

**PENJADWALAN PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR
MOTOR INDUK PADA KMP.BONTOHARU
MENGUNAKAN METODE PEMODELAN DINAMIKA
SISTEM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

Pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin



SYAIFUL BAKRI

D331 15 509

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2022

**PENJADWALAN PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR
MOTOR INDUK PADA KMP.BONTOHARU
MENGUNAKAN METODE PEMODELAN DINAMIKA
SISTEM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

Pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin



SYAIFUL BAKRI

D331 15 509

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

“PENJADWALAN PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR MOTOR INDUK PADA KMP.BONTOHARU MENGUNAKAN METODE PEMODELAN DINAMIKA SISTEM”

Disusun dan diajukan oleh

SYAIFUL BAKRI
D33115509

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 02 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Surya Hariyanto. S.T., M.T.

NIP.19710207 200012 1 001

Pembimbing Pendamping,



M. Rusydi Alwi, S.T., MT.

NIP.19730123 200012 1 001

Ketua Departemen,



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.

NIP.19810211 200501 1 003

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan sesuai hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di 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 ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsurunsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Gowa, 02 Agustus 2022



SYAIFUL BAKRI

NIM. D331 15 509

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita persembahkan kehadiran Tuhan yang maha esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya semata sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul

“PENJADWALAN PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR MOTOR INDUK PADA KMP.BONTOHARU MENGGUNAKAN METODE PEMODELAN DINAMIKA SISTEM”

Penulisan proposal skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat program strata I pada program studi teknik sistem perkapalan jurusan perkapalan fakultas teknik universitas hasanuddin. Proposal skripsi ini disusun berdasarkan kajian literatur, dan juga wawancara.

Dalam penyajian proposal skripsi ini penulis menyadari masih belum mendekati kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan.

Penulis menyadari, berhasilnya penyusunan proposal skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do'a kepada penulis dalam menghadapi hambatan, sehingga sepatutnya pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada :

1. Keluarga penulis : kedua orang tua, Ahmad Bakri dan Ibunda Nurjannah yang sampai hari ini masih membuat saya termotivasi, Saudariku Muhni, Apriyana, Reski Amaliyah dan ismiratri yang terus memberikan dukungan sehingga perkuliahan saya dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, ST.,MT.Inf.Tech.,M.eng elaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Surya Harianto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan

bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan proposal skripsi ini

4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu dan wawasan yang diberikan selama masa studi penulis
5. Staf Tata Usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian proposal skripsi ini
6. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan telah memberikan pengalaman berharga selama penulis menjadi Mahasiswa. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terima kasih kepada kanda-kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan dukungannya.

Akhir kata semoga proposal skripsi ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan.

Gowa, 02 Agustus 2022



SYAIFUL BAKRI

NIM. D331 15 509

ABSTRAK

KMP.Bontoharu merupakan kapal yang beroperasi dengan trayek Bira-Selayar, kapal tersebut udah berusia 17 tahun dan hingga saat ini masih terus beroperasi, lamanya kapal beroperasi hingga saat ini mengakibatkan komponen-komponen pada kapal membutuhkan perawatan yang lebih khususnya pada sistem penunjang mesin induk dimana salah satu sistem yang diteliti yaitu sistem bahan bakar.

Penelitian ini merupakan studi terhadap aplikasi teori *reliability* dan dinamika sistem sebagai alat untuk mengevaluasi sebuah komponen kritis sistem bahan bakar untuk menentukan waktu perawatan. Adapun metode analisa yang digunakan dalam mengevaluasi sistem adalah metode analisa secara kualitatif dan kuantitatif. Metode yang digunakan untuk analisa secara kualitatif adalah *Failure Mode Effect And Analysis* (FMEA). Dan untuk analisa secara kuantitatif digunakan metode Pemodelan Dinamika Sistem.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dalam sistem bahan bakar mesin penggerak KMP. Bontoharu diperoleh urutan komponen yang paling kritis dan perlu mendapat perhatian lebih adalah *Fuel filter*, *transfer pump*, *water separator*, *Fuel feed pump*, *fuel injection pump*. Dan di peroleh waktu perawatan komponen kritis *fuel filter* 1&2 setiap hari ke 12, *transfer pump* setiap hari ke 30, *water separator* setiap hari ke 33, *fuel feed pump* setiap hari ke 40, *fuel injection pump* 1&2 setiap hari ke 47 .

