

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pertahanan Negara menurut Undang-undang No.3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara adalah mempertahankan kedaulatan negara, menjaga keutuhan wilayah NKRI, dan keselamatan segenap bangsa Indonesia. Hal ini juga dituangkan pada undang-undang No.34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia.

Berdasarkan definisi pertahanan negara diatas, upaya dalam melakukan pertahanan negara membutuhkan peralatan pertahanan untuk mengimplementasikannya. Penerapan dalam pertahanan laut membutuhkan Kapal Perang sesuai pada Peraturan Menteri Pertahanan Nomor 6 tahun 2017 yang menyebutkan bahwa Kapal merupakan alat utama pertahanan.

Kemudian, pada buku petunjuk administrasi pembinaan pemeliharaan materiil platform kapal di lingkungan TNI Angkatan Laut (PUM-7.08) menyebutkan dalam rangka pelaksanaan tugas pokok TNI Angkatan Laut, diperlukan materiil alat yang siap dan handal dalam jumlah dan kondisi sesuai kebutuhan operasi laut yang merupakan syarat mutlak bagi berhasilnya tugas pokok. Untuk itu perlu adanya materiil yang siap dan handal, secara terencana, terarah dan terpadu, sehingga mampu menghasilkan materiil yang bernilai guna tinggi. Kemudian dalam Bujuknik tersebut juga menyebutkan bahwa kegiatan pembinaan pemeliharaan materiil sebagai salah satu upaya untuk menghasilkan materiil dengan nilai guna tinggi terhadap materiil alat maupun materiil pendukungnya. Untuk itu TNI Angkatan Laut dituntut harus mampu menyelenggarakan fungsi-fungsi pembinaan materiil dan dukungan logistik secara ekonomis, efektif dan efisien guna memperoleh kesiapan operasional alutsista dan materiil pendukung lainnya sesuai fungsi asasi masing-masing.

Merujuk pada hal tersebut diatas, dapat dikatakan bahwa dalam penyelenggaraan pertahanan di laut membutuhkan alat utama yaitu kapal perang dan dituntut memiliki kemampuan pemeliharaan. Dalam penelitian ini akan meneliti terkait sistem pemeliharaan guna meningkatkan *availability* mesin hybrid yang digunakan KRI kelas REM.

2.1 Landasan Teori

Pada bab ini peneliti akan menjelaskan mengenai teori yang akan digunakan dalam penelitian ini. Teori merupakan pedoman dan indikator bagi peneliti dalam mencapai hasil penelitian.

2.1.1 Teori *Availability*

Kesiapan (*availability*) adalah suatu kondisi mesin/peralatan yang siap digunakan baik secara kuantitas maupun kualitas untuk mendukung operasi. Menurut Renty (2014), *availability* adalah ukuran alternative dari kinerja system. *availability* tergantung pada keandalan dan maintainability. Untuk memprediksi *availability* sistem, dipengaruhi hal seperti berhenti karena mesin mengalami kerusakan suku cadang dan proses setting mesin. *Availability* adalah peluang suatu mesin dapat beroperasi walaupun pernah mengalami kerusakan dan telah diperbaiki pada kondisi operasi yang normal. Kesiapan (*availability*) dapat digunakan untuk mengukur efektivitas pemeliharaan yang dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, *availability* merupakan salah satu faktor yang menentukan tingkat efektivitas suatu mesin atau peralatan.

Terkait efektivitas, menurut Soekanto (2016:25) mengemukakan pengertian efektivitas adalah sejauh mana suatu sistem mencapai tujuan. Kemudian, Soewarno Handyaningrat (2008:38) mengemukakan pengertian efektivitas adalah mengukur tercapainya tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam penelitian ini, menggunakan metoda *overall equipment effectiveness* dimana *availability* merupakan salah satu indikator penentu pencapaian efektivitas.

2.1.2 Metoda *Overall Equipment Effectiveness*

Availability merupakan salah satu faktor perhitungan efektivitas menggunakan teori *overall equipment effectiveness*. Almeanazel (2010) mendefinisikan *Overall Equipment Effectiveness* merupakan hasil nyata suatu mesin/peralatan dengan hasil maksimum yang dapat dicapai sesuai spesifikasinya atau dapat dikatakan rasio *output* pada keadaan sebenarnya dari peralatan berbanding dengan *output* maksimum peralatan pada kondisi terbaik (Almeanazel, 2010)

Selain itu, Ida N dan Joko S (2014) menyebutkan bahwa OEE dapat digunakan untuk mengetahui kinerja mesin dan menganalisis faktor-faktor penyebab ketidakefektifan mesin yang mungkin terjadi. Reza MJ, et al. (2017) mengemukakan pengukuran OEE didasarkan pada pengukuran tiga rasio utama, yaitu: *availability (A)* untuk mengukur tingkat pengoperasian suatu mesin, *performance efficiency (PE)* untuk mengukur tingkat performa suatu mesin saat beroperasi, dan *rate of quality product (ROQP)* untuk mengukur ratio output aktual/produk yang dihasilkan mesin dengan ratio *output* sesuai spesifikasi.

Dalam pengukuran tiga rasio utama OEE, terdapat 6 parameter yang mempengaruhi yang disebut *six big losses*. Ida N & Joko S, 2014 menyebutkan bahwa enam parameter tersebut menimbulkan kerugian sehingga kinerja mesin menjadi rendah. penggolongan ketiga ratio pengukuran OEE kaitannya dengan parameter yang mempengaruhi, adalah sebagai berikut:

2.1.2.1 *Availability*

Adalah ratio rasio pemanfaatan waktu yang tersedia oleh mesin dan peralatan untuk beroperasi. *Availability* adalah rasio perbandingan dari *operation time* dengan *loading time* dimana pada *operation time* nilai downtime sudah dikurangkan (Saiful, et al., 2014). Berikut rumus untuk mengukur *availability*, yaitu:

$$A = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} = \frac{\text{Loading time} - \text{Downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (1)$$

Loading time adalah waktu yang tersedia dikurangi dengan *Downtime* mesin yang direncanakan. *Operation Time* adalah total waktu proses yang efektif.

Parameter kerugian *Availability*, terdiri dari:

- a. *Breakdown losses* yaitu kerusakan mesin yang tidak diprediksi sehingga mesin tidak beroperasi dan tidak ada output yang dihasilkan. (Saiful, et al., 2014). Rumusan *breakdown losses* sebagai berikut:

$$BL = \frac{\text{Total Breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (2)$$

- b. *Setup and adjustment losses (SAL)* yaitu kerugian karena pemasangan dan penyetelan (Saiful, et al., 2014). Hal ini disebabkan karena tidak ada suku cadang, operator/tenaga ahli, setup mesin, waktu pemanasan, dan sebagainya. Rumus yang digunakan adalah:

$$SAL = \frac{\text{Total setup and adjustment losses}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (3)$$

2.1.2.2 Performance Efficiency

Merupakan rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan atau mesin dalam menghasilkan produk. perhitungan *performance efficiency* terdapat tiga unsur, yaitu *Ideal cycle time* (waktu siklus ideal), *processed amount* (jumlah produk yang diproses), *operation time* (waktu operasi mesin) (Alfred, 2014). Rumus perhitungan, sebagai berikut:

$$PE = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Processed amount}}{\text{Operating time}} \times 100\% \quad (4)$$

Ideal Cycle Time adalah siklus waktu proses yang dapat dicapai dalam keadaan optimal.

Parameter *Performance efficiency*, terdiri dari:

a. *Idle and minor stoppage losses (IMSL)* disebabkan oleh kondisi seperti mesin mati sejenak, mesin macet, dan *idle time* dari mesin (Saiful, et al., 2014). Hal tersebut disebabkan karena filter BBM kotor, temperatur oli dan temperatur tinggi dan lain-lain, yang membuat beban mesin harus diturunkan. Rumus yang digunakan adalah:

$$IMSL = \frac{\text{Nonproductive time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (5)$$

b. *Reduced speed losses (RSL)* yaitu kerugian karena mesin tidak bekerja optimal disebabkan kecepatan aktual dibawah kecepatan mesin sesuai spesifikasinya (Saiful, et al., 2014). Rumus yang digunakan adalah:

$$RSL = \frac{\text{Actual processing time} - \text{ideal processing time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (6)$$

Rata-rata kecepatan mesin saat beroperasi mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain mesin atau peralatan) dan kecepatan operasi aktual.

2.1.2.3 *Rate of Quality Product*

Merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar (Saiful, et al., 2014). Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah:

$$ROQP = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100\% \quad (7)$$

Parameter *rate of quality product*, terdiri dari:

a. *Process defect losses* adalah pengaruh operasi Kapal terhadap kondisi Material. yaitu akibat operasi yang terus menerus membuat

mesin bekerja terus-menerus sehingga mempengaruhi kondisi material (Limantoro & Felecia, 2013). Rumus penghitungan untuk *process defect losses* adalah:

$$Process\ defect\ losses = \frac{ICT \times Total\ process\ defect}{Loading\ time} \times 100\% \quad (8)$$

b. *Reduced yield losses* adalah Kerugian yang timbul akibat kondisi operasi yang tidak stabil, hal ini dikarenakan setting peralatan yang tidak sesuai oleh operator yang mempengaruhi operasional mesin. sesuai Limantoro & Felecia, 2013, Rumus yang digunakan adalah:

$$RYL = \frac{ICT \times Total\ reduced\ yield}{Loading\ time} \times 100\% \quad (9)$$

2.1.2.4 Penentuan Nilai OEE

Nilai OEE diperoleh dengan mengalikan ketiga rasio utama tersebut (Saiful, et al., 2014). Rumusan yang digunakan adalah:

$$OEE = A \times PE \times ROQP \quad (10)$$

Menurut Boban, 2013. Standar *world class* sesuai JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), untuk nilai OEE hasil dari setiap parameter adalah 85%. Seperti terlihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.1. Standar OEE	
Parameter utama	World Class
Availability	90 %
Performance	95 %
Quality	99,9 %
Nilai OEE	85 %

Sumber. Boban (2013)

Secara global *Overall Equipment Efektiveness* dapat digambarkan sesuai tabel 2 dibawah:

Tabel 2.2. OEE dan Parameter

Overall Equipment Effectiveness (85%)					
Availability (90%)		Performance (95%)		Quality (99,9%)	
Downtime losses		Speed Losses		Defect Losses	
Breakdown losses	Setup & Adjustment	Idling & Minor Stopages	Reduce Speed	Reduce Yield	Process defect losses
Six Big Losses					

Sumber. Ida N & Joko S, 2014

2.1.2.5 Penentuan State (Status) Mesin Berdasarkan Nilai OEE

Penentuan status dari suatu sistem perlu dilakukan untuk mengidentifikasi suatu kemungkinan sebagai bahan awal perhitungan metode *markovian decision process*. Penentuan state (status) mesin berdasarkan hasil perhitungan OEE sesuai tabel dibawah.

Tabel 2.3. penentuan state dalam perhitungan *Markov desicion process*

NO	NILAI OEE (%)	KONDISI
1	85,01 s/d 100	Sempurna (Baik)
2	60,01 s/d 85	Kelas Dunia (Kerusakan Ringan)
3	40,01 s/d 60	Wajar (Kerusakan Sedang)
4	0 s/d 40	Rendah (Kerusakan Berat)

Sumber. Malik & Hamsal, 2013

Keterangan tabel diatas, sebagai berikut:

- a. Kondisi Baik. Nilai rasio OEE 85,01% sampai dengan 100%. Pada kondisi ini, target operasional terlaksana sesuai ketentuan.
- b. Kondisi Kerusakan Ringan. Nilai rasio OEE 60,01% sampai dengan 85%. Pada kondisi ini merupakan tingkat global dan menjadi target jangka panjang.
- c. Kondisi Kerusakan Sedang. Nilai rasio OEE 40,01% sampai dengan 60%. Pada kondisi ini proses operasional terindikasi banyak ruang perbaikan yang harus dilakukan.

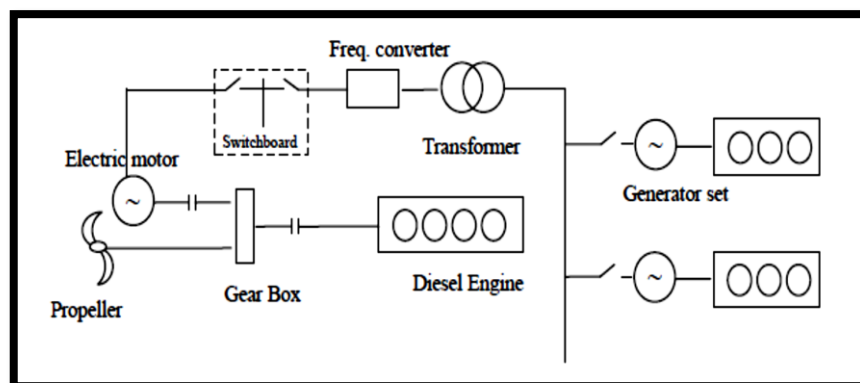
d. Kondisi Kerusakan Berat. Nilai rasio OEE 0% sampai dengan 40%. Pada kondisi ini proses operasional terhenti, waktu perbaikan (downtime) relatif lama.

2.1.3 Mesin Hybrid

Samuel S (2020) mendefinisikan Mesin Hybrid merupakan mesin yang menggunakan 2 jenis mesin dengan sumber energi yang berbeda. Dimana mesin menghasilkan output berupa *torsi* yaitu tenaga dalam bentuk putaran (S.W. Adji, 2006). Dalam penelitian ini mesin hybrid yang akan dibahas adalah penggunaan tenaga listrik atau tenaga diesel sebagai pendorong pokok pada Kapal Perang Republik Indonesia. Andi H dkk, 2015 menyebutkan operasional propulsi dengan mesin hybrid, memiliki beberapa keuntungan yaitu:

- a. propeller dapat digerakkan langsung melalui motor diesel layaknya sistem propulsi kapal konvensional;
- b. propeller dapat digerakkan langsung oleh motor listrik yang energinya bersumber dari baterai penyimpan, pengisian baterai dari diesel generator atau sumber energi lain.

Gambaran umum komponen utama mesin hybrid antara tenaga listrik dengan diesel dapat dilihat pada gambar dibawah.



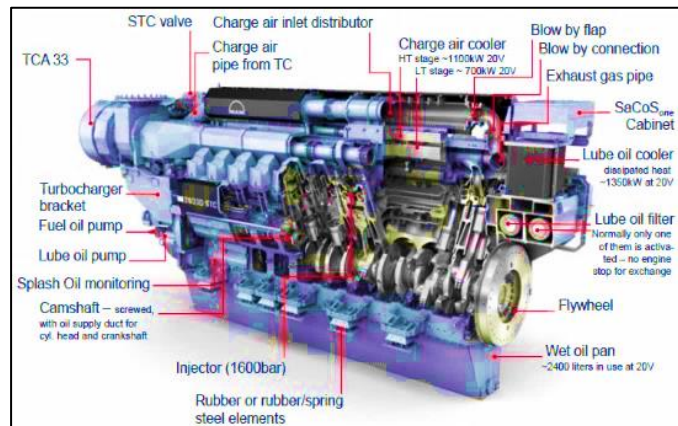
Gambar 2.1. Komponen utama sistem propulsi hybrid
Sumber. Andi HM, dkk, 2015.

2.1.3.1 *Electric Motor Propulsion*

H.D. McGeorge, (1993) menjelaskan bahwa *Electric Motor Propulsion* adalah sistem pada kapal yang menggunakan generator set sebagai mesin penggerak menggantikan mesin utama, dimana dalam hal ini generator dihubungkan ke *switchboard*, dan aliran listrik diteruskan ke *transformer*, kemudian dikonversi dengan menggunakan konverter ke motor elektrik yang menggerakkan baling-baling kapal. Pada mulanya *electric-propulsion* menggunakan konstruksi motor DC tetapi hal ini kurang efisien karena konstruksi motor DC besar dan berat. Dan juga, Kapal harus memiliki dua sistem elektrik yang terpisah, satu untuk melayani penggerak utama dan satunya untuk melayani permesinan bantu.

2.1.3.2 *Diesel propulsion*

Motor diesel merupakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Prinsip kerja motor diesel adalah merubah energi kimia menjadi energi mekanis. Energi kimia di dapatkan melalui proses reaksi kimia (pembakaran) dari bahan bakar (solar) dan oksigen (udara) di dalam silinder (ruang bakar). Prinsip kerja mesin diesel yaitu tekanan kerja hasil pembakaran di ruang bakar akan menekan piston yang dihubungkan dengan *connecting rod* dan mendistribusikan ke *crankshaft* yang bergerak secara bolak-balik (*reciprocating*). Gerak bolak-balik piston diubah menjadi gerak rotasi oleh *crankshaft*. Sehingga menghasilkan kerja mekanik. Energi gerak berupa Torsi yang dihasilkan oleh mesin diesel diteruskan ke sistem transmisi pendorongan kapal untuk menggerakkan Propeller (S.W. Adji, 2006).



Gambar 2.2. Mesin Diesel Engine MAN 20 V 28 33 D STC PKR Klass
Sumber. Bahan Paparan ABK KRI PKR Klass

Sistem pendorongan di KRI REM Klass menggunakan sistem *Combine Diesel or Electric Motor* (CODOE) yaitu dengan sistem penggerak menggunakan *propulsion diesel engine* (PDE) atau propulsi motor listrik.

2.1.4 Pemeliharaan

Pengoperasian suatu mesin seiring berjalannya waktu akan membuat penurunan kondisi, penurunan kondisi mesin inilah yang nantinya akan berpengaruh kepada efektivitas mesin. Oleh karena itu, pemeliharaan penting untuk dilaksanakan baik terencana maupun bersifat kondisional untuk mempertahankan atau juga meningkatkan performa mesin.

Definisi pemeliharaan menurut Ansori dan Mustajib (2013) adalah sebagai konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awal. Kemudian Asgara & Hartono, 2014 menyebutkan, pemeliharaan secara garis besar dilakukan untuk mencegah kerusakan mesin/peralatan yang digunakan, namun proses pemeliharaan harus efektif, efisien, serta biaya rendah. Manfaat melaksanakan pemeliharaan dengan baik, akan memberikan keuntungan, seperti: menjaga kesiapan mesin, penghematan biaya pemeliharaan, memperpanjang usia mesin, mengoptimalkan suku cadang, memberikan faktor keamanan pada anggota dan mengurangi efek kerusakan terhadap pesawat pendukung lainnya.

Dalam pelaksanaan pemeliharaan mesin, terdapat dua kegiatan yang dilaksanakan yaitu perawatan mesin yang sifatnya direncanakan dan perbaikan mesin yang sifatnya situasional. Kegiatan pemeliharaan mesin memiliki 2 target yang ingin dicapai yaitu mempertahankan kondisi mesin agar berfungsi dengan baik yang membuat suku cadang mesin dapat berfungsi sesuai umur ekonomisnya dan tercapainya tindakan perbaikan sesuai usia pakai dari mesin.

Menurut Shin dan Jun (2015), Pemeliharaan adalah semua teknis dan tindakan manajerial yang ditentukan dalam jangka waktu penggunaan peralatan atau mesin untuk mempertahankan atau mengembalikan fungsinya. Kemudian, tujuan pemeliharaan mesin menurut Hasriyono (2009) adalah untuk memperpanjang usia atau umur mesin, menjamin mesin dalam kondisi optimal juga menjamin kesiapan operasional dari mesin. Terkait dengan tujuan pemeliharaan tersebut, terdapat beberapa jenis pemeliharaan, yaitu:

2.1.4.1 Pemeliharaan Terencana

Menurut Hasriyono (2009), pemeliharaan terencana adalah pemeliharaan terorganisir yang dilakukan untuk periode selanjutnya, pengendalian serta pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Pelaksanaan pemeliharaan terencana memberikan keuntungan sebagai berikut:

- a. Pengurangan pemeliharaan darurat.
- b. Pengurangan waktu nganggur.
- c. Menaikkan ketersediaan (availability) untuk produksi.
- d. Meningkatkan penggunaan tenaga kerja untuk pemeliharaan dan produksi.
- e. Pengurangan penggantian suku cadang.
- f. Meningkatkan efisiensi mesin/peralatan.

Pemeliharaan terencana harus dilaksanakan dengan pengawasan dan pengendalian yang baik, karena input dari pemeliharaan terencana berasal dari output pengawasan berupa jurnal, laporan dan lain-lain yang memberikan informasi tentang riwayat mesin. Menurut Denso (2006) Terdapat tiga pelaksanaan pemeliharaan terencana yaitu:

a. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan pencegahan adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu yang digunakan dalam proses produksi. Sesuai Keputusan Kasal Nomor Kep/1232/VI/2016 tanggal 13 Juni 2016 tentang buku petunjuk pelaksanaan pemeliharaan kapal TNI AL (PUM 7.101), Preventive maintenance adalah kegiatan perawatan yang bersifat pencegahan untuk mempertahankan kesiapan dan peningkatan kemampuan.

b. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Corrective Maintenance (Pemeliharaan Perbaikan) adalah suatu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada mesin atau peralatan produksi.

c. *Predictive Maintenance*

Predictive Maintenance adalah suatu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sesuai waktu yang sudah ditentukan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data proses produksi. Predictive maintenance adalah pemeliharaan yang akan dilaksanakan sesuai prediksi mesin tersebut akan dilaksanakan perbaikan berdasarkan data lifetime material, jam putar operasi pesawat yaitu pada jam putar beberapa mesin tersebut diprediksi akan dilaksanakan pemeliharaan dan lain-lain.

2.1.4.2 Pemeliharaan Tidak Terencana

Sesuai Keputusan Kasal Nomor Kep/1232/VI/2016 tanggal 13 Juni 2016 tentang buku petunjuk pelaksanaan pemeliharaan kapal TNI AL (PUM 7.101), Pemeliharaan Kapal Tidak Terencana/Pemeliharaan Darurat (Hardar) merupakan pemeliharaan kapal yang diselenggarakan di luar pemeliharaan terencana, yakni kegiatan yang bersifat perbaikan (korektif) untuk mengembalikan materiil kepada kondisi siap pakai.

Kemudian menurut Denso (2006) menyebutkan bahwa pemeliharaan tak terencana pada umumnya berupa breakdown atau kondisi mesin atau peralatan produksi mengalami penurunan performance. Melalui perawatan tak terencana diharapkan dapat memperpanjang umur dari mesin atau peralatan dan memperkecil frekuensi kerusakan. Jaqin (2011) juga menyebutkan pada pemeliharaan tidak terencana hanya dilakukan emergency maintenance yaitu pemeliharaan yang dilakukan seketika ketika mesin mengalami kerusakan yang tidak terdeteksi sebelumnya.

2.1.4.3 Pemeliharaan Mandiri

Pemeliharaan mandiri adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan operator guna mengembangkan SDM dan pemenuhan sarana prasarana pemeliharaan. Sehingga operator berperan aktif dalam pengawasan, pengendalian dan pemeliharaan serta perbaikan mesin. Kegiatan yang dilakukan operator tersebut seperti, pembersihan, pelumasan, pengencangan mur/baut, pengecekan harian, pendeteksian penyimpangan, dan reparasi sederhana. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan operator yang mampu mendeteksi berbagai sinyal dari kerugian (Hasriyono, 2009). Pada pemeliharaan di Kapal perang, sesuai Keputusan Kasal Nomor Kep/1232/VI/2016 tanggal 13 Juni 2016 tentang buku petunjuk pelaksanaan pemeliharaan kapal TNI AL (PUM 7.101), pemeliharaan mandiri ini dikenal dengan pemeliharaan organik

yaitu pemeliharaan yang dilaksanakan setiap saat, berdasarkan jam putar/periode waktu tertentu dan dilaksanakan oleh Anak Buah Kapal (ABK) bertujuan untuk mempertahankan agar kondisi peralatan/pesawat tersebut dapat beroperasi dan digunakan sebagaimana mestinya dengan resiko kerusakan seminimal mungkin.

Berdasarkan Penjelasan diatas tentang definisi, tujuan dan jenis-jenis pelaksanaan pemeliharaan mesin, maka jelas bahwa pemeliharaan merupakan suatu upaya dalam menjaga dan mempertahankan efektivitas mesin dalam hal ketersediaan waktu, performa dan output yang ingin dicapai. Selain itu, pemeliharaan yang baik dapat memberikan nilai ekonomis dengan menekan biaya pemeliharaan dan mempertahankan reliabilitas mesin.

2.1.5 Pemodelan

Mahmud Achmad (2008: 1) mendefinisikan bahwa model adalah representasi dari suatu objek, benda, atau ide-ide dalam bentuk yang disederhanakan dari kondisi atau fenomena alam. Model berisi informasi-informasi tentang suatu fenomena yang dibuat dengan tujuan untuk mempelajari fenomena sistem yang sebenarnya. Model dapat merupakan tiruan dari suatu benda, sistem atau kejadian yang sesungguhnya yang hanya berisi informasi-informasi yang dianggap penting untuk ditelaah. Mahmud Achmad juga menambahkan bahwa Model sistem adalah alat yang kita gunakan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang sistem tanpa melakukan percobaan.

Menurut Severin and Tankard, (2008), Model didefinisikan sebagai representasi dunia nyata dalam bentuk yang teoretis dan disederhanakan. Model bukan alat untuk menjelaskan, tapi bisa digunakan untuk membantu merumuskan teori. Model menyiratkan suatu hubungan yang sering dikacaukan dengan teori karena hubungan antara model dengan teori begitu dekat. Model memberi kerangka kerja yang bisa digunakan untuk

mempertimbangkan satu masalah meskipun dalam versi awalnya model tidak akan membawa kita menuju prediksi yang berhasil.

Selanjutnya, menurut Abimanyu et. al (2008:311) menyatakan bahwa model diartikan sebagai kerangka konseptual yang digunakan dalam melakukan sesuai kegiatan. Kemudian, Suprijono (2009:45) berpendapat bahwa “model adalah bentuk representasi akurat sebagai proses aktual yang memungkinkan seseorang atau sekelompok orang mencoba bertindak berdasarkan model itu.

Berdasarkan definisi-definisi diatas, peneliti dapat menyederhanakan bahwa pemodelan adalah merepresentasikan suatu objek dari bentuk yang disederhanakan pada suatu kondisi menjadi sebuah pola atau kerangka konseptual yang berisi informasi-informasi penting untuk menjawab suatu pertanyaan yang dapat dijadikan pedoman. Pemodelan dalam penelitian ini lebih mendekati pada pemodelan empiris, dimana pemodelan dirumuskan berdasarkan data-data dari kondisi objektif yang ada di lapangan. Penelitian ini memodelkan suatu proses pemeliharaan pada mesin *hybrid* untuk mengukur efektivitas mesin hybrid saat penggunaan mesin diesel propulsi atau motor listrik propulsi untuk sistem pemeliharaan yang paling efektif dari mesin hybrid.

Selanjutnya Menurut Deutsch dalam Severin and Tankard (2008), fungsi model adalah:

- a. Mengorganisasi, yakni mengatur dan menghubungkan data yang tidak terlihat sebelumnya.
- b. Heuristic, yakni memberi kemungkinan menuju metode baru yang belum dikenal.
- c. Prediktif, yakni melakukan prediksi yang bersifat kuantitatif mengenai kapan dan seberapa banyak.

- d. Pengukuran, data yang diperoleh dengan bantuan sebuah model bisa menjadi suatu ukuran baik sekedar ranking atau sekala rasio penuh.

Sesuai fungsi Model diatas, pada penelitian ini peneliti menggunakan 2 fungsi model yaitu prediktif dan pengukuran.

2.1.6 Reliabilitas

Menurut Heize, Jay and Barry Render. (2011) reliabilitas adalah peluang berfungsinya mesin atau produk secara laik dalam waktu dan kondisi tertentu. kemudian E. ebeling (2003) mendefinisikan reliabilitas sebagai probabilitas suatu sistem dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan. Berdasarkan definisi-definisi yang sudah dijelaskan, reliabilitas adalah besaran peluang suatu sistem dapat bekerja sesuai fungsinya dengan baik pada kondisi dan waktu tertentu.

Mesin hybrid dalam penelitian ini adalah mesin diesel atau motor listrik propulsi terdiri dari beberapa komponen yang bekerja saling mendukung sesuai fungsinya. Jika terdapat salah satu komponen yang gagal berfungsi maka menyebabkan seluruh sistem tidak dapat berjalan. untuk itu perlu dilakukan pengukuran reliabilitas suatu sistem menggunakan rantai Markov, menurut Balakrishnan (2001) adalah sebagai berikut:

$$R(n) = [\pi_1(n) \quad \pi_2(n)] \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix}^n \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Nilai $n=1$ adalah mesin dalam kondisi baik yaitu keandalan/reliabilitas mesin sangat baik sehingga dapat dikatakan $R(0)=1$.

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang digunakan untuk mendukung penelitian ini yakni

a. Penelitian yang berjudul *Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE)* pada mesin Caterpillar type 3512B di PT. PLN (Persero) UP PLTD bagan besar PLTD Bengkulu dilakukan oleh Khoirul Hafiz, Erwin Martianis pada tahun 2019. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur tingkat efektivitas kerja mesin dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* yang melibatkan pengukuran tingkat efektivitas waktu, tingkat kinerja mesin, serta tingkat kualitas produk yang dihasilkan. Hasil yang dicapai dari penelitian ini adalah PLN (Persero) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkulu pada Periode Desember 2018 sampai Maret 2019 belum memenuhi nilai Word Class Ideal OEE dengan nilai persentase di bawah 85%.

b. Judul penelitian "*Root Cause Analysis and Overall Equipment Effectiveness of Press Machine in line H and Hirac at PT. XYZ*" oleh Lina Gozali, Vania, Frans Yusuf Daywin, Carla Olyvia Doaly (2020) dari *Industrial Engineering Department*, Universitas Tarumanagara Jakarta.

Makalah ini bertujuan untuk menganalisis departemen perawatan mesin yang menggunakan *Root Cause Analysis (RCA)*, *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, dan *HIRAC*. Hasil analisis data menunjukkan bahwa perusahaan harus melakukan pemeliharaan preventif secara konsisten untuk mengurangi penghentian jalur di Jalur H. jalur H merupakan lini produksi kritis dari perusahaan.

c. Penelitian berjudul "*Improvement of Overall Equipment Effectiveness of machining centre using TPM*" tahun 2019 oleh M. Suryaprakash, M. Gomathi Prabha, M. Yuvaraja, R.V. Rishi Revanth dari Department of Mechanical Engineering, PSG College of Technology, Coimbatore 641004, India. Penelitian ini menyajikan studi kasus tentang peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) peralatan di perusahaan manufaktur yang memproduksi

steering housing serta menentukan dan mengatasi aspek yang menjadi penghalang dalam penerapan Total Productive Maintenance (TPM) di bengkel mesin. Hasil yang didapatkan adalah Tingkat OEE saat ini untuk mesin tersebut sebesar 54,09%.

d. Penelitian dilakukan oleh Haibo Jin, Fangwei Han dan Yu Sang dari Liaoning Technique University, Huludao, China. Judul penelitian adalah "*An optimal maintenance strategy for multi-state deterioration systems based on a semi-Markov decision process coupled with simulation technique*". Dalam penelitian ini model proses deteriorasi sistem multi-state dengan properti multi-fasa dibangun dengan memanfaatkan teori keputusan semi-Markov dan sistem persamaan integral linier. Strategi pemeliharaan yang efisien dikembangkan dengan tujuan memaksimalkan pendapatan bersih per unit periode berdasarkan teknik simulasi.

e. Penelitian berjudul "*A Monte Carlo approach to the ship-centric Markov decision process for analyzing decisions over converting a containership to LNG power*" oleh Austin A. Kanaa dan Brandon M. Harrisonb (2017) dari *Faculty of Mechanical, Maritime, and Materials Engineering, Delft University of Technology, Mekelweg The Netherlands* dan *Department of Naval Architecture and Marine Engineering, University of Michigan, USA*. Penelitian ini merupakan Pendekatan Monte Carlo untuk proses keputusan Markov yang berpusat pada kapal (SC-MDP) disajikan untuk menganalisis apakah kapal kontainer harus dikonversi ke tenaga LNG dalam menghadapi peraturan Area Kontrol Emisi yang terus berkembang. Penelitian ini menggunakan Studi kasus untuk menunjukkan bagaimana variasi dalam parameter yang tidak pasti dapat memiliki pengaruh yang drastis pada strategi pengambilan keputusan yang optimal.

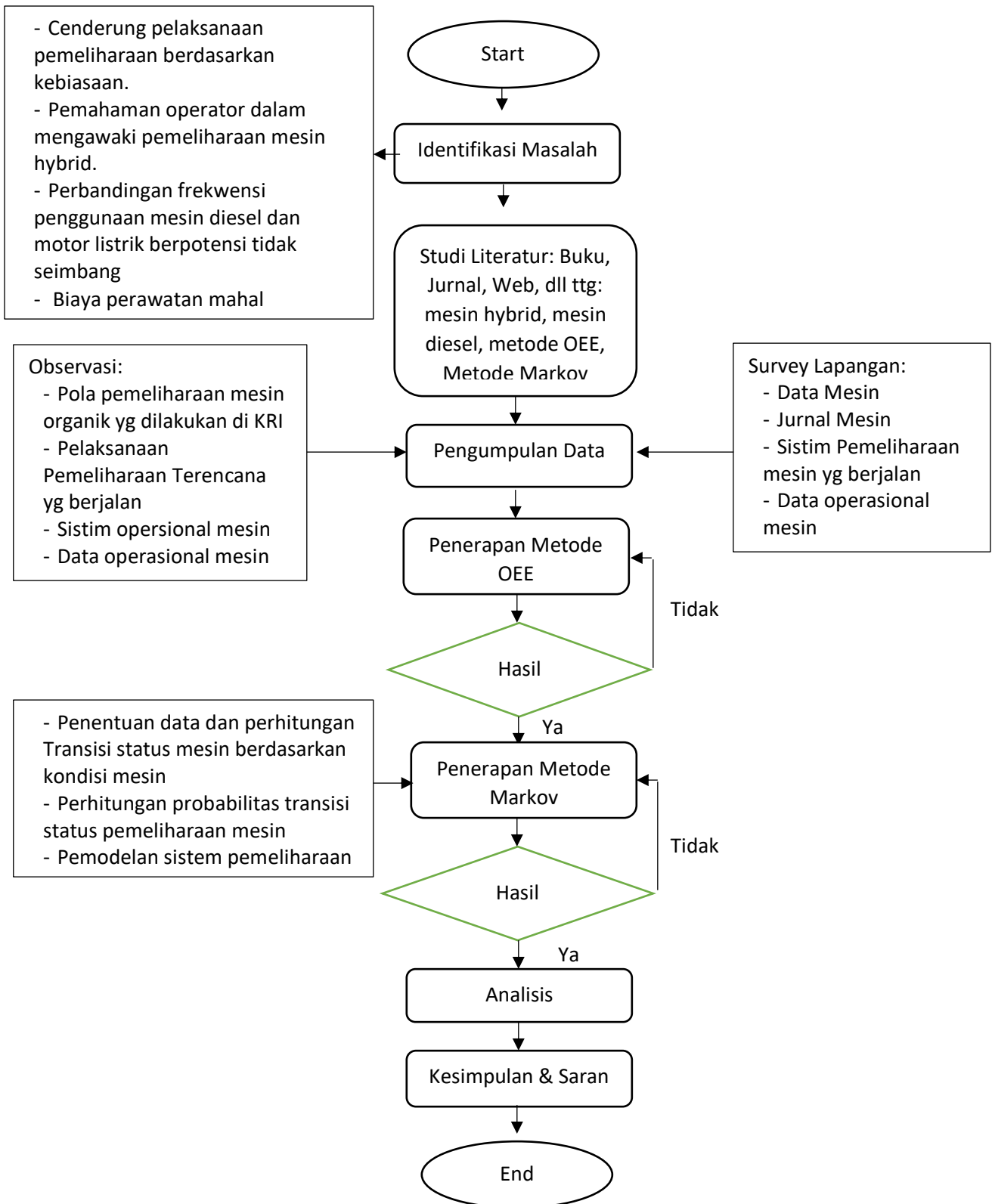
Tabel 2.4. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu

NO	JURNAL	METODE	HASIL	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	Khoirul Hafiz, Erwin Martianis (2019). Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada mesin Caterpillar type 3512B di PT. PLN (Persero) UP PLTD bagan besar PLTD Bengkulu.	metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)	PLN (Persero) ULPLTD Bagan Besar PLTD Bengkulu pada Periode Desember 2018 sampai Maret 2019 belum memenuhi nilai Word Class Ideal OEE dengan nilai persentase di bawah 85%	Penggunaan Metode OEE	Penelitian dilakukan pada mesin Caterpillar type 3512B di PT. PLN
2	<i>Austin dan Brandon (2017). A Monte Carlo approach to the ship-centric Markov decision process for analyzing decisions over converting a containership to LNG power</i>	Pendekatan Monte Carlo untuk proses keputusan Markov	variasi dalam parameter yang tidak pasti dapat memiliki pengaruh yang drastis pada strategi pengambilan keputusan yang optimal.	Penggunaan Metode <i>Markov Decision Process (MDP)</i>	Penentuan keputusan tentang konversi kapal kontainer ke tenaga LNG
3	<i>Suryaprakash. et. al. (2019) Improvement of Overall Equipment Effectiveness of machining centre using TPM</i>	Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dengan penerapan	Tingkat OEE saat ini untuk mesin tersebut sebesar 54,09%	Penggunaan Metode OEE	Kombinasi Metode OEE dengan penerapan TPM

		<i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>			
4	Haibo Jin, et. al. (2020). <i>An optimal maintenance strategy for multi-state deterioration systems based on a semi-Markov decision process coupled with simulation technique</i> (Jurnal, 2020)	model proses deteriorasi sistem multi-state dengan properti multi-fasa dibangun dengan memanfaatkan teori keputusan semi-Markov dan sistem persamaan integral linier	memaksimalkan pendapatan bersih per unit periode berdasarkan teknik simulasi	Penggunaan Metode Markov Decision Process (MDP)	Kombinasi metode MDP dengan persamaan integral linear
5	Lina Gozali, et. Al. 2020. <i>Root Cause Analysis and Ooverall Equipment Effectiveness of Press Machine in line H and Hirac at PT. XYZ</i>	Root Cause Analysis (RCA), Overall Equipment Effectiveness (OEE), dan HIRAC	perusahaan harus melakukan pemeliharaan preventif secara konsisten untuk mengurangi penghentian jalur di Jalur H. jalur H merupakan lini produksi kritis dari perusahaan	Penggunaan Metode OEE	Penggunaan kombinasi Metode RCA, Hirac dan OEE

Sumber. Diolah oleh peneliti

2.3 Kerangka Pemikiran



2.4 Hipotesis

Dalam suatu penelitian, peneliti perlu membuat suatu prediksi terhadap arah dari penelitiannya yang merupakan jawaban sementara dari peneliti yang perlu diuji. Menurut Zikmund (1997), hipotesis adalah dugaan/proposisi yang belum diuji kebenarannya dalam menjawab sebuah fakta atau kejadian dimana jawaban dari permasalahan terdapat kemungkinan yang begitu banyak. Kemudian menurut Sugiyono (2016: 51) Hipotesis adalah merupakan suatu jawaban sementara untuk pernyataan yang tentatif atau dugaan yang mungkin benar atau salah. Dia akan ditolak jika salah, dan akan diterima jika fakta-fakta membenarkannya.

Pada penelitian ini, hipotesis yang dibuat sebagai pernyataan/jawaban sementara adalah sebagai berikut:

- a. Sistem pemeliharaan berpengaruh terhadap *availability* mesin hybrid.
- b. Pemodelan sistem pemeliharaan sangat efektif untuk peningkatan *availability* mesin hybrid.