasi sistem pemantauan kondisi (CBM/CMMS)	Mengandalkan sensor dan data riil untuk mendeteksi kerusakan sebelum terjadi kegagalan sistem utama.
RCM5	Ketersediaan suku cadang penting untuk sistem utama	Menjamin <i>spare part</i> untuk sistem vital tersedia secara berkelanjutan untuk menghindari downtime operasional.

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

Tabel 2. Faktor Kunci Dari Variabel Teori Procurement Decision

Kode	Faktor Kunci PDT	Deskripsi
PDT1	Kecepatan dan fleksibilitas proses pengadaan	Kemampuan sistem pengadaan untuk merespons kebutuhan mendesak selama operasi KRI.
PDT2	Akurasi data kebutuhan teknis sebagai dasar perencanaan	Pengambilan keputusan pengadaan harus berbasis data kerusakan aktual, bukan asumsi.
PDT3	Efektivitas rantai pasok dan <i>lead time</i>	Memastikan distribusi suku cadang tepat waktu dengan perencanaan pengiriman yang efisien.
PDT4	Evaluasi biaya-manfaat dan efisiensi logistik	Pengadaan dilakukan dengan mempertimbangkan <i>total cost of ownership</i> , bukan hanya harga satuan.
PDT5	Seleksi vendor dan kualitas barang	Pengadaan hanya melibatkan vendor yang terpercaya dan produk dengan standar mutu operasional militer.

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

Tabel 3. Faktor Kunci Dari Variabel Teori *Critical Success Factors*

Kode	Faktor Kunci CSF	Deskripsi
CSF1	Koordinasi antarunit teknis, logistik dan operasi	Kolaborasi lintas fungsi penting untuk sinkronisasi kebutuhan dan penyediaan suku cadang.
CSF2	Sistem informasi logistik yang terintegrasi	Sistem berbasis teknologi (<i>e-logistik</i> , CMMS, ERP) yang menghubungkan seluruh tahapan pemeliharaan dan pengadaan.
CSF3	Kompetensi personel dalam logistik dan perawatan	SDM yang memiliki keahlian teknis dan administratif tinggi dalam perencanaan, pengadaan, dan evaluasi pemeliharaan.
CSF4	Dukungan anggaran dan kebijakan tata kelola pengadaan	Keberhasilan sistem sangat tergantung pada keberlangsungan pendanaan dan prosedur pengadaan yang transparan.
CSF5	Monitoring dan evaluasi sistem terintegrasi secara berkala	Sistem audit performa logistik dan pemeliharaan berbasis indikator <i>readiness</i> , MTBF dan <i>downtime</i> .

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.1.2. Menyusun Panel Ahli.

Komposisi ideal 7–15 orang. Kriteria: Memiliki keahlian di bidang pemeliharaan alutsista, logistik militer, *procurement* dan perencanaan operasi. Bisa dari kalangan: TNI AL (Logistik, Fasharkan, Satban), akademisi militer, personel Mabesal atau konsultan pertahanan.

Tabel 4. Kriteria Expert

NO	KRITERIA	KETERANGAN
1	Peran	Pengambil Keputusan, perencanaan dalam strategi peperangan
2	Posisi	Akademisi, Praktisi, Peneliti/Pengamat, Manajerial, Dosen
3	Kualifikasi	Memahami permasalahan tentang Pemeliharaan dan perbaikan, pengadaan, perencanaan dan Teknologi
4	Pengalaman	Minimal 10 tahun pengalaman berdinamis Berpengalaman dalam perencanaan Pemeliharaan, perbaikan dan pengadaan
5	Kompetensi	Pengadaan Barang dan Jasa, Pemeliharaan dan Perbaikan Material, Kelaikan Material, Perencanaan <i>Maintenance</i> , Teknologi dan Informatika, Sistem dan jaringan

Sumber: Olah Data oleh Peneliti (Sriyolja, 2025).

4.1.3. Menyusun Kuesioner *Pra-Delphi* (Tahap I)

Tahapan ini bertujuan untuk Menggali secara terbuka daftar awal faktor-faktor penting dari perspektif masing-masing ahli. Hasil dari *Pra-Delphi* diperoleh prioritas faktor kunci sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Iterasi Delphi Tahap I