Kata Kunci : FMEA, *Realiability*, Waktu Perawatan, Pemodelan dinamika Sistem

ABSTRACT

KMP.Bontoharu is a ship that operates on the Bira-Selayar route, the ship is already 17 years old and is still operating, the length of time the ship has been operating until now has resulted in the components on the ship requiring more maintenance, especially on the main engine support system where One of the systems studied is the fuel system.

This research is a study of the application of reliability theory and system dynamics as a tool to evaluate a critical component of the fuel system to determine maintenance time. The analytical method used in evaluating the system is a qualitative and quantitative analysis method. The method used for qualitative analysis is Failure Mode Effect And Analysis (FMEA). And for quantitative analysis used System Dynamics Modeling method.

The results of this study indicate that in the KMP engine fuel system. Bontoharu obtained the order of the most critical components and needs more attention is the fuel filter, transfer pump, water separator, fuel feed pump, fuel injection pump. And the maintenance time for critical components of fuel filter 1&2 every 12th day, transfer pump every 30th day, water separator every 33rd day, fuel feed pump every 40th day, fuel injection pump 1&2 every 47th day.

Keywords: FMEA, Realiability, Maintenance Time, System dynamics modeling

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABLE	xii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 RUMUSAN MASALAH	2
I.3 BATASAN MASALAH	3
I.4 TUJUAN PENELITIAN	3
I.5 MANFAAT PENELITIAN	3
I.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 KONSEP DASAR KEANDALAN	6
II.2 SISTEM BAHAN BAKAR	7
II.3 ANALISA KUALITATIF	8
II.3.1 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	8
II.3.2 Perhitungan Nilai RPN	9
II.4 ANALISA KUANTITATIF	9
II.4.1 Laju Kegagalan	10
II.4.2 <i>Terminologi Reliability</i>	10
II.4.3 Waktu Rata-rata Kegagalan (MTTF)	11
II.4.4 <i>Reliability Block Diagram (RBD)</i>	11
II.4.4.1 Susunan Seri.....	12
II.4.4.2 Susunan Paralel	12

II.4.4.3 Susunan <i>Standby</i>	13
II.4.5 Dinamika Sistem	13
II.4.5.1 Tujuan Model Dinamika Sistem.....	14
II.4.5.2 Cara Kerja Dinamika sistem.....	15
II.4.5.3 <i>Building</i> Dinamika Sistem pada powersim	15
II.4.5.4 <i>Stock And Flow Diagram</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	19
III.1.1 Tempat/Lokasi Penelitian	19
III.1.2 Waktu Pengambilan Data Penelitian	19
III.2 METODE PENELITIAN	19
III 2.1 Studi Literatur dan lapangan	19
III 2.2 Pengumpulan Data	20
III 2.3 Analisa Hasil Data	29
III.3 KERANGKA PEMIKIRAN	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 SISTEM BAHAN BAKAR KMP.BONTOHARU	31
IV.1.1 Prinsip Kerja Sistem Bahan Bakar	31
IV.2 ANALISA KUALITATIF	32
IV.2.1 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	32
IV.3 ANALISA KUANTITATIF	33
IV.3.1 Jadwal Pelayaran KMP.Bontoharu	33
IV.3.2 Penentuan nilai laju kegagalan	35
IV.3.3 <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF)	37
IV.3.2 <i>Reliability</i>	40
IV.4 PENJADWALAN PERAWATAN	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
IV.1 KESIMPULAN	52
IV.1 SARAN	52

DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	
LAMPIRAN 1 Kuisisioner FMEA dan RPN.....	54
LAMPIRAN 2 Dokumentasi	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reliability Block Diagram.....	12
Gambar 2.2	Flows Ans Levels Powersim.....	16
Gambar 2.3	Auxiliary Powersim.....	16
Gambar 2.4	Constant Powersim.....	17
Gambar 2.5	Stock And Flow Diagram.....	18
Gambar 3.1	KMP.Bontoharu	20
Gambar 3.2	Main engine KMP.Bontoharu	21
Gambar 4.1	Sistem Instalasi Bahan Bakar KMP Bontoharu.....	31
Gambar 4.2	Diagram Nilai RPN Komponen Bahan Bakar.....	33
Gambar 4.3	Model Pelayaran KMP.Bontoharu	34
Gambar 4.4	Skenario Waktu Pelayaran KMP.Bontoharu	34
Gambar 4.5	Model filter 1.....	42
Gambar 4.6	Grafik simulasi filter 1.....	42
Gambar 4.7	Model filter 2.....	43
Gambar 4.8	Grafik simulasi filter 2.....	43
Gambar 4.9	Model separator	44
Gambar 4.10	Grafik simulasi separator	44
Gambar 4.11	Model transfer pump.....	45
Gambar 4.12	Grafik simulasi transfer pump	45
Gambar 4.13	Model feed pump	46
Gambar 4.14	Grafik simulasi feed pump	46
Gambar 4.15	Model injection pump 1.....	47
Gambar 4.16	Grafik simulasi injection pump 1.....	47
Gambar 4.17	Model injection pump 2.....	48
Gambar 4.18	Grafik simulasi injection pump 2.....	48
Gambar 4.19	Block Diagram Komponen Kritis Sistem Bahan Bakar	49
Gambar 4.20	Model Mencari Reliability system bahan bakar	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Utama Kapal KMP. Bontoharu	21
Tabel 3.2	Data Mesin Utama Kapal KMP. Bontoharu	22
Tabel 3.3	Jadwa Pelayaran KMP.Bontoharu	23
Tabel 3.4	Daftar komponen sistem Bahan Bakar.....	23
Tabel 3.5	FMEA Sub-sistem Penyuplai Bahan Bakar.....	25
Tabel 3.6	Data time to failure	28
Tabel 4.1	Nilai laju kegagalan tiap komponen	37
Tabel 4.2	Nilai MTTF Masing-masing Komponen Kritis	39
Tabel 4.3	Nilai reliability masing-masing komponen	41
Tabel 4.4	Jadwal Perawatan Komponen kritis Sistem Bahan Bakar.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Pada tahun 2003 dibangun sebuah kapal penumpang dengan nama KMP. Bontoharu di galangan PT. IKI Makassar dengan LOA 54,00 m dan memiliki 1.124 GT. Kapal tersebut beroperasi diperairan Indonesia dengan trayek Bira-Selayar. Kapal tersebut selain mengangkut manusia juga mengangkut barang hingga kendaraan roda empat. Kapal tersebut sudah berusia 17 tahun hingga saat ini dan terus beroperasi, lamanya kapal beroperasi hingga saat ini mengakibatkan komponen-komponen pada kapal membutuhkan perawatan yang lebih khususnya pada sistem penunjang mesin induk dimana salah satu sistem yang diteliti yaitu sistem bahan bakar.

Agar dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya mesin diesel yang terpasang di kapal didukung oleh system bahan bakar. Sistem tersebut memiliki fungsi serta peran yang sangat penting bagi operasional motor induk, hal ini dikarenakan apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponen sistem bahan bakar, motor induk pasti akan mengalami masalah dan mungkin motor induk tidak dapat beroperasi dengan baik. Sebagai contoh apabila *fuel oil system* mengalami masalah yaitu belum terpenuhinya suhu pembakaran, serta kompresi menjadi rendah maka akhirnya *flash point* dari bahan bakar tidak tercapai..

Kegagalan tersebut secara ekstrem dapat mengakibatkan terhentinya kerja motor induk, sehingga dengan terhentinya kerja dari motor induk maka kapal akan gagal beroperasi. Dan apabila kejadian ini berlangsung saat kapal sedang berlayar maka akan sangat berbahaya bagi kapal, awak kapal serta lingkungan itu sendiri. Hal ini dikarenakan apabila saat berlayar motor induk tidak dapat beroperasi maka kapal akan terbawa arus serta karam dan mengakibatkan kebocoran pada lambung kapal dan apabila terjadi kebocoran pada tangki bahan bakar maka bahan bakar tersebut akan mencemari lingkungan laut. Analisa ini sangat penting untuk memprediksi bagaimana perilaku sistem di masa mendatang serta bagaimana efek dari kebijakan pemeliharaan dan operasional yang telah dilakukan.

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. Sehingga untuk dapat mengetahui karakteristik kegagalan sistem serta manajemen perawatan yang optimum maka pada tugas akhir ini penulis mempelajari mengenai dinamika sistem dari kegagalan sistem bahan bakar tersebut dengan membuat suatu pemodelan dinamika sistem dengan bantuan *PowerSim Software*. Analisa dinamika sistem sangat baik digunakan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Hal ini dikarenakan dinamika sistem memberikan suatu analisa hubungan sebab akibat antara komponen/sistem dengan komponen/sistem yang lainnya. Sehingga apabila terjadi permasalahan pada salah satu komponen maka komponen yang lainnya pun akan mengalami masalah.

Setelah mengetahui karakteristik kegagalan yang terjadi maka selanjutnya akan dibuat suatu analisa mengenai jadwal perawatan yang optimum serta kondisi operasi sistem setelah dilakukan perawatan. Sehingga dengan analisa ini diharapkan system bahan bakar pada motor induk yang terpasang di kapal memiliki *uptime* yang baik serta jadwal perawatan optimum yang dihasilkan dapat memberikan masukan kepada operator .

I.2 RUMUSAN MASALAH

Permasalahan pokok pada skripsi ini antara lain :

1. Bagaimana cara mengidentifikasi komponen kritis pada sistem bahan bakar ?
2. Bagaimana cara mengidentifikasi tingkat keandalan (indeks *reliability*) dan waktu rata-rata kegagalan (MTTF) pada sistem bahan bakar KMP. Bontoharu?
3. Bagaimanakah waktu perawatan dari system / komponen yang mengalami kegagalan ?

I.3 BATASAN MASALAH

Untuk menegaskan dan lebih memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian skripsi ini, maka akan dibatasi permasalahan-permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Pembahasan hanya dilakukan terhadap komponen kritis sistem bahan bakar di Kapal KMP Bontoharu.
2. Analisa tingkat keandalan (indeks *reliability*) dan waktu rata-rata kegagalan (MTTF) sistem bahan bakar mesin menggunakan metode Pemodelan dinamika sistem dengan bantuan software power sim
3. Dipenelitian ini tidak membahas mengenai estimasi biaya

I.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini antara lain :

1. Mengidentifikasi komponen-komponen yang paling kritis yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada sistem bahan bakar KMP. Bontoharu.
2. Mengidentifikasi berapa tingkat keandalan (indeks *reliability*) dan waktu rata-rata kegagalan (MTTF) pada sistem bahan bakar KMP. Bontoharu.
3. Menentukan waktu perawatan dari komponen kritis yang mengalami kegagalan berdasarkan nilai *reliabilty* agar dapat dilakukan pencegahan sehingga dapat meminimalisir kerusakan sistem.

I.5 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui komponen-komponen yang paling kritis .
2. Mengetahui penyebab dan dampak terjadinya kegagalan pada komponen serta pengaruhnya terhadap sistem bahan bakar.
3. Memberikan informasi waktu perawatan sistem bahan bakar pada KMP. Bontoharu dalam periode waktu tertentu.

I.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi agar pembaca dapat memahami uraian dan makna secara sistematis, maka skripsi disusun pada pola berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini konsep dasar penyusunan skripsi yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian,serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memberikan penjelasan mengenai teori dasar yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini yaitu teori dasar tentang konsep dasar keandalan, penjelasan mengenai sistem bahan bakar serta penjelasan mengenai analisa kualitatif yaitu metode FMEA dan analisa kuantitatif yaitu metode reabilty blok diagram(RBD) dan Pemodelan Dinamika Sistem

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian serta tahapan-tahapan berupa proses yang dimulai dari mengidentifikasi masalah yang ada hingga hasil akhir yang diharapkan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas hasil analisa kualitatif dengan menggunakan metode FMEA serta analiasa kuantitaif dengan menggunakan metode Pemodelan Dinamika Sistem untuk menentukan komponen yang paling kritis yang perlu untuk mendapat perhatian lebih serta menentukan indeks ketersediaan suatu sistem

BAB V : PENUTUP

Bab ini akan menyajikan secara singkat kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan juga memuat saran-saran bagi pihak yang berkepentingan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 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 :

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.

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.

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.

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.

II.2 SISTEM BAHAN BAKAR

Sistem bahan bakar kapal merupakan suatu sistem pelayanan untuk motor induk yang sangat vital. Sistem bahan bakar secara umum terdiri dari *fuel oil supply*, *fuel oil purifying*, *fuel oil transfer* dan *fuel oil drain piping system*. Sistem bahan bakar adalah suatu sistem yang digunakan untuk mensuplai bahan bakar dari *bunker* ke *settling tank* dan juga *daily tank* dan kemudian ke mesin induk atau mesin bantu. Adapun jenis bahan bakar yang digunakan di atas kapal bisa berupa *heavy fuel oil* (HFO), MDO, HSD ataupun solar, biasanya tergantung jenis mesin dan ukuran mesin. Untuk sistem yang menggunakan bahan bakar HFO untuk operasionalnya, sebelum masuk ke mesin utama HFO harus melalui treatment dahulu untuk penyesuaian viskositas, suhu, dan tekanan.

Sistem bahan bakar memegang peranan yang penting untuk menyuplai bahan bakar ke dalam ruang bakar pada motor diesel sebagai penggerak utama di kapal. Kegagalan pada komponen sistem bahan bakar dalam beroperasi diakibatkan dari gagalnya salah satu komponen yang ada pada sistem bahan bakar tersebut. Untuk itu diperlukan sebuah evaluasi keandalan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada komponen (R.Imanuell dan M.Lufi, 2009).

Sistem Bahan Bakar bakar motor induk pada KMP.Bontoharu terbagi atas tiga fungsional sub sistem yaitu sub sistem pemompaan bahan bakar, sub sistem pembersihan bahan bakar, dan sub sistem penginjeksian bahan bakar. Begitu pentingnya peran dari sistem penunjang motor induk tersebut, maka untuk dapat mendeteksi penyebab kegagalan komponen/sistem perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari mengenai karakteristik pola kegagalan, pola perawatan serta kondisi operasional dari masing-masing komponen sistem bahan bakar. Dengan mempelajari mengenai dinamika sistem diharapkan dapat membantu menganalisa serta memahami suatu sistem yang kompleks berubah terhadap fungsi waktu.

II.3 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).

II.3.1 *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*.

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.

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. (M.A. Waroy dan U.Budiarto, 2016)

II.3.2 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). Selanjutnya, *Risk Priority Number* (RPN) dapat ditentukan dengan menghitung nilai *severity* (*S*), *occurrence* (*O*) dan *detection* (*D*) berdasarkan persamaan :

$$RPN = S \times O \times D. \quad (2.1)$$

Hasil RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN. (R.A. Panjaitan, 2016) Ketiga komponen tersebut adalah *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian) dan *detection* (deteksi)

II.4 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*.

II.4.1 Laju Kegagalan

Laju kegagalan (λ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem. Laju kegagalan terhadap waktu dapat dinyatakan dalam persamaan 2.2 (Ebeling, 1997)

Laju Kegagalan Dan Distribusi Laju Kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.2)$$

II.4.2 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. Nilai keandalan pada suatu kapal juga berpengaruh pada usia kapal tersebut dimana kapal baru nilai keandalan 0,9-1 dan kapal yang usianya sudah lama nilai keandalannya berkisar antara 0,6 – 0,7, (Davidson, J. ed., 1988)

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.

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, (Davidson, J. ed., 1988)

Salah satu fungsi yang digunakan untuk mengevaluasi *reliability* suatu sistem yang dikeluarkan dari (Ramakumar, 1993), (Billinton dan Allan, 1992) sebagai berikut :

Dimana λ adalah *failure rate* dari komponen dalam jumlah kegagalan per jam dan t adalah waktu kegagalan. Fungsi *reliability* untuk distribusi eksponensial bisa dilihat pada persamaan 2.3:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.3)$$

II.4.3 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)

Dan untuk fungsi *mean time to failure/ MTTF* untuk distribusi eksponensial dapat dilihat pada persamaan 2.4 :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.4)$$

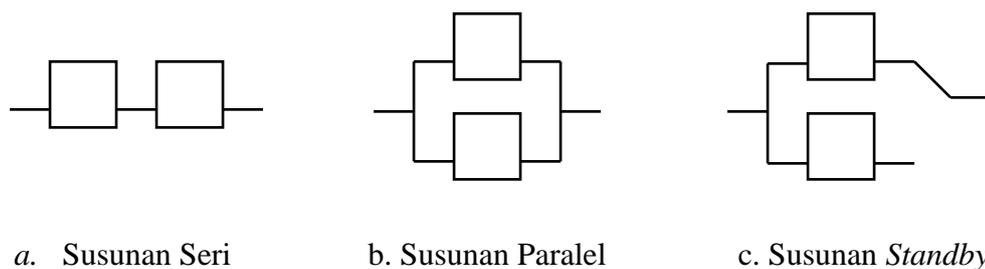
II.4.4 *Reliability Block Diagram (RBD)*

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. (Davidson, J. ed 1988)

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



Gambar 2.1 *Reliability Block Diagram*

II.4.4.1 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.

$$R_s(t) = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \quad (2.5)$$

II.4.4.2 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.

$$R_p(t) = 1 - (1-R_1)(1-R_2)(1-R_3) \dots (1-R_n) \quad (2.6)$$

II.4.4.3 Susunan *Standby*

Untuk sistem dengan konfigurasi *standby*, laju kegagalan komponen konstan maka fungsi reliability sistem dapat dievaluasi dengan menggunakan distribusi eksponensial yang mempunyai bentuk umum sebagai berikut :

$$R_{SB}(t) = R_1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} (R_2 - R_1) \quad (2.7)$$

II.4.5 Dinamika sistem

Pada tahun 1950-an Jay W. Forester memperkenalkan metode dinamika system yang berhubungan dengan penelitian terhadap pengaruh dari perubahan waktu. Pada dasarnya dinamika sistem ini adalah mempelajari mengenai hubungan timbal balik atau sebab akibat dalam penyelesaian dan pemodelan dari beberapa sistem yang kompleks. Sebagai dasar dalam mengenali dan memahami tingkah laku dinamis sistem tersebut, sedangkan permasalahan yang mungkin diselesaikan dengan metode dinamika sistem ini adalah masalah yang : (Kusuma, 2009)

- a. Mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu)
- b. Fenomena terjadi yang paling sedikit yang memiliki satu struktur umpan balik (*feed back structure*)

Dengan pemodelan simulasi dinamika sistem memungkinkan tidak hanya melihat peristiwa tetapi dinamika sistem juga dapat melihat pola perilaku dinamika dari waktu ke waktu. Perilaku dari sebuah sistem yang sering muncul dari struktur sistem itu sendiri dan perilaku biasanya berubah seiring waktu. Kadang-kadang terlihat simulasi mundur untuk hasil sejarah. Pada waktu lain tampak maju ke masa depan, untuk memprediksi hasil di masa depan. Dengan menggunakan metode sistem dinamik dapat menganalisa hubungan sebab akibat dari satu komponen ke

komponen yang lainnya berdasar fungsi serta faktor-faktor lainnya terhadap keseluruhan sistem yang kompleks. (Kusuma, 2009)

Dengan adanya metode sistem dinamik ini serta dapat menganalisa hubungan sebab akibat antar komponen, kita dapat mengambil keputusan yang tepat mengenai bagaimana sistem manajemen perawatan yang baik untuk komponen-komponen yang ada terhadap keberlangsungan proses di dalam sistem yang lebih kompleks untuk meminimalisir kegagalan ataupun kerusakan yang dapat terjadi pada komponen-komponen pada sistem. (Handani, 2014)

Dalam metode sistem dinamik konsep sistem yang berlaku mengacu pada sistem yang tertutup (*closed system*) atau sistem yang mempunyai umpan balik (*feed back system*). Struktur yang terbentuk dari loop umpan balik tersebut akan menghubungkan sebuah keluaran pada suatu periode tertentu dengan masukan pada periode yang akan datang. Jadi sistem umpan balik yang ada pada akhirnya memiliki kemampuan untuk mengendalikan dirinya sendiri dalam mencapai tujuan tertentu yang diidentifikasinya sendiri. Loop yang menjadi kerangka dasar sistem dinamis tersebut dapat merupakan rangkaian tertutup yang menghubungkan masing-masing komponen atau sektor yang terkait yang dalam sistem nyata secara komprehensif dan runtut. Komprehensif mengindikasikan bahwa setiap komponen yang memiliki kompetensi terhadap obyek pengamatan akan dimodelkan dalam loop tertutup tersebut. Adapun komponen yang dimaksud meliputi variabel keputusan yang bertindak sebagai pengendali Tindakan level (state) dari suatu system. Simulasi sistem dinamik didasarkan pada prinsip *cause and effect*, *feedback*, and *delay*. Beberapa simulasi sederhana akan menggabungkan hanya satu atau dua prinsip. Kebanyakan simulasi yang rumit akan menggunakan semua prinsip sesuai sifat yang ada di dunia nyata.

II.4.5.1 Tujuan Model Dinamika Sistem

Model sistem dinamis bukan dibuat hanya untuk memberikan proses peramalan atau prediksi semata, tetapi lebih jauh dari itu sistem dinamis ditujukan untuk memahami karakteristik dan perilaku mekanisme proses internal yang terjadi dalam suatu sistem tertentu. Sistem dinamis sangat efektif digunakan pada

sistem yang membutuhkan tingkat pengelolaan akan data yang banyak dengan baik. Dengan fleksibilitas yang dimiliki maka hal ini akan membantu dalam melakukan proses formulasi model, penentuan batasan model, validasi model, analisis kebijakan, serta penerapan model. (Handani, 2014)

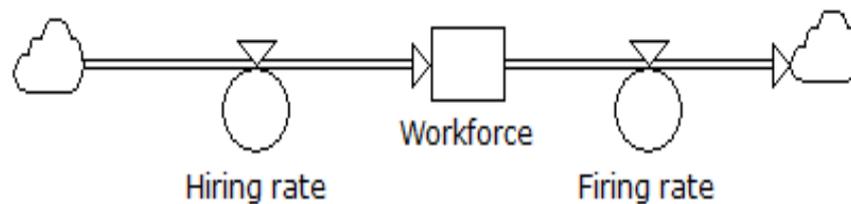
II.4.5.2 Cara Kerja Dinamika Sistem

Dinamika sistem bekerja berdasarkan prinsip hubungan sebab akibat dengan *feedback* dan atau *delay*, tergantung sistem tersebut apakah kompleks atau sederhana. Dimana ketika keputusan dirubah maka konsekuensinya pun akan berubah pula. Sehingga dapat mensimulasikan beberapa kemungkinan konsekuensi dari pengoperasian sistem dan keputusan perawatan yang akan dibuat. Berdasarkan cara kerja tersebut maka dibawah ini akan dibuat suatu diagram komponen. Dimana hubungan sebab akibat dari karakteristik komponen dapat dipaparkan dengan hubungan keandalan serta performa, keandalan dengan performa merupakan hubungan dinamis, hal ini dikarenakan keandalan suatu komponen dapat berubah maupun bertambah terhadap fungsi waktu. Dan dapat berubah berdasarkan aksi yang dilakukan untuk menaikkan indeks keandalan tersebut sesuai dengan definisi keandalan. (Nusantara, 2015)

II.4.5.3 Building Block Dinamika Sistem pada powersim studio

Pada software powersim 2008 tool yang akan digunakan adalah level, auxiliary, serta constant. Dimana semua tool tersebut memiliki fungsi masing-masing untuk merepresentasikan perumusan matematis serta analogi model yang akan dibuat. Selain itu setiap variabel dalam model didefinisikan oleh sebuah persamaan, dengan cara yang sama seperti sel-sel dalam spreadsheet yang ditetapkan. Dimana penjelasan dari masing-masing tool tersebut adalah :

A. Flows dan Levels



Gambar 2.2 Flows And Levels Powersim

Kombinasi flow dan level bertujuan untuk mengetahui tingkat akumulasi arus yang menyebabkan perubahan dari level. Selain itu berfungsi untuk mengintegrasikan fungsi yang mana hanya dapat mengukur daerah dibawah fungsi dengan menjadi dua sama lebar dari bagian bawah dan kemudian menyimpulkan semua daerah bagian tersebut. Disamping itu kombinasi ini dapat dijadikan sebagai fungsi waktu sehingga pada level akan menunjukkan hasil dari fungsi *rate*.

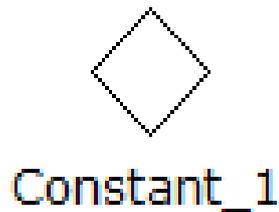
B. Auxiliary



Gambar 2.3 Auxiliary Powersim

Auxiliary merupakan tool pada powersim yang digunakan untuk merumuskan serta menggabungkan informasi. Yang mana tidak memiliki bