

SKRIPSI
SISTEM PERAWATAN MESIN PENGGERAK KAPAL IKAN BERBASIS
KEANDALAN

Disusun dan diajukan oleh

USLARAHMAYANA
D331 15 009



DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2022

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul: Sistem perawatan mesin penggerak kapal ikan berbasis keandalan

Disusun oleh:

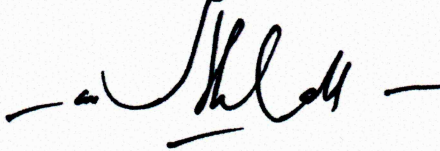
Nama: Uslarahmayana

D331 15 009

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 27 Januari 2022

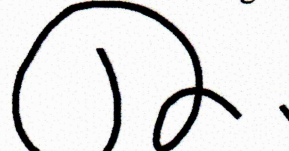
Pembimbing I



Surya Hariyanto. ST., MT.

NIP. 197107022000121001

Pembimbing II



Muhammad Iqbal Nikmatullah. ST., MT.

NIP. 198701312019031007

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr.Eng Faisal Mahmuddin. ST., M.Inf.Tech., M.Eng

NIP. 198102112005011003

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul skripsi : Sistem perawatan mesin penggerak kapal ikan
berbasis keandalan

Nama mahasiswa : Uslarahmayana

Nim : D33115009



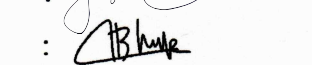
Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Teknik Sistem Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 27 Januari 2022

Panitia ujian sarjana

Ketua : Surya haryanto, ST., MT.

Sekretaris : Muhammad Iqbal Nikmatullah, ST., MT.

Anggota : Dr. Eng. Faizal, ST., M.Inf., Tech, M. Eng
Baharuddin, ST., MT.

-: -  -
: .
: .
:

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan


Dr.Eng Faisal Mahmuddin. ST.. M.Inf.Tech.. M.Eng

NIP. 198102112005011003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Uslarahmayana

NIM : D331 15 009

Departement : Teknik Sistem Perkapalan

dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul :

SISTEM PERAWATAN MESIN PENGGERAK KAPAL IKAN BERBASIS KEANDALAN

adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Makassar, 27 Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



Uslarahmayana

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat-Nya dan hidayah-Nyalah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem perawatan mesin penggerak kapal ikan berbasis keandalan” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar.

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Semesta Alam, Tuhan Yang Maha Suci yang Agung yang tidak ada sekutu bagiNya Allah SWT atas berkah dan rahmatNyalah kita masih diberi kesempatan untuk melaksanakan apa yang diperintahkan dan apa yang dilarangnya. Salawat dan salam tetap tercurahkan kepada manusia terbaik sejagat raya, manusia yang paling dikasihi oleh Allah SWT, Muhammad SAW.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, secara moril maupun materil. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Dr. Eng. Faizal Mahmuddin, ST., M.Inf., Tech, M. Eng selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
2. Surya Hariyanto, ST., MT. dan Muhammad Iqbal Nikmatullah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang senang tiasa meluangkan waktu, tempat dan materil untuk selalu memberikan saran, motivasi dan masukan kepada penulis.
3. Dr. Eng. Faizal Mahmuddin, ST., M.Inf., Tech, M. Eng dan Baharuddin, ST., MT. selaku dosen penguji.
4. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan.
5. Pak rahman selaku Staf Administrasi Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah mempermudah pengusulan ujian penulis.
6. Usman dan Rohmawati selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan yang tiada tara sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan baik.

7. Ade khantari, Juhaena, Astuti, mesya, dan hasdar sebagai keluarga penulis yang telah memberikan motivasi agar tetap bersemangat kuliah.
8. Hanarwati, Arfah, Junaiadi, Hatira selaku om dan tante yang selalu memotivasi diriku dalam penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman angkatan 2015 Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah banyak memberikan dukungan moril.
10. Senior, teman dan adik-adik Kerukunan Keluarga Mahasiswa Universitas Hasanuddin yang telah mengajarkan yang namanya kekeluargaan.

Penulis menyadari bahwa selama proses penelitian sampai pada penyusunan skripsi, banyak kesulitan dan hambatan yang dihadapi. Namun, penulis banyak belajar mengenai hal tersebut. Tidak hanya terkait dengan tema skripsi, melainkan juga berbagai input dan nasihat dari berbagai pihak untuk pengembangan diri penulis. Penulis juga menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Makassar, November 2021

Uslarahmayana

ABSTRAK

Perawatan dan perbaikan motor diesel penggerak kapal merupakan salah satu kegiatan rutin permesinan yang dilakukan untuk kelancaran dan keselamatan kapal dalam pelayaran, bilamana permesinan tersebut tidak mengalami kerusakan. Kerusakan mesin penggerak kapal ikan dikabupaten sinjai pada umumnya menggunakan mesin mobil jenis mitshubishi yang layaknya digunakan didarat. Namun karna harga lebih murah jika dibandingkan dengan mesin khusus penggunaan dilaut (marine use), sehingga sangat rentan terhadap kerusakan komponen mesin akibat sistem pendingin dan pelumasan yang kurang sempurna, maka untuk mencegah kerusakan yang mungkin terjadi dibutuhkan perawatan rutin dan terjadwal. Berdasarkan data dan informasi diatas menunjukkan bahwa jenis kerusakan pada mesin non marine terjadi karna beralih fungsi dari darat kelaut kenyataan ini, maka penulis tertarik meneliti berbagai kerusakan pada penggunaan mesin penggerak kapal ikan. Keandalan didefenisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah diterapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang ditentukan. Dari metode ini kita dapat mengetahui bahwa kerusakan dari komponen sistem pendingin yang terdiri dari radiator, tutup radiator, kipas radiator pompa air, thermostat, upper hose lower hose, water temperatur sensor, resevoir tank, water dan water jacket itu memiliki interval waktu kerusakan sekitar 5 tahun dan dilakukan perbaikan kembali setelah kerusakan memerlukan interval waktu sekitar 10 tahun, Sedangkan pada metode kuantitatif ini dilakukan metode perhitungan nilai RBD (Reliability block diagram) yaitu untuk mengetahui besarnya nilai keandalan sistem pendingin secara keseluruhan dan digambarkan Reliability block diagram yaitu dalam bentuk seri dan paralel.

Kata kunci : *Mesin, Keandalan, Kapal Ikan, Perawatan, Sistem Pendingin*

ABSTRACT

Maintenance and repair of the diesel motor driving the ship is one of the routine machinery activities carried out for the smooth and safety of the ship in shipping, if the machinery is not damaged. Damage to the engine propulsion of fishing boats in Sinjai Regency generally uses Mitsubishi type car engines which are suitable for use on land. However, because the price is cheaper when compared to special machines for marine use, so they are very vulnerable to damage to engine components due to imperfect cooling and lubrication systems, to prevent possible damage, regular and scheduled maintenance is needed. Based on the data and information above, it shows that the type of damage to non-marine engines occurs due to switching functions from land to sea. This fact, the authors are interested in examining various damage to the use of fishing boat propulsion engines. Reliability is defined as the probability of an item to be able to carry out the functions that have been applied. under certain operating and environmental conditions for a specified period of time. From this method we can find out that the damage to the cooling system components consisting of the radiator, radiator cap, water pump radiator fan, thermostat, upper hose lower hose, water temperature sensor, reservoir tank, water and water jacket has a time interval of about 5 years and repairs are carried out after the damage requires a time interval of about 10 years, while in this quantitative method the RBD value calculation method (Reliability block diagram) is carried out, namely to determine the value of the reliability of the cooling system as a whole and depicted Reliability block diagrams in the form of series and parallel .

Keywords : *Engine, Reliability, Fishing Vessel, Maintenance, Cooling System*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
PERYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	5
BAB 2.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Konsep Dasar Keandalan	7
2.2 Sistem Perawatan (<i>Maintenance</i>)	8
2.3 Metode Perawatan.....	9
2.3.1 Plan maintenance system	9
2.3.2 Preventive Maintenance (Pemeliharaan Pencegahan).....	10
2.3.3 Corrective Maintenance (Pemeliharaan Perbaikan)	10
2.3.4 Predictive maintenance	10
2.3.5 Perawatan yang tidak direncanakan (<i>unplanned maintenance</i>)	10
2.4 Analisa Kualitatif	11
2.4.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	11
2.4.2 Perhitungan Nilai RPN	12
2.4.3 Fault Tree Analysis (FTA).....	12
2.5 Analisa Kuantitatif	14

2.5.1 Terminologi Reliability	15
2.5.2 Waktu Rata-rata Kegagalan (Mean Time To Failure / MTTF)	17
2.5.3 Reliability Block Diagram (RBD)	18
BAB 3.....	25
METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	25
3.1.1 Tempat/Lokasi Penelitian	25
3.1.2 Waktu Pengambilan Data Penelitian	25
3.2 Metode Penelitian	25
3.2.4 Analisa hasil data	26
3.2.5 Kesimpulan dan Saran.....	27
3.3 Kerangka Alur Penelitian	27
BAB 4.....	28
HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Prinsip Kerja Sistem Pendingin Mesin Mobil.....	28
4.2 Analisa Kualitatif	29
4.2.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	29
4.2.2 Fault Tree Analysis (FTA).....	30
4.3 Analisa Kuantitatif	33
4.3.1 Reliability Block Diagram	33
4.4 Interval waktu kerusakan dan interval waktu perbaikan.....	37
4.5 Interval waktu penggantian komponen mesin	37
BAB 5.....	38
KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
V.1.1 Perawatan mesin sistem pendingin	38
5.1.2 Interval waktu pengantian.....	38
5.1.3 Interval waktu pengantian.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	41
Gambar Dokumentasi Survey	42

Gambar Dokumentasi Survey	42
Gambar Dokumentasi Mesin Mengalami Kerusakan.....	43
Gambar Mesin Kapal Ikan	43
Gambar Komponen Mesin	44
Gambar Komponen Mesin	44
Gambar Dokumentasi Survey	45
Gambar Mesin Kapal Ikan	45
Gambar Mesin Kapal Ikan	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis-jenis metode perawatan berdasarkan waktu pelaksanaanya	9
Gambar 2. 2 Reliability Block Diagram	18
Gambar 3. 1 Kerangka Alur Penelitian	27
Gambar 4. 1 Diagram Sistem Pendingin Mesin kapal ikan	29
Gambar 4. 2 Diagram Nilai RPN Komponen Sistem Pendingin	30
Gambar 4. 3 Diagram Fault Tree Sistem Pendingin	31
Gambar 4. 4 Block Diagram Sistem Pendingin	33
Gambar 4. 5 Penyederhanaan Blok Diagram di bawah ini	36

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perawatan dan perbaikan motor diesel penggerak kapal merupakan salah satu kegiatan rutin permesinan yang dilakukan untuk kelancaran dan keselamatan kapal dalam pelayaran, bilamana permesinan tersebut tidak mengalami kerusakan. Kerusakan mesin penggerak kapal ikan dikabupaten sinjai pada umumnya menggunakan mesin mobil jenis mitshubishi yang layaknya digunakan didarat. Namun karna harga lebih murah jika dibandingkan dengan mesin khusus penggunaan dilaut (marine use), sehingga sangat rentan terhadap kerusakan komponen mesin akibat sistem pendingin dan pelumasan yang kurang sempurna, maka untuk mencegah kerusakan yang mungkin terjadi dibutuhkan perawatan rutin dan terjadwal. Perawatan dan perbaikan kerusakan motor diesel penggerak yang harus mendapat perhatian yang berhubungan dengan sistem pengoperasian antara lain: sistem transmisi daya, sistem air pendingin, sistem pelumas, sistem starting mesin, sistem bahan bakar dan sistem control dari masing- masing sistem terdiri dari berbagai/beberapa komponen yang memiliki prinsip kerjanya baik dalam satu sistem maupun komponen khusus dapat terpelihara dengan baik jika perawatan dapat berjalan dengan baik.[1]

Sistem perawatan yang terencana dan terjadwal dapat mengurangi resiko kerusakan yang berdampak pada biaya penggantian suku cadang dan kegiatan pengoperasian kapal tertunda atau berhenti perbaikan mesin penggerak kerap kali dilakukan saat kapal sedang dioperasikan atau pada saat kapal naik dok. Repair and maintenance, Docking merupakan jadwal pelaksanaan perawatan dan perbaikan kapal, melalui sistem perawatan yang terencana dan terjadwal selama pemilik mematuhi peraturan reparasi rutin baik terhadap lambung maupun permesinan perawatan mesin dan kapal adalah salah satu hal yang pebting untuk menjaga keberlangsungan dan menunjang tetap beroperasinya kapal.[1]

Kegiatan perawatan juga diperlukan untuk mempertahankan manajemen dan material sampai yang efisien pada suatu tingkat kondisi tertentu. Segala

macam kegiatan yang ditunjukkan untuk menjaga agar kapal selalu berada dalam kondisi baik laik laut dan dapat dioperasikan untuk pengangkutan laut pada setiap saat dengan kemampuan diatas kondisi minimum tertentu[2]

Struktur fungsional suatu perusahaan pelayaran dengan tegas memberikan tanggung- jawab "Perawatan dan Perbaikan Mesin Kapal" kepada Manajer Armada yang pelaksanaannya dibantu oleh beberapa Assisten Manajer. Manajer Armada bertanggung-jawab untuk memelihara agar kapal tetap layak laut, anak buah kapal lengkap dan diperlengkapi sertifikat-sertifikat serta siap berlayar menerima muatan. Manajer Armada harus dapat menetapkan Strategi Perawatan Kapal yang bagaimana yang akan dilaksanakan diatas kapal-kapalnya. Manajer armada harus merencanakan anggaran belanja untuk pemeliharaan dan perawatan serta bekerjasama dengan Manajemen kapal (Master, Chief Officer, Chief Engineer). Hal ini menunjukkan bahwa perawatan dan pemeliharaan kapal, permesinan, dan berbagai peralatan dan perlengkapan diperlukan kesamaan fisi dan misi antara operator kapal dengan manajemen perusahaan, agar penghematan biaya dapat tercapai.[3]

Salah satu upaya tersebut dapat dilakukan pada perawatan mesin penggerak pada kapal-kapal nelayan di kabupaten sinjai menggunakan mesin *non marine* yakni mesin mobil merk mitshubishi dari 4 silinder-6 silinder hal ini disebabkan karna mesin *non marine* ini harganya relatif murah dibandingkan dengan mesin marine use, mudah pengoprasiannya dan mudah diperoleh dengan menggunakan mesin bekas.[3]

Penggunaan mesin mesin tersebut dilakukan modifikasi sistem pendingin yakni sistem radiator dan menggunakan air tawar yan dinginkan dengan udara menjadi sistem pendingin aliran kontinu dari air laut.Kondisi seperti ini diduga dapat mempercepat proses kerusakan berbagai komponen mesin penggerak, karena selain karakteristik sistem pendingin mesin *land use* dengan *marine use* juga dapat disebabkan kerusakan akibat pelumasan mesin hanya diperuntukan kondisi statis menjadi tidak statis akibat pergerakan di laut.[4]

Perbedaan antara mesin marine dengan mesin non marine adalah ada pada sistem pendingin dan sistem pelumas mesin marine dengan

kemiringan yang dialami oleh kapal pada saat beroperasi di laut. Metode penelitian yang digunakan adalah bersifat eksperimental, yaitu menghitung performa mesin diesel dengan kondisi kemiringan berbeda. Kemiringan diasumsikan kondisi trim pada kapal. Pengujian dilakukan kondisi normal dan pada kemiringan 8° , 15° , 22° , dan 29° . Dari hasil perhitungan dan analisis diperoleh performa mesin pada kemiringan normal (0°), dimana secara umum terjadi peningkatan performa yaitu efisiensi volumetris ($\hat{I}\cdot\text{vol}$) 84,702 %, penyerapan panas oleh pendingin mesin (Q_{ap}) 2,357 (kW), kehilangan panas gas buang (Q_{gb}) 5,026 (kW), kerugian kalor mekanis (Q_m) 0,540 (kW) dan daya efektif (N_e) 2,19 (kW). Pada kemiringan 8° nilai daya efektif (N_e) adalah 11,10 kW. Disarankan batas kemiringan maksimum mesin diesel Mitsubishi 4DR5 sebagai penggerak kapal adalah kemiringan 8° . [5]

Kemiringan kemampuan pelumasan komponen mesin masih berfungsi optimal sementara mesin non marine bersifat statis sehingga bilamana terjadi kemiringan akibat kondisi laut maka secara pasti pelumasan tidak berfungsi optimal kedua hal tersebut diatas dapat menyebabkan umur dari beberapa komponen mesin mengalami umur yang lebih singkat atau mengalami kerusakan jenis kerusakan yang sering terjadi antara lain nozzle, filter pompa, metal duduk/jalan piston. [3]

Berdasarkan data dan informasi diatas menunjukkan bahwa jenis kerusakan pada mesin non marine terjadi karna beralih fungsi dari darat ke laut kenyataan ini, maka penulis tertarik meneliti berbagai kerusakan pada penggunaan mesin penggerak kapal ikan dengan judul **“SISTEM PERAWATAN MESIN PENGGERAK PADA KAPAL IKAN BERBASIS KEANDALAN**

Untuk menganalisis penyebab kerusakan mesin, data konkrit, dan mengetahui dasar kinerja mesin serta masa optimal mesin dioperasikan. Salah satu metode untuk menganalisis perawatan mesin itu adalah *reliability centered maintenance II (RCM II)* yaitu dapat mengetahui adanya komponen kritis pada mesin, menentukan penjadwalan atau interval waktu pemeliharaan mesin, dan menghitung keandalan mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan gambaran pada latar belakang di atas masalah dalam penelitian akan ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Komponen apa yang menjadi kritis pada sistem pendingin mesin penggerak kapal ikan yang memerlukan adanya pemeliharaan khusus?
2. Berapa interval waktu kerusakan dan interval waktu perbaikan yang optimal setiap terjadinya kerusakan pada komponen mesin penggerak?
3. Berapa interval waktu dibutuhkan pada penggantian komponen yang optimal?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup dan fokus kajian pada pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan data kerusakan mesin dalam periode 1 sd 2 tahun terakhir (2020 sd 2021)
2. Terfokus pada komponen sistem pendingin pada yang erring mengalami keruakan pada mein penggerak kapal ikan dari penggunaan mesin mobil.
3. Mengambil dua komponen dengan data *downtime* terbesar.
4. Tidak mempertimbangkan aspek biaya dalam menentukan mesin atau komponen yang akan dilakukan perawatan pencegahan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pernyataan rumusan masalah penelitian di atas, maka tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mengetahui komponen-komponen mesin penggerak kapal ikan yang mengalami kerusakan kritis.
2. Mengetahui interval waktu terjadinya kerusakan dan interval waktu perbaikan.
3. Mengetahui interval waktu penggantian komponen mesin yang mengalami kerusakan berdasarkan umur optimal.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Bagi peneliti: dapat menambah keilmuan dalam bidang perawatan mesin penggerak kapal perikanan.
2. Pengimplementasian keilmuan yang didapat di bangku perkuliahan pada realita pekerjaan industri.
3. Sebagai bahan referensi dan pertimbangan bagi pengguna (nelayan) mesin *land use* yang dijadikan tenaga penggerak utama kapal-kapal perikanan

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan penelitian ini, dierdasarkan pada kaidah penulisan ilmiah, sehingga sistematika disusun seperti berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang gambaran latarbelakang, sehingga kegiatan penelitian dan topik ini dipilih mencakup: latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, manfaat penelitian serta sistematika penulisan

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini; diuraikan tentang teori-teori dan atau referensi dan hasil penelitian sebelumnya berkaitan dengan masalah penelitian yang akan digunakan sebagai acuan penyelesaian masalah

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang uraian: tempat dan waktu dilakukan penelitaian, objek penelitian, metode pengambilan data, kerangka dan alur penelitian, digunakan, dan metode analisis.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dari penelitian dan survey lapangan

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini: akan disimpulkan dari hasil dan analisis data serta pembahasan sebagai jawaban dari permasalahan pada penelitian dan sesuai dengan pencapaian tujuan yang akan melahirkan saran-saran dan rekomendasi.

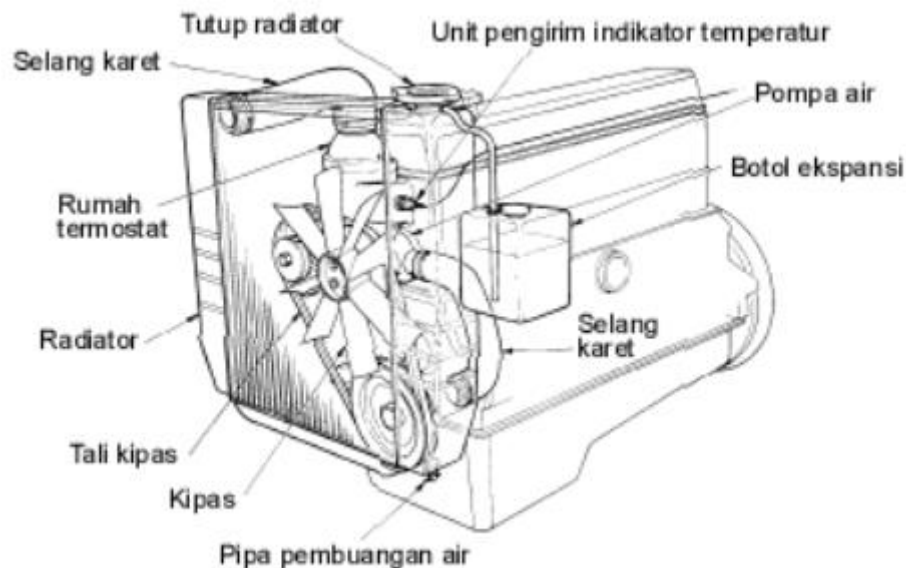
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pendingin Pada Mesin Diesel

2.1.1 Sistem pendingin dengan air

Sistem pendinginan air panas dari proses pembakaran dipindahkan dinding silinder dan ruang bakar melalui lobang air pendingin pada blok dan kepala silinder. Air pendingin yang panas mengalir ke bagian atas engine kemudian ke tangki radiator bagian atas, melalui inti radiator ke tangki radiator bagian bawah. Panas dari air pendingin dipindahkan pendingin udara saat melalui inti radiator dan air pendingin kembali masuk ke engine pada bagian bawah untuk proses yang akan berulang. Komponen sistem pendingin pada mesin diesel yang digunakan pada mobil seperti pada gambar 2.1



Gambar 2.1 menunjukkan komponen system pendingin pada mesin mobil
(diesel engine)

Kegunaan kipas pendingin adalah untuk menjamin aliran udara melalui inti radiator dan disekitar engine, terutama pada saat kendaraan bekerja tanpa beban atau pada kecepatan rendah. Dua jenis penggerak kipas pendingin yang dapat digunakan pada sistem ini, adalah:

1. Secara mekanik – diputar oleh engine melalui puli
2. Listrik

Fungsi selang radiator bagian atas (saluran masuk radiator), adalah sebagai saluran air pendingin dari engine bagian atas ke tangki radiator bagian atas saluran-saluran air pendingin (*water jackets*), adalah rongga antara ruang bakar dengan dinding silinder, konstruksinya untuk mengalirkan air pendingin untuk memindahkan panas yang tidak dikehendaki (berlebihan). Thermostat adalah sebuah katup sistem pendingin di dalam engine bagian atas, yang dirancang untuk menutup saluran air pendingin ke radiator pada saat engine bekerja di bawah suhu kerja. Hal ini untuk mempercepat panas engine naik selama air pendingin dalam saluran (*water jackets*) tidak dapat mengalir ke radiator dan tidak ada pemindahan dari engine. Pada saat engine mencapai suhu kerja, katup (thermostat) membuka dan air pendingin yang panas mengalir ke radiator, mencegah engine terlalu panas.

Selang by-pass mensirkulasikan air dalam engine dan kepala silinder, saat thermostat tertutup untuk mencegah penguapan air di sekitar ruang bakar yang dapat mengakibatkan keretakan engine. Selang radiator bagian bawah (saluran keluar), berfungsi untuk mengalirkan air pendingin dari tangki radiator bagian bawah kepada engine bagian bawah.

Pompa air berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin dari engine ke radiator dan kembali lagi, sebagai jaminan adanya aliran untuk memindahkan panas. Ada dua macam cara memutar pompa air, yaitu:

1. Sabuk kipas alternator
2. Sabuk timing engine

Radiator berfungsi untuk mendinginkan air pendingin akibat panas dari proses pembakaran, panas diserap oleh udara yang meliwati sirip-sirip pendingin. Ada dua jenis radiator, yaitu:

1. Radiator aliran naik.
2. Radiator aliran silang.

Konstruksi radiator pada umumnya terbuat dari jenis material tembaga dan aluminium.

2.1.2 Sistem pendingin oli

Karter atau panci oli terletak pada bagian bawah engine untuk menyimpan oli yang diperlukan untuk pelumasan engine. Sebuah tutup pengisi oli ketika dibuka, menyediakan sebuah ruang yang memungkinkan oli dapat dimasukkan kedalam engine. Tongkat kedalaman merupakan batang yang dapat dicabut dengan mudah yang digunakan untuk menjelaskan jumlah oli engine dengan benar. Pompa oli mensirkulasikan oli ke komponen-komponen engine untuk memberikan pelumasan kepada bagian-bagian yang bergerak sehingga mencegah keausan akibat gesekan. Katup pembebas tekanan oli memungkinkan tekanan oli yang berlebihan untuk kembali ke panci oli, termasuk ketika engine dingin (oli pekat), untuk mengurangi kemungkinan kerusakan komponen-komponen sistem pelumasan. Sebuah saringan oli dipasang untuk menghalangi partikel-partikel kotoran terbawa masuk oleh oli engine yang dapat menimbulkan kerusakan engine. Katup By-pass dipasang yang memungkinkan oli tidak tersaring dan masuk ke engine dengan jalan pintas ketika saringan buntu/ penuh kotoran. Saluran Serambi Utama dan pipa-pipa, sebagai saluran pelumas menuju engine. Indikator tekanan oli dirancang untuk memberi sebuah peringatan jika tekanan oli pelumas turun dibawah tekanan yang diperlukan untuk kerja engine yang efektif. Pendinginan oli sesuatu yang dipasang untuk mendinginkan oli pelumas dengan memindahkan kelebihan panas dengan pendingin udara yang dilewatkan pada inti pendingin. Katup Ventilasi Ruang Engkol (Positif Crankcase Ventilation/PCV)) dirancang untuk membuang kebocoran asap yang dihasilkan oleh pembakaran- pembakaran yang masuk keruang engkol. Asap ini dihasilkan karena tekanan pada engine yang meningkat, dihasilkan karena kebocoran perapat oli pada silinder.



Gambar 2.2 Komponen mesin yang terlumasi oli

Fungsi dari oli pelumas adalah :

1. Mengurangi keausan engine agar minimum.
2. Mengurangi gesekan dan kehilangan tenaga yang diakibatkannya.
3. Memindahkan panas.
4. Mengurangi suara engine.
5. Sebagai perapat.
6. Membersihkan kompone-komponen engine.

Lima kondisi yang mengotori oli pelumas engine:

1. Kotoran karbon dari pembakaran engine.
2. Debu dan kotoran yang terbawa masuk ke engine oleh oleh udara atau bahan bakar.
3. Bagian yang halus dari logam, merupakan hasil dari keausan engine, menjadi bercampur dengan oli.
4. Bahan bakar liar dan pembakaran menghasilkan kebocoran melalui ring-ring piston kedalam ruang engkoll.
5. Kondensasi / pengembunan air dari udara yang melalui engine.

Dalam engine dua langkah, oli pelumas dicampurkan dengan sebuah perbandingan campuran dengan bahan bakar, dan dimasukkan dalam tangki.

Campuran oli dan bahan bakar dikabutkan melalui karburator kedalam ruang engkol disini melumasi bagian-bagian bergerak engine.

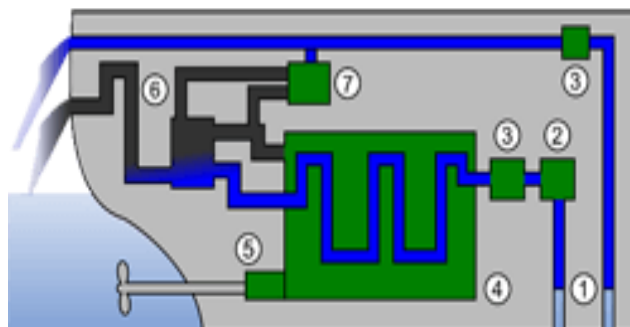
2.2. Sistem Pendingin pada Mesin Penggerak kapal

Sistem pendingin bertujuan untuk menjaga agar temperatur mesin tetap berada pada batas yang diperbolehkan sesuai dengan kekuatan material, karena kekuatan material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur (*overheating*). Air adalah bahan pendingin yang sangat baik, karena dapat mengambil 1 kkal pada tiap-tiap kg dan tiap-tiap derajat Celcius, sedangkan volume 1 kg air hanya 1 dm³ (1 liter).

Pada kapal dengan penggerak motor bakar dengan pendingin air, air pendingin dialirkan melalui dan menyelubungi dinding silinder, kepala silinder serta bagian-bagian lain yang perlu didinginkan. Air pendingin akan menyerap kalor dari semua bagian tersebut, kemudian mengalir meninggalkan blok mesin menuju radiator atau alat pendingin yang menurunkan kembali temperaturnya. Sistem pendingin air pada mesin induk maupun mesin bantu dalam kapal dikenal ada 2 macam.

2.2.1. Sistem pendingin terbuka (*direct cooling system*)

Sistem pendingin terbuka (*direct cooling system*) adalah sistem pendingin motor bakar pada kapal dimana air laut dipakai langsung untuk mendinginkan silinder motor bakar dan komponen lainnya setelah itu dibuang kembali ke laut. Hal ini cocok untuk motor-motor kapal kecil, dimana pompa pendingin mengisap air laut dari luar kapal dan memompakan air laut tersebut keluar kapal setelah mendinginkan mesin, cara ini disebut pendinginan terbuka karena selalu air laut yang beredar.



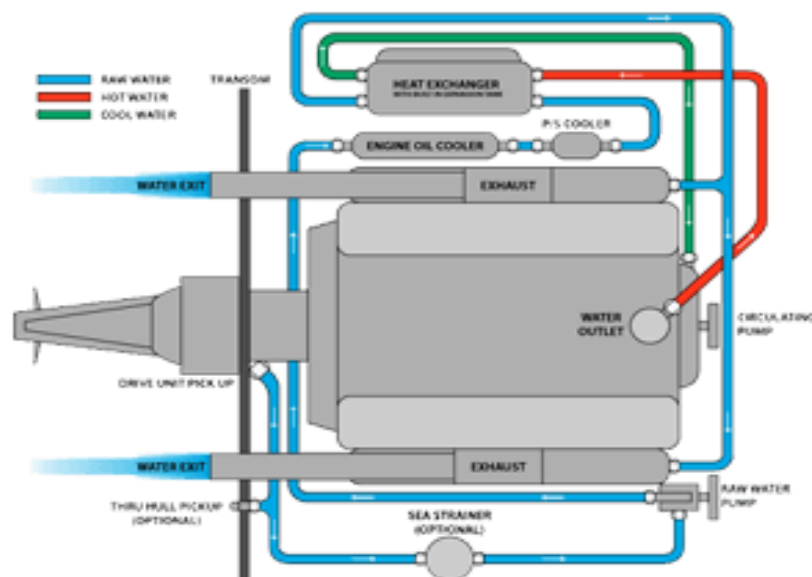
Gambar 2.3 Sistem pendingin terbuka

2.2.2. Sistem pendingin tertutup (*indirect cooling system*)

Sistem pendingin tertutup (*indirect cooling system*) adalah sistem pendingin motor di kapal dimana silinder motor bakar dan komponen lainnya didinginkan dengan air tawar dan kemudian air tawar tersebut didinginkan oleh air laut dan selanjutnya air tawar tersebut dipakai kembali untuk mendinginkan motor, jadi yang selalu bergantian adalah air laut, sedangkan air tawar selalu beredar tetap, demikian daur ini berjalan terus.

Pendingin air tawar (*fresh water cooler*) yaitu alat pemindah panas berbentuk bejana yang dipergunakan untuk mendinginkan air tawar pendingin motor penggerak utama dan motor bantu kapal dengan mengalirkan air laut ke dalam bejana tersebut. Pada motor-motor ukuran besar lebih cenderung menggunakan sistem pendingin tertutup.

Hal ini dengan suatu alasan bahwa untuk pendinginan di bawah temperatur 60°C bagi motor-motor yang bertenaga besar lebih sulit. Sedangkan air laut pada temperatur yang tinggi akan menyebabkan endapan-endapan pada tempat yang didinginkan, yang akibatnya bisa mengganggu proses pendinginan. Sedangkan untuk motor-motor yang baru yang menggunakan pendingin air tawar, masih ada yang diijinkan untuk temperatur air pendingin mencapai diatas 80°C .



Gambar 2.4 Sistem pendingin tertutup

Dalam fungsinya, sistem pendingin mengendarkan tekanan ke seluruh komponen induk secara konstan seperti *injector, cylinder jacket cooling* dan *cylinder head*. Adapun, motor diesel dapat didukung dengan dua sistem pendinginan yang masing-masingnya memiliki cara kerja dan fungsi berbeda. Pada dasarnya ada dua macam sistem pendingin. Sistem pendingin air laut (*sea water cooling*) dan sistem pendingin air tawar (*fresh water cooling*). Seperti sudah disinggung di atas, air laut tidak digunakan secara langsung mendinginkan bagian-bagian mesin. mendinginkan cairan pendingin lainnya (*coolant*) yaitu air tawar. Pendingin air laut juga digunakan untuk mendinginkan oli pelumas (*lubricating oil*). Efektivitas sistem pendingin air laut ditentukan oleh kinerja pompa. Tekanan pompa harus dijaga tidak sampai turun dari standar yang ditentukan. Jika tekanan turun otomatis pendinginan tidak maksimal. Pompa harus segera dicek dan diperbaiki atau diganti dengan spare.

2.3 Konsep Dasar Keandalan

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah diterapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang ditentukan. Terminologi item yang dipakai dalam definisi keandalan diatas dapat mewakili semua komponen, subsistem, atau sistem yang dapat dianggap satu kesatuan. Definisi diatas dapat disajikan empat komponen pokok meliputi:[6]

1. Probabilitas
2. Kinerja yang memadai (*performance*)
3. Waktu
4. Kondisi pengoperasian

Probabilitas yang merupakan komponen pokok, merupakan input numeric bagi pengkajian keandalan suatu sistem yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai kelayakan suatu sistem. Pada beberapa kajian yang melibatkan disiplin ilmu keandalan, probabilitas bukan merupakan satu-satunya indeks, ada beberapa indeks lain yang dapat dipakai untuk menilai keandalan suatu sistem yang dikaji[6].

Keandalan pada keseluruhan sistem dikapal akan mempengaruhi *availability* dari kapal. Untuk itu diperlukan langkah untuk mempertahankan

keandalan dari sistem di kapal terkhusus sistem yang mengalami kritis dapat mengakibatkan kegagalan operasi secara tiba-tiba apabila terjadi kerusakan pada sistemnya.[6]

Untuk dapat menilai keandalan sistem ataupun komponen harus diketahui dengan jelas karakteristik kerja dari sistem atau komponen yang akan dianalisa termasuk juga dengan pola operasi, pola perawatan, pola kegagalan dan pengaruh kondisi operasi terhadap kinerja sistem atau komponen tersebut.[6]

Aplikasi sistem reliability untuk bidang perkapalan lebih banyak dipakai untuk mengevaluasi desain yang sudah ada dan hasil evaluasi ini dipakai sebagai input untuk menerapkan strategi perawatan kapal.[6]

2.2 Sistem Perawatan (*Maintenance*)

Pada dasarnya tidak ada peralatan yang sempurna dan tidak dapat rusak. Karena itulah perlu adanya sistem perawatan. Sistem yang terintegrasi dari satu tempat ke tempat lain menggunakan teknologi guna mempersingkat waktu dan mengurangi kelemahan human *error*. Karena semakin berkembangnya teknologi semakin cepat pula tuntutan untuk hasil produksi.[7]

Semakin bertambahnya waktu semakin menurun pula kualitas yang dihasilkan oleh mesin. Dengan memberikan perawatan secara berkala diusahakan dapat mengembalikan performansi mesin secara normal. [7]

Meskipun pada akhirnya menurun melampaui batas toleransi dan diperbaiki kembali. perlu adanya perawatan mesin secara *preventive*. Hal ini dapat terjadi secara berulang-ulang sampai pada batas dimana efektifitas mesin sudah tidak dapat lagi beroperasi secara maksimal dan melewati batas toleransi yang diijinkan.[6]

Pada perusahaan-perusahaan kategori menengah kebawah, maintenance masih kurang diperhatikan. Karena kegiatannya cukup kompleks dan bukan hanya dilakukan sekali waktu saja. Hasil dari maintenance tidak dapat dirasakan secara langsung saat melakukan perawatan, namun hasilnya dapat dirasakan pada masa yang akan datang.[8]

Apabila *maintenance* tidak dilakukan, maka secara teratur mesin-mesin akan mengalami kerusakan. Dan akhirnya akan berakibat fatal sehingga akan

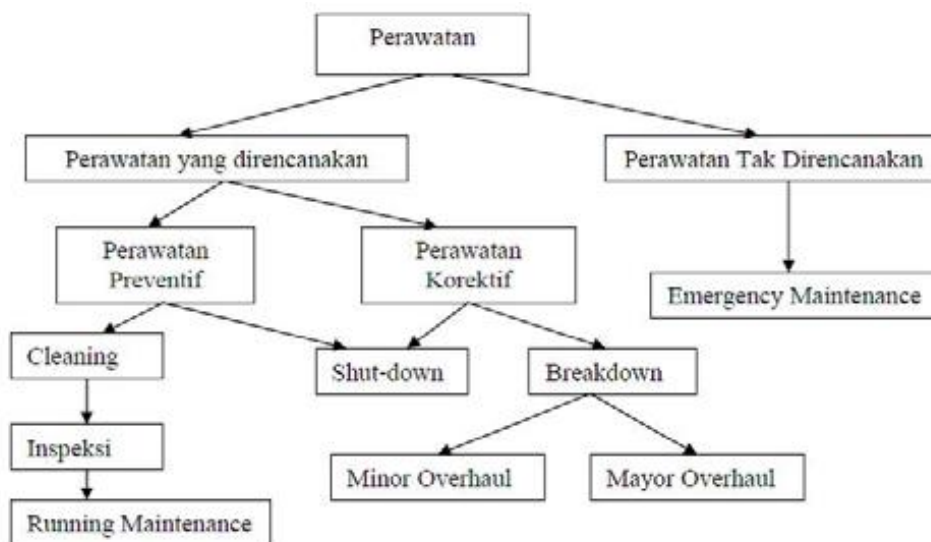
merugikan perusahaan. Dampak yang akan dirasakan adalah berkurangnya umur ekonomis mesin serta tingkat penyusutan yang tinggi.[8]

Tujuan dari kegiatan perawatan dan perbaikan kapal adalah kegiatan yang dilakukan secara terus menerus atau berkesinambungan terhadap peralatan agar kapal selalu dalam keadaan laik laut dan siap operasi kegiatan ini merupakan pencegahan atau antisipasi kerusakan dari peralatan kapal yang ada.[9]

2.3 Metode Perawatan

Disebut juga tindakan pencegahan atau *overhaul*. Yaitu kegiatan perawatan untuk mencegah kerusakan tak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi lebih tepat Dapat diartikan juga sebagai pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (*preventif*).[7]

Pada gambar.1 menjelaskanken tentang pembentuk utama dari sebuah perawatan



Gambar 2. 1 Jenis-jenis metode perawatan berdasarkan waktu pelaksanaanya

2.3.1 Plan maintenance system

Planed maintenance system (pemeliharaan terencana) merupakan pemeliharaan yang terorganisir dan dilakukan pemikiran kemasa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Oleh karna itu program maintenance yang akan dilakukan harus

dinamis dan memerlukan pengawasan dan pengendalian secara aktif dari bagian maintenance melalui informasi dan catatan riwayat mesin/peralatan. Konsep *planned maintenance* ditujukan untuk mengatasi masalah yang dihadapi dengan pelaksanaan kegiatan maintenance. Komunikasi dapat diperbaiki dengan informasi yang dapat memberi data yang lengkap untuk mengambil keputusan. Adapun data yang penting dalam kegiatan maintenance antara lain laporan permintaan pemeliharaan, laporan pemeriksaan, laporan perbaikan dan lain – lain. Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) terdiri dari tiga bentuk pelaksanaan, yaitu:[7]

2.3.2 Preventive Maintenance (Pemeliharaan Pencegahan)

Preventive maintenance 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 digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan terjamin kelancarannya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat.[10]

2.3.3 Corrective Maintenance (Pemeliharaan Perbaikan)

Corrective maintenance adalah suatu kegiatan maintenance yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kelalaian pada mesin/ peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.[7]

2.3.4 Predictive maintenance

Predictive maintenance adalah tindakan-tindakan maintenance yang dilakukan pada tanggal yang ditetapkan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data operasi yang diambil untuk melakukan *predictive maintenance* itu dapat berupa getaran, temperature, vibrasi, flow rate dan lain – lainnya. Perencanaan *predictive maintenance* dapat dilakukan berdasarkan data dari operator di lapangan yang diajukan melalui work order ke departemen

maintenance untuk dilakukan tindakan yang tepat sehingga tidak akan merugikan perusahaan.[7]

2.3.5 Perawatan yang tidak direncanakan (unplanned maintenance)

Perawatan tidak terencana ini membahas mengenai perawatan darurat dimana perawatan ini merupakan salah satu perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya sehingga biasanya hal ini dilakukan saat mesin atau peralatan tersebut mengalami kegagalan atau kerusakan yang tidak terduga dan harus segera diperbaiki untuk mencegah akibat yang lebih serius lagi. Salah satu contoh perawatan yang tidak terencana adalah emergency maintenance. Emergency maintenance adalah pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.[7]

Oleh karena itu proses produksi harus didukung oleh peralatan yang siap bekerja setiap saat dan handal. Untuk mencapai hal itu maka peralatan-peralatan penunjang proses produksi ini harus selalu dilakukan perawatan yang teratur dan terencana.[7]

2.3.5.1 perawatan darurat (*emergency maintenance*)

Pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

2.4 Analisa Kualitatif

Analisa kualitatif adalah suatu analisa yang digunakan untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem berdasarkan analisa kegagalan, sehingga kita dapat melakukan penilaian keandalan berdasarkan data kualitatif serta pengalaman yang sudah ada. Dalam analisa kualitatif untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem sering digunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA).[9]

2.4.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan salah satu bentuk analisa kualitatif. FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalan penyebab kegagalan. Serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen terhadap sistem. Kegiatan FMEA tersebut ditulis dalam sebuah bentuk *FMEA worksheet*. Connor. [1993].

Teknik analisa ini menekankan pada bottom – up approach yaitu analisa yang dilakukan dimulai dengan memeriksa komponen-komponen tingkat rendah dan meneruskannya ke sistem yang merupakan tingkat yang lebih tinggi serta mempertimbangkan kegagalan sistem sebagai hasil dari semua mode kegagalan.[11]

Secara umum, FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu:

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya
- Efek dari kegagalan tersebut
- Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Output dari Process FMEA adalah:

- Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
- Daftar critical characteristic dan significant characteristic.
- Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

Dengan menggunakan metode FMEA, dapat dilakukan pencegahan terjadinya kegagalan dalam produk atau proses, sejak dari tahap awal. FMEA merupakan salah satu langkah quality management sekaligus risiko management. Hasilnya tidak hanya menurunkan risiko kegagalan, melainkan juga meningkatkan kualitas dari produk/proses.[7]

2.4.2 Perhitungan Nilai RPN

Untuk memudahkan dalam menilai resiko, mode kegagalan dinyatakan dalam skala nilai kualitatif yang mengidentifikasi berbagai tingkat kondisi bahaya skala kualitatif, untuk menilai severity (tingkat keparahan), occurrence (frekuensi kejadian), dan detection (deteksi). Franceschini, F. & Galetto, M. [2001]. Selanjutnya, *Risk Priority Number* (RPN) dapat ditentukan dengan menghitung nilai severity (S), occurrence (O) dan detection (D) berdasarkan persamaan : $RPN = S \times O \times D$. [12]

2.4.3 Fault Tree Analysis (FTA)

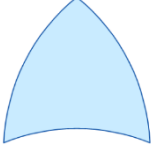
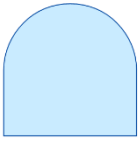
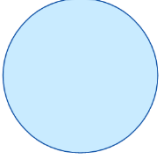
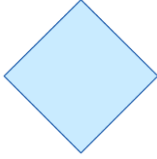
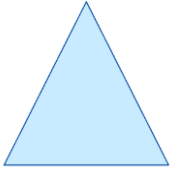
Teknik untuk mengidentifikasi kegagalan dari suatu sistem dengan memakai Fault Tree Analysis diperkenalkan pertama kali pada tahun 1962 oleh Bell Telephone Laboratories dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran rudal antar benua. Boeing Company memperbaiki teknik yang dipakai oleh Bell Telephone Laboratories dan memperkenalkan program komputer untuk melakukan analisa dengan memanfaatkan FTA baik secara kualitatif maupun kuantitatif.[12]

Fault Tree Analysis (FTA) adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi kegagalan (failure) dari suatu sistem, baik yang disebabkan oleh kegagalan komponen atau kejadian kegagalan lainnya secara bersama-sama atau secara individu.[13]

Fault Tree Analysis (FTA) lebih menekankan pada “top-down approach” yaitu karena analisa ini berawal dari sistem top level dan meneruskannya ke bawah. Titik awal analisa ini adalah pengidentifikasian mode kegagalan pada top level suatu sistem. [12].

Sebuah fault tree mengilustrasikan keadaan komponen-komponen sistem (basic event) dan hubungan antara basic event dan top event. Sistem kemudian dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan kegagalan yang didefinisikan pada top event. Setelah mengidentifikasi top events, event-event yang memberikan kontribusi secara langsung terjadinya top event dengan memakai hubungan logika dengan menggunakan gerbang AND (AND-gate) dan gerbang OR (OR-gate) sampai dicapai event besar. Pengkontruksian fault tree dimulai dari top event. Sistem dianalisa untuk menentukan semua kemungkinan yang menyebabkan suatu sistem mengalami kegagalan seperti yang didefinisikan pada top event. Oleh karena itu, berbagai fault event yang secara langsung menjadi penyebab terjadinya top event harus secara teliti diidentifikasi.[12]

Tabel 2. 1 Simbol-simbol penyusunan Fault Tree

Simbol	Deskripsi
	<p>OR GATE menunjukkan output akan terjadi jika salah satu dari event terjadi</p>
	<p>AND GATE menunjukkan output akan terjadi jika semua event terjadi</p>
	<p>Basic event menyatakan kegagalan sebuah basic equipment yang tidak memerlukan penelitian lebih lanjut</p>
	<p>Undevelop Event menyatakan sebuah event yang tidak diteliti lebih lanjut karena ketersediaan atau cukupnya informasi</p>
	<p>Simbol Transfer menunjukkan bahwa fault tree dikembangkan lebih jauh</p>

2.5 Analisa Kuantitatif

Dalam melakukan analisa keandalan suatu sistem tidak terlepas akan tersedianya data yang akan diolah. Nilai keandalan suatu komponen akan bergantung terhadap waktu. Untuk itu analisa keandalan akan berhubungan dengan distribusi probabilitas dengan waktu sebagai variable random. Variable random adalah suatu nilai atau parameter yang akan diukur di dalam pengolahan data. Agar teori probabilitas dapat diterapkan maka kejadian atau nilai-nilai tersebut haruslah random terhadap waktu. Parameter kejadian yang akan diukur

yaitu misalnya laju kegagalan komponen, lama waktu untuk mereparasi, kekuatan mekanis komponen, adalah variabel yang bervariasi secara random terhadap waktu dan atau ruang. Variable random ini dapat didefinisikan secara diskrit maupun secara continue. [13]

2.5.1 Terminologi Reliability

Keandalan (reliability) dari suatu sistem merupakan peluang (probability) dimana sistem tidak akan gagal selama periode waktu dan kondisi pengoperasian tertentu, sementara resiko kegagalan adalah peluang dimana sistem akan gagal selama periode waktu dan kondisi pengoperasian tertentu pula. [9]

Kegagalan (failure) adalah suatu kejadian yang tidak pasti (probabilistic event) dan dapat terjadi akibat kerusakan-kerusakan dalam sistem, wear and tear atau faktor gangguan dari dalam maupun dari luar yang tidak disangka-sangka. Hal ini dapat juga terjadi akibat kesalahan perencanaan (faulty design), pemeliharaan yang tidak cukup, kesalahan pengoperasian, bencana alam atau faktor-faktor lain. [9]

Dengan demikian keandalan (reliability) dapat didefinisikan secara lengkap yaitu bahwa keandalan suatu komponen atau sistem merupakan peluang komponen atau sistem tersebut untuk memenuhi tugas atau fungsinya yang telah ditetapkan atau diperlukan tanpa mengalami kegagalan dalam kurun waktu tertentu bila dioperasikan secara benar dalam lingkungan tertentu. [9]

Beberapa fungsi yang digunakan untuk mengevaluasi reliability suatu sistem yang dikeluarkan dari Ramakumar [1993], Billinton dan Allan [1992] sebagai berikut:

Bila T adalah random variable yang menggambarkan waktu kegagalan suatu komponen atau sistem maka peluang kesuksesan (reliability) dari komponen atau sistem terhadap waktu t adalah:

$$P(t > T) = R(t) \quad (2.1)$$

Dimana $R(t)$ adalah time-independent reliability atau peluang kesuksesan dari komponen atau sistem sebagai fungsi dari waktu. Bila t bertambah, kesempatan terjadinya kegagalan bertambah pula atau dengan kata lain bila $t \rightarrow \infty$, maka $R(t) \rightarrow 0$.

Jika $f(t)$ adalah sebuah probability density function dari sebuah komponen atau sistem maka peluang kegagalan komponen atau sistem sebagai fungsi dari waktu kegagalan, dalam interval waktu $(0,t)$ adalah :

$$P(T(t) = Q(t) = F(t) \tag{2.2}$$

atau

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \tag{2.3}$$

Persamaan diatas sering pula disebut sebagai fungsi unreliability $Q(t)$, yang merupakan fungsi distribusi kegagalan dari random variable T , sehingga fungsi kerapatan kegagalan (failure density function) dari suatu komponen atau sistem adalah :

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{d}{dt} (1 - R(t))$$

$$f(t) = -R'(t) \tag{2.4}$$

Sebaliknya, fungsi reliability atau keandalan adalah peluang dimana kegagalan tidak akan terjadi sebelum waktu t . Dengan kata lain reliability didefinisikan sebagai peluang dari komponen atau sistem tidak akan mengalami kegagalan dalam interval waktu (t,∞) dan didefinisikan sebagai berikut :

$$R(t) = 1 - F(t) = Q(t) = P(T > t)$$

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \int_t^\infty f(t)dt \tag{2.5}$$

Untuk fungsi eksponensial, probability density functionnya didefinisikan sebagai berikut:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{2.6}$$

Dimana λ adalah failure rate dari komponen dalam jumlah kegagalan per jam. Sehingga fungsi reliability untuk distribusi eksponensial dari persamaan (2.5) akan berubah menjadi :[6]

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{2.7}$$

II.5.1 Waktu Rata-rata Kegagalan (Mean Time To Failure / MTTF)

Expected value dari densitas kegagalan (failure density function) $f(t)$, sering ditunjukkan sebagai waktu rata-rata kegagalan (mean time to failure – MTTF). Dalam situasi praktis MTTF cukup digunakan untuk menilai kualitas dan kegunaan suatu komponen, Ramakumar [1993]. MTTF dari suatu komponen yang memiliki failure density function $f(t)$ didefinisikan sebagai berikut : [14]

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (2.8)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.4) kedalam persamaan (2.8) akan diperoleh

$$MTTF = - \int_0^{\infty} t R'(t) dt \quad (2.9)$$

$$MTTF \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.10)$$

Dari fungsi reliability untuk distribusi eksponensial persamaan (2.7) disubstitusikan kedalam persamaan (2.10) akan diperoleh :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.11)$$

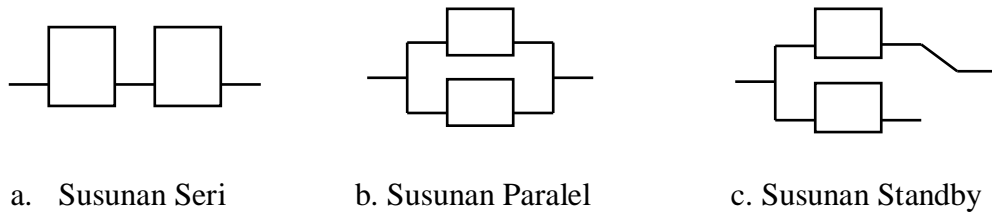
2.5.3 Reliability Block Diagram (RBD)

Dalam perancangan sistem rekayasa sebelum dilakukan perancangan secara rinci terlebih dahulu sistem yang ditinjau diungkapkan dalam skema blok diagram yang menunjukkan keterkaitan fisik antara komponen penyusun sistem tersebut. Selanjutnya disusun sebuah fungsional diagram yang menunjukkan :

1. Keterkaitan fungsi setiap komponen secara menyeluruh
2. Urutan proses yang dikehendaki terjadi dalam sistem tersebut

Berdasarkan diagram-diagram tersebut disusun sebuah diagram blok keandalan *reliability block diagram (RBD)* yang menunjukkan logika yang harus diikuti agar sistem tersebut dapat melakukan fungsinya sesuai dengan tugas. Sebuah RBD telah disusun dengan berpijak pada diagram fungsional. [14]

Analisis keandalan untuk sistem yang sederhana dapat dilakukan dengan menggabungkan model keandalan sistem seri, paralel aktif dan standby.



Gambar 2.2 Reliability Block Diagram

2.5.3.1 Susunan seri

Suatu sistem seri, seperti pada gambar 2.2.a secara umum terdiri dari grup komponen independen (kegagalan dari suatu komponen adalah bebas dari kegagalan komponen lain), dimana kegagalan suatu komponen menyebabkan kegagalan sistem. Jika $R_i(t)$ adalah reliability komponen ke i , hal ini dapat diperlihatkan bahwa keandalan sistem seri $R_s(t)$ merupakan produk reliability komponen.[14]

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \tag{2.12}$$

Bila setiap komponen dari suatu sistem distribusi secara eksponensial dengan laju kegagalan konstan maka reliability sistem menjadi :

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} \tag{2.13}$$

Mean time to failure (MTTF) dari sistem seri dapat dihitung dengan persamaan (2.10).

$$MTTF = \int_0^{\infty} R_s(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} dt = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \tag{2.14}$$

2.5.3.2 Susunan Paralel

Gambar 2.2.b. menunjukkan blok diagram keandalan suatu sistem yang memiliki dua komponen dengan susunan paralel. Dalam susunan hanya satu komponen dari sistem yang dibutuhkan agar sistem dapat beroperasi sedangkan

yang lainnya adalah komponen redundan dan dalam kondisi on-line standby.

Laju kegagalan (failure rate) dari komponen-komponen diasumsikan independen dari sejumlah komponen yang masih beroperasi. Kegagalan sistem paralel terjadi semua komponen-komponen yang ada mengalami kegagalan.[14]

$$F_p(t) = \prod_{i=1}^n F_t(t) \quad (2.15)$$

atau

$$Q_p(t) = \prod_{i=1}^n Q_i(t) \quad (2.16)$$

Sehingga persamaan reliability dari sistem dengan komponen dalam susunan paralel adalah :

$$R_p(t) = 1 - Q_p(t) \quad (2.17)$$

$$R_p(t) = 1 - \prod_{i=1}^n Q_i(t) \quad (2.18)$$

Sedangkan MTTF nya dapat dihitung dengan persamaan (2.10) yaitu :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} [1 - \prod_{i=1}^n Q(t)] dt \quad (2.19)$$

2.5.3.3 Susunan Standby

Untuk sistem dengan konfigurasi stand by, laju kegagalan komponen konstan maka fungsi reliability sistem dapat dievaluasi dengan menggunakan distribusi eksponensial yang mempunyai bentuk umum sebagai berikut :[14]

$$R_{SB}(t) = e^{-\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} (e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_1 t}) \quad (2.20)$$

Sehingga MTTF dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.10)