Penilai	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Total	V	Ket
RCM1	Skor	9	9	9	9	7	9	9	9	8	8	76	0,950
	S	8	8	8	8	6	8	8	8	7	7		Sangat valid
RCM2	Skor	9	9	9	9	8	9	9	9	7	8	76	0,950
	S	8	8	8	8	7	8	8	8	6	7		Sangat valid
RCM3	Skor	8	7	9	9	7	8	9	9	7	9	72	0,900
	S	7	6	8	8	6	7	8	8	6	8		Sangat valid
RCM4	Skor	8	7	9	9	8	9	9	9	8	9	75	0,938
	S	7	6	8	8	7	8	8	8	7	8		Sangat valid
RCM5	Skor	8	8	9	9	7	9	9	9	8	9	75	0,938
	S	7	7	8	8	6	8	8	8	7	8		Sangat valid
PDT1	Skor	8	7	9	9	8	9	9	9	8	8	74	0,925
	S	7	6	8	8	7	8	8	8	7	7		Sangat valid
PDT2	Skor	8	8	9	9	7	9	9	9	7	9	74	0,925
	S	7	7	8	8	6	8	8	8	6	8		Sangat valid

PDT3	Skor	9	8	7	9	8	7	7	8	7	7	67	0,838	Sangat valid
	S	8	7	6	8	7	6	6	7	6	6			
PDT4	Skor	7	8	7	9	9	7	9	8	7	7	68	0,850	Sangat valid
	S	6	7	6	8	8	6	8	7	6	6			
PDT5	Skor	9	8	7	8	8	9	9	7	9	9	73	0,913	Sangat valid
	S	8	7	6	7	7	8	8	6	8	8			
CSF1	Skor	9	8	7	7	8	7	8	8	9	9	70	0,875	Sangat valid
	S	8	7	6	6	7	6	7	7	8	8			
CSF2	Skor	9	9	9	9	8	8	7	9	9	8	75	0,938	Sangat valid
	S	8	8	8	8	7	7	6	8	8	7			
CSF3	Skor	9	9	8	9	9	9	8	9	8	7	75	0,938	Sangat valid
	S	8	8	7	8	8	8	7	8	7	6			
CSF4	Skor	7	9	9	7	8	9	9	7	7	8	80	1,000	Sangat valid
	S	7	9	9	7	8	9	9	7	7	8			
CSF5	Skor	7	8	7	9	9	7	8	7	9	9	70	0,875	Sangat valid
	S	6	7	6	8	8	6	7	6	8	8			

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.1.4. Menyusun Kuesioner *Delphi* Tahap II (Iterasi 1)

Setelah hasil iterasi dari Delphi tahap I, maka hasil tersebut disajikan kembali ke panel ahli untuk menilai konsistensi hasil konsensus dan memperoleh prioritas. Hasil dari Delphi Tahap II adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Iterasi Delphi Tahap II

Penilai	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Total	V	Ket	
CSF4	Skor	7	9	9	7	8	9	9	7	7	8	80	1	Sangat valid
RCM1	Skor	9	9	9	9	7	9	9	9	8	8	76	0,95	Sangat valid
RCM2	Skor	9	9	9	9	8	9	9	9	7	8	76	0,95	Sangat valid
RCM4	Skor	8	7	9	9	8	9	9	9	8	9	75	0,937	Sangat valid
RCM5	Skor	8	8	9	9	7	9	9	9	8	9	75	0,937	Sangat valid
CSF2	Skor	9	9	9	9	8	8	7	9	9	8	75	0,937	Sangat valid
CSF3	Skor	9	9	8	9	9	9	8	9	8	7	75	0,937	Sangat valid

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

Tabel 7. Prioritas Faktor Kunci Berdasarkan Metode Analisis Delphi

KODE	FAKTOR KUNCI	BOBOT	PRIORITAS
CSF4	Dukungan anggaran dan kebijakan tata kelola pengadaan	80	1
RCM1	Identifikasi sistem dan komponen kritis	76	2
RCM2	Analisis mode kegagalan dan dampaknya (FMEA)	76	3
RCM4	Integrasi sistem pemantauan kondisi (CBM/CMMMS)	75	4
RCM5	Ketersediaan suku cadang penting untuk sistem utama	75	5
CSF2	Sistem informasi logistik yang terintegrasi	75	6
CSF3	Kompetensi personel dalam logistik dan perawatan	75	7

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.2. Hasil *DEMATEL*: Matriks Pengaruh dan Struktur Sebab-Akibat

Proses *DEMATEL* dilakukan dengan meminta panelis yang sama untuk menilai pengaruh antar faktor secara berpasangan (Process et al., 1974). Hasil penilaian disusun dalam Matriks Pengaruh Langsung, kemudian dinormalisasi dan diubah menjadi Matriks Total Pengaruh, seperti tercermin pada *guidance* yang Anda berikan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai D (*degree of influence*) dan R (*degree of dependence*) untuk masing-masing faktor:

4.2.1. Membuat matriks *Direct Influence Matrix*.

Tabel 8. Matriks Direct Influence Matrix

CSF4	RCM1	RCM2	RCM4	RCM5	CSF2	CSF3
CSF4	0	4	5	4	3	5
RCM1	4	0	5	4	3	4
RCM2	5	4	0	5	4	5
RCM4	3	4	5	0	3	4
RCM5	5	5	4	4	0	4
CSF2	4	5	4	3	4	0
CSF3	4	3	3	4	4	0

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.2.2. Menghitung rata-rata *Direct Influence Matrix*

Merata-rata penilaian langsung dari 5 *expert* yang menilai hubungan langsung antar variabel, adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Rata-rata Direct Influence Matrix

CSF4	RCM1	RCM2	RCM4	RCM5	CSF2	CSF3	TOTAL KOLOM
CSF4	0	3,6	4	4	3,6	3	4,6
RCM1	3,8	0	4,8	4	3,2	3,4	22,8
RCM2	4	4,2	0	4,2	4,2	3,8	4
RCM4	3,4	3,6	4,8	0	3,6	3,6	23,2
RCM5	3,8	3,4	3,8	3,6	0	4,2	24,8
CSF2	3,4	3,6	3,8	3,2	3,6	0	4,2
CSF3	3,6	3,8	3,2	3,6	3,8	0	23
							21,4
							21,6
							0,0403

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.2.3. Menghitung matriks normalisasi

Matriks normalisasi diperoleh dengan mengalikan matriks rata-rata dengan rata-rata dari jumlah kolom matriks rata-rata. Hasil perkalian matriks tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Matriks Normalisasi

CSF4	RCM1	RCM2	RCM4	RCM5	CSF2	CSF3
CSF4	0,00	0,15	0,16	0,16	0,15	0,12
RCM1	0,15	0,00	0,19	0,16	0,13	0,14
RCM2	0,16	0,17	0,00	0,17	0,17	0,15
RCM4	0,14	0,15	0,19	0,00	0,15	0,15
RCM5	0,15	0,14	0,15	0,15	0,00	0,17
CSF2	0,14	0,15	0,15	0,13	0,15	0,00
CSF3	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15	0,15

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.2.4. Menghitung matriks hubungan total

Matriks Hubungan total diperoleh dengan mengalikan matriks normalisasi dengan matriks identitasnya. Hasil dari perkalian matriks tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Matriks Normalisasi

CSF4	RCM1	RCM2	RCM4	RCM5	CSF2	CSF3
CSF4	1,00	-0,15	-0,16	-0,16	-0,15	-0,12
RCM1	-0,15	1,00	-0,19	-0,16	-0,13	-0,14
RCM2	-0,16	-0,17	1,00	-0,17	-0,17	-0,15

RCM4	-0,14	-0,15	-0,19	1,00	-0,15	-0,15	-0,17
RCM5	-0,15	-0,14	-0,15	-0,15	1,00	-0,17	-0,17
CSF2	-0,14	-0,15	-0,15	-0,13	-0,15	1,00	-0,15
CSF3	-0,15	-0,15	-0,13	-0,15	-0,15	-0,15	1,00

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.2.5. Invers matriks hubungan total

Langkah selanjutnya dalam tahapan ini yaitu menginvers matriks hubungan total, hasil dari invers matriks hubungan total adalah sebagai berikut:

Tabel 12 Matriks Hubungan Total

	CSF4	RCM1	RCM2	RCM4	RCM5	CSF2	CSF3
CSF4	2,5197	1,6606	1,7951	1,6954	1,6488	1,6037	1,8658
RCM1	1,6795	2,5612	1,8489	1,7230	1,6636	1,6420	1,8778
RCM2	1,7721	1,7930	2,7804	1,8173	1,7803	1,7400	1,9871
RCM4	1,6660	1,6865	1,8468	2,5823	1,6746	1,6474	1,8820
RCM5	1,6601	1,6621	1,7970	1,6904	2,5297	1,6481	1,8621
CSF2	1,5579	1,5772	1,6990	1,5861	1,5660	2,4143	1,7486
CSF3	1,5741	1,5933	1,6927	1,6087	1,5820	1,5510	2,6273

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

4.2.6. Matriks *vektor Direct-Relation*.

Matriks *vektor Direct-Relation* diperoleh dengan menjumlahkan tiap baris dan kolom dari matriks hubungan total.

Tabel 13 Matriks Vektor Direct-Relation

D/R	CSF4	RCM1	RCM2	RCM4	RCM5	CSF2	CSF3	Direct
CSF4	2,5197	1,6606	1,7951	1,6954	1,6488	1,6037	1,8658	11,789
RCM1	1,6795	2,5612	1,8489	1,7230	1,6636	1,6420	1,8778	11,996
RCM2	1,7721	1,7930	2,7804	1,8173	1,7803	1,7400	1,9871	12,670
RCM4	1,6660	1,6865	1,8468	2,5823	1,6746	1,6474	1,8820	11,986
RCM5	1,6601	1,6621	1,7970	1,6904	2,5297	1,6481	1,8621	11,850
CSF2	1,5579	1,5772	1,6990	1,5861	1,5660	2,4143	1,7486	11,149
CSF3	1,5741	1,5933	1,6927	1,6087	1,5820	1,5510	2,6273	11,229
Relation	11,430	11,534	12,460	11,703	11,445	11,247	12,851	

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

Setelah memperoleh Matriks *vektor Direct-Relation*, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung *threshold value*, dimana nilai dari *threshold value* adalah nilai rata-rata dari matriks *vektor Direct-Relation*, adalah sebagai berikut: 1,687

4.2.7. Interpretasi Matriks *vektor Direct-Relation*.

Tabel 14 Interpretasi Matriks Vektor Direct-Relation

KODE	D	R	D+R	RANK	D-R	RANK	KETERANGAN
CSF4	11,789	11,429	23,218	6	0,3595	3	Dispatcher Cause
RCM1	11,996	11,533	23,529	4	0,4620	1	Dispatcher Cause
RCM2	12,670	12,459	25,130	1	0,2103	5	Dispatcher Cause
RCM4	11,985	11,703	23,688	3	0,2824	4	Dispatcher Cause
RCM5	11,849	11,445	23,294	5	0,4044	2	Dispatcher Cause
CSF2	11,149	11,246	22,395	7	-0,097	6	Receiver Effect
CSF3	11,229	12,850	24,079	2	-1,621	7	Receiver Effect

Sumber: Olah Data oleh Peneliti

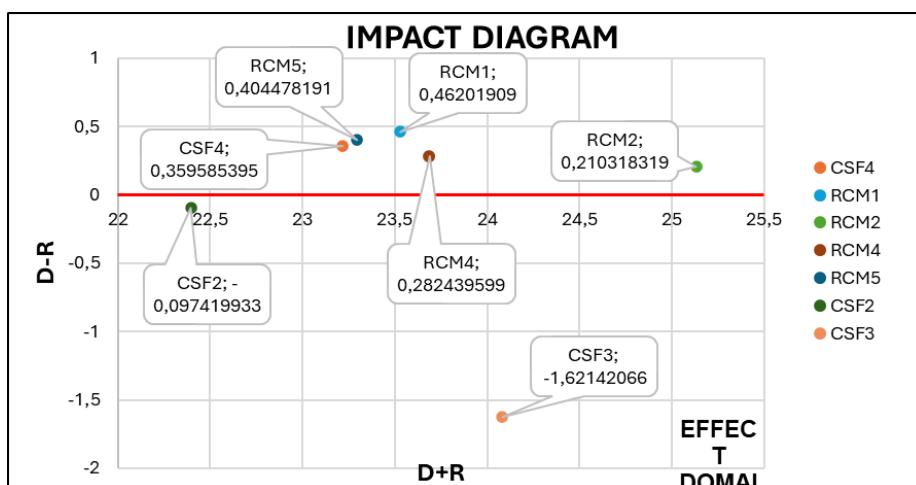
Hasil dari pengolahan *DEMATEL* menghasilkan matriks total hubungan yang menunjukkan seberapa besar pengaruh dan keterkaitan antar faktor. Dua parameter utama yang dihasilkan adalah nilai D (degree of influence), yaitu total pengaruh yang diberikan dan diterima suatu faktor terhadap faktor lain, serta R (*received influence*), yang mencerminkan total pengaruh yang diterima faktor tersebut dari faktor lainnya. Kombinasi keduanya menghasilkan D+R sebagai indikator tingkat keterhubungan keseluruhan dalam sistem dan D-R sebagai indikator posisi faktor dalam sistem; apakah sebagai penyebab (jika positif) atau sebagai akibat (jika negatif). Matriks ini memberikan landasan kuantitatif untuk memahami dinamika internal sistem perbaikan dan pengadaan yang sedang dianalisis.

Berdasarkan analisis nilai D-R dari hasil *DEMATEL*, diketahui bahwa beberapa faktor berperan sebagai penyebab utama (cause group) dalam sistem, yaitu: koordinasi antarunit teknis dan logistik, kejelasan kebutuhan teknis suku cadang dan kompetensi personel dalam bidang logistik dan teknis. Ketiga faktor ini memiliki nilai D-R positif, yang artinya mereka memiliki pengaruh besar terhadap faktor-faktor lain dalam sistem. Sebaliknya, faktor-faktor seperti kecepatan proses pengadaan, efisiensi sistem informasi logistik dan ketepatan penyediaan suku cadang merupakan faktor akibat (effect group) yang memiliki nilai D-R negatif. Artinya, performa dari faktor-faktor ini sangat tergantung pada efektivitas faktor-faktor penyebab yang mempengaruhinya. Temuan ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan efisiensi sistem pengadaan dan pemeliharaan, perbaikan harus difokuskan pada faktor-faktor hulu yang menjadi akar penyebab.

Tabel 15. Variabel *Causal Effect*

NO	Critical Factor	Dominan	Berpengaruh
1	Dukungan anggaran dan kebijakan tata kelola pengadaan	6	3
2	Identifikasi sistem dan komponen kritis	4	1
3	Analisis mode kegagalan dan dampaknya (FMEA)	1	5
4	Integrasi sistem pemantauan kondisi (CBM/CMMS)	3	4
5	Ketersediaan suku cadang penting untuk sistem utama	5	2
6	Sistem informasi logistik yang terintegrasi	7	6
7	Kompetensi personel dalam logistik dan perawatan	2	7

Sumber: Olah Data oleh Peneliti



Gambar 1. *Impact Diagram*
 Sumber: Olah Data oleh Peneliti

Hasil analisis *DEMATEL* ini divisualisasikan dalam bentuk diagram sebab-akibat (*Impact Diagram*), maka posisi faktor-faktor penyebab seperti koordinasi antarunit, kejelasan kebutuhan teknis dan kompetensi SDM akan berada di kuadran penyebab (*cause quadrant*), sedangkan faktor-faktor seperti kecepatan pengadaan dan kinerja sistem informasi logistik akan berada di kuadran akibat (*effect quadrant*). Titik keseimbangan sistem secara keseluruhan akan bergeser ke arah koordinasi dan input teknis, yang menandakan bahwa efektivitas sistem perbaikan dan pengadaan sangat bergantung pada

kualitas informasi, alur koordinasi dan kesiapan personel pada tahap perencanaan awal. Visualisasi ini memperjelas bahwa perbaikan sistem tidak cukup hanya dilakukan pada tahapan akhir seperti distribusi logistik atau pengadaan cepat, tetapi harus dimulai dari perbaikan struktur, data dan kapasitas manusia.

4.3. Pembahasan

Hasil pengolahan data menggunakan metode DEMATEL menunjukkan bahwa faktor-faktor koordinasi antarunit teknis dan logistik, kejelasan kebutuhan teknis, dan kompetensi personel merupakan penyebab utama (*cause group*) terhadap efektivitas sistem integrasi perbaikan dan pemeliharaan dengan pengadaan suku cadang. Ketiga faktor ini merupakan elemen hulu yang membentuk dasar kinerja sistem logistik dan pemeliharaan KRI. Koordinasi antarunit yang tidak optimal antara satuan teknis (Disharkap), logistik (Slog) dan pengadaan (Dismatbek) menghasilkan *bottle neck* dalam alur informasi kebutuhan suku cadang. Hal ini menyebabkan ketidaksesuaian spesifikasi, keterlambatan pemesanan, hingga redundansi pengadaan. Ketika koordinasi berjalan parsial dan sektoral, sistem pengadaan tidak dapat merespon kebutuhan teknis dengan cepat dan tepat.

Kejelasan kebutuhan teknis juga menjadi penentu akurasi pengadaan. Hasil wawancara menunjukkan seringnya terjadi perubahan spesifikasi teknis di tengah proses perbaikan. Hal ini mengindikasikan lemahnya verifikasi awal saat fase ship check, serta tidak optimalnya dokumentasi teknis (*technical drawing, catalogue, atau equipment history*) yang menjadi rujukan. Sementara itu, kompetensi personel dalam bidang logistik dan teknis terbukti berperan signifikan dalam menyelaraskan kebutuhan operasional dengan ketersediaan suku cadang. Minimnya pelatihan terhadap sistem CMMS/ERP dan rendahnya pemahaman terhadap prinsip *reliability-centered maintenance* membuat personel cenderung bersifat administratif daripada teknikal. Hal ini menjadikan proses permintaan *spare part* tidak berbasis data analitis, melainkan estimasi kasar yang kurang presisi.

Sebaliknya, faktor-faktor seperti kecepatan pengadaan, efisiensi sistem informasi logistik dan ketepatan penyediaan suku cadang, yang tergolong sebagai akibat (*effect group*), sangat bergantung pada tiga faktor utama tersebut. Artinya, mempercepat proses pengadaan tanpa membenahi input teknis dan koordinasi hanya akan menghasilkan efisiensi semu. Sistem informasi logistik pun tidak akan efektif jika data yang dimasukkan tidak akurat atau tidak tersedia secara real-time. Dari sini dapat disimpulkan bahwa sistem logistik yang solid bukan dibangun dari perangkat lunak atau SOP semata, tetapi dari tata kelola koordinatif, kompetensi sumber daya manusia, serta keakuratan kebutuhan teknis yang valid. Tanpa tiga hal tersebut, upaya digitalisasi atau efisiensi logistik tidak akan memberikan dampak signifikan terhadap kesiapan operasional KRI. Rekomendasi Kebijakan, Strategi dan Upaya berdasarkan analisis hasil dan pembahasan yang dilaksanakan di atas, adalah sebagai berikut:

4.3.1. Kebijakan.

Berdasarkan pada uraian hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan pada tahap sebelumnya, maka dapat ditarik kebijakan sebagai berikut:

“Terwujudnya integrasi sistem perbaikan dan pemeliharaan dengan pengadaan paket suku cadang yang efektif dan efisien melalui penguatan koordinasi lintas fungsi, pemanfaatan sistem informasi logistik terintegrasi serta peningkatan kompetensi teknis dan manajerial guna mendukung kesiapan operasional KRI”.

Kebijakan ini bertujuan untuk memperkuat integrasi sistem perbaikan dan pemeliharaan dengan pengadaan paket suku cadang dalam mendukung kesiapan operasional KRI, melalui sinkronisasi antarunit seperti Slog, Disharkap, Dismatbek, dan Fasharkan, didukung oleh pemanfaatan sistem informasi logistik terintegrasi (ERP dan e-Log), penguatan identifikasi komponen kritis serta penerapan analisis kegagalan (FMEA), peningkatan kompetensi teknisi dan operator lapangan, serta penyediaan suku cadang esensial secara tepat waktu dan akurat sebagai bagian dari transformasi logistik berbasis data dan teknologi.

4.3.2. Strategi

Untuk mendukung arah kebijakan tersebut, maka dirumuskan tiga strategi utama sebagai berikut:

Strategi 1. “Optimalisasi integrasi sistem perbaikan dan pemeliharaan dengan pengadaan suku cadang melalui pendekatan berbasis sistem digital dan fungsi lintas unit”. Strategi ini difokuskan pada penguatan keterpaduan proses pemeliharaan dan pengadaan melalui integrasi sistem berbasis ERP dan CMMS, serta penyusunan alur komunikasi logistik teknis yang terstruktur dari unit teknis (Disharkap dan Fasharkan) hingga unit pengadaan (Dismatbek dan Slog). Sistem ini harus mampu merekam, menganalisis, dan memproyeksikan kebutuhan teknis berbasis kondisi alutsista aktual.

Strategi 2. “Penguatan identifikasi kebutuhan teknis berbasis FMEA dan sistem klasifikasi suku cadang kritis”. Strategi ini bertujuan menciptakan mekanisme analisis kegagalan yang sistematis (*Failure Mode and Effect Analysis/FMEA*) sebagai dasar perencanaan kebutuhan suku cadang. Hal ini dilakukan bersamaan dengan pengelompokan suku cadang berdasarkan tingkat urgensi dan dampaknya terhadap kesiapan tempur KRI.

Strategi 3. “Peningkatan kompetensi personel dan efisiensi pengendalian manajemen suku cadang”. Fokus strategi ini adalah meningkatkan kapasitas teknis, logistik, dan manajerial personel pengawak sistem pemeliharaan dan pengadaan melalui pelatihan terstruktur, serta membentuk tim teknis gabungan lintas satuan kerja yang bertugas mengawal alur permintaan, validasi teknis, hingga distribusi suku cadang secara real-time.

4.3.3. Upaya Operasional

Berdasarkan strategi tersebut, upaya-upaya nyata yang dapat dilakukan oleh TNI Angkatan Laut meliputi:

Strategi 1: Optimalisasi integrasi sistem perbaikan dan pemeliharaan dengan pengadaan suku cadang

- a. Mengimplementasikan sistem ERP dan CMMS yang dapat digunakan bersama oleh Fasharkan, Disharkap, Dismatbek, dan Slog untuk mempercepat siklus kebutuhan-pengadaan-pengiriman suku cadang.
- b. Menyusun SOP dan *flowchart* integrasi fungsi teknis dan logistik untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis sistem.
- c. Membangun dashboard pemantauan berbasis e-log untuk menampilkan status permintaan dan pengiriman suku cadang secara *live*.

Strategi 2: Penguatan identifikasi kebutuhan teknis berbasis FMEA dan sistem klasifikasi suku cadang kritis

- a. Melakukan pelatihan dan implementasi metode FMEA pada seluruh Fasharkan dan tim perencana pemeliharaan.
- b. Menyusun katalog suku cadang kritis dan mengklasifikasikannya berdasarkan kategori impact, frekuensi kerusakan, serta lead time pengadaan.
- c. Menetapkan standar minimum *stock level* (MSL) dan *safety stock* suku cadang kritis di pangkalan utama TNI Angkatan Laut.

Strategi 3: Peningkatan kompetensi personel dan efisiensi pengendalian manajemen suku cadang

- a. Menyelenggarakan pelatihan terpadu bagi personel logistik dan teknis tentang penggunaan sistem digital logistik (ERP/CMMS), analisis FMEA, dan manajemen pemeliharaan.
- b. Membentuk tim integrator teknis-logistik di tiap pangkalan untuk mengawal proses permintaan, verifikasi teknis dan distribusi suku cadang.
- c. Melakukan audit kompetensi personel dan menyusun *roadmap* pengembangan SDM logistik berbasis kebutuhan organisasi dan teknologi 4.0.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi, menganalisis dan memetakan *critical factors* yang berpengaruh terhadap keberhasilan integrasi sistem perbaikan dan pemeliharaan dengan sistem pengadaan paket suku cadang dalam konteks operasional Kapal Republik Indonesia (KRI). Melalui pendekatan *Delphi* dan pemodelan *DEMATEL*, diperoleh pemahaman menyeluruh bahwa efektivitas sistem tersebut sangat ditentukan oleh kualitas koordinasi antar-unit, kompetensi personel dan akurasi kebutuhan teknis, yang seluruhnya merupakan elemen hulu dari sistem logistik dan perawatan.

Pertama, berdasarkan hasil metode Delphi, tujuh faktor utama teridentifikasi dengan validitas tinggi, di antaranya adalah: identifikasi sistem dan komponen kritis (RCM1), analisis kegagalan dan dampaknya (RCM2), integrasi sistem pemantauan kondisi (RCM4), ketersediaan suku cadang utama (RCM5), sistem informasi logistik terintegrasi (CSF2), kompetensi personel (CSF3), serta dukungan kebijakan dan tata kelola pengadaan (CSF4). Faktor-faktor ini diakui sebagai elemen fundamental dalam membentuk sistem pemeliharaan dan pengadaan yang adaptif dan efisien.

Kedua, dari hasil pengolahan metode *DEMATEL*, diketahui bahwa lima faktor dominan berperan sebagai penyebab utama (*cause group*) dalam sistem, dengan nilai D–R positif, yaitu: a) Koordinasi antarunit teknis, logistik dan pengadaan (CSF4), b) Identifikasi sistem dan komponen kritis (RCM1), c) Analisis mode kegagalan dan dampaknya (RCM2), d) Integrasi sistem pemantauan kondisi (RCM4), e) Ketersediaan suku cadang untuk sistem utama (RCM5).

Sementara itu, dua faktor yang berada dalam kelompok *effect group* (nilai D–R negatif) adalah: Sistem informasi logistik yang terintegrasi (CSF2) dan Kompetensi personel dalam logistik dan perawatan (CSF3). Kesimpulan ini menandakan bahwa performa sistem pengadaan dan perawatan tidak bisa ditingkatkan secara instan hanya dengan menambahkan perangkat lunak logistik atau mempercepat pengadaan, melainkan harus dimulai dari reformasi manajerial dan struktural di lini awal, terutama koordinasi dan verifikasi teknis.

Ketiga, analisis yang dikaitkan dengan teori *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) menunjukkan bahwa kejelasan data teknis, analisis FMEA dan identifikasi sistem kritis menjadi landasan penting dalam merumuskan strategi pemeliharaan berbasis risiko dan kondisi. Sementara itu, teori *Procurement Decision Theory* (PDT) memperlihatkan bahwa efektivitas sistem pengadaan sangat tergantung pada input yang valid dan koordinatif, bukan semata pada kecepatan atau harga barang. Integrasi kedua pendekatan ini menghasilkan pemahaman bahwa sistem yang handal adalah sistem yang dibangun dari interaksi sinergis antara perencanaan teknis dan strategi pengadaan yang fleksibel serta efisien. (Gebauer & Lee, 2008)

Keempat, hasil temuan ini mengarah pada implikasi strategis bahwa untuk membangun sistem logistik pemeliharaan KRI yang andal, diperlukan: a) Reformasi koordinasi antarunit melalui SOP lintas fungsi, b) Penguatan ERP yang terintegrasi antara *maintenance*, *inventory* dan *procurement*, c) Peningkatan kompetensi teknis dan manajerial personel secara berkelanjutan

Akhirnya, dapat disimpulkan bahwa masalah integrasi sistem perbaikan dan pengadaan bukanlah sekadar masalah prosedur, melainkan tantangan strategis yang bersifat multidimensi dan harus dijawab melalui pendekatan yang sistematis, partisipatif dan berbasis data. Upaya digitalisasi tanpa perbaikan koordinasi dan SDM hanya akan menciptakan efisiensi semu. Oleh karena itu, solusi integratif yang menyentuh akar permasalahan di tingkat perencanaan, organisasi dan sumber daya manusia adalah kunci keberhasilan reformasi sistem logistik militer Indonesia di masa depan. (Mietzner, 2009)

DAFTAR PUSTAKA

- Afify, I. H., Mohib, A., El-kamash, A. M., & Mahmoud, M. A. (2019). A new framework of reliability centered maintenance. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 13(3), 175–190.
- Alqahtani, F. M., Noman, M. A., Alabdulkarim, S. A., Alharkan, I., Alhaag, M. H., & Alessa, F. M. (2023). A new model for determining factors affecting human errors in manual assembly processes using Fuzzy Delphi and DEMATEL methods. *Symmetry*, 15(11), 1967.
- Arts, J. J. (2014). Spare parts planning and control for maintenance operations. In *Civil-Comp Proceedings* (Vol. 104, Issue 2013). <https://doi.org/10.4203/ccp.104.301>
- Bhanot, N., Qaiser, F. H., Alkahtani, M., & Rehman, A. U. (2020). An integrated decision-making approach for cause-and-effect analysis of sustainable manufacturing indicators. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su12041517>
- Carlson, C. S. (2012). *Effective FMEAs: achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis*. John Wiley & Sons.
- da Silva, R. F., Melani, A. H. de A., Michalski, M. A. de C., & de Souza, G. F. M. (2023). Reliability and Risk Centered Maintenance: A Novel Method for Supporting Maintenance Management.

- Applied Sciences (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/app131910605>
- Gebauer, J., & Lee, F. (2008). Enterprise system flexibility and implementation strategies: aligning theory with evidence from a case study. *Information Systems Management*, 25(1), 71–82.
- Iyadunni Adewola Olaleye, Chukwunweike Mokogwu, Amarachi Queen Olufemi-Phillips, & Titilope Tosin Adewale. (2024). Optimizing procurement efficiency: Frameworks for data-driven cost reduction and strategic vendor management. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 12(2), 164–171. <https://doi.org/10.30574/msarr.2024.12.2.0192>
- Jawad, Z. N., & Balázs, V. (2024). Machine learning-driven optimization of enterprise resource planning (ERP) systems: a comprehensive review. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s43088-023-00460-y>
- Maharani, C., & Matthews, R. (2023). The Role of Offset in the Enduring Gestation of Indonesia's Strategic Industries. *Defence and Peace Economics*, 34(7), 981–1002. <https://doi.org/10.1080/10242694.2022.2065423>
- Mietzner, M. (2009). *Military politics, Islam, and the state in Indonesia: from turbulent transition to democratic consolidation*. Institute of Southeast Asian Studies.
- Millar, R. C. (2008). The role of reliability data bases in deploying CBM+, RCM and PHM with TLCSM. *IEEE Aerospace Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/AERO.2008.4526633>
- Modgil, S., & Sharma, S. (2016). Total productive maintenance, total quality management and operational performance An empirical study of Indian pharmaceutical industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22(4), 353–377. <https://doi.org/10.1108/JQME-10-2015-0048>
- P. Gallaher, M., C. O'Connor, A., L. Dettbarn, J., & T. Gilday, L. (2004). Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U . S . Capital Facilities Industry. *Nist*, 1–210.
- Prasetiyo, B., Riesnandar, E., & Nendya, B. (2024). Modernisasi Alat Utama Sistem Senjata TNI dalam Mendukung Tugas TNI AL. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 24(3), 2288–2301.
- Process, G., Opinion, E., & Cuece, I. U. (1974). *Delphi Assesment: Expert Opinion , Forecasting and Group Process*. April.
- Williams, J. J., & Ramaprasad, A. (1996). A taxonomy of critical success factors. *European Journal of Information Systems*, 5(4), 250–260. <https://doi.org/10.1057/ejis.1996.30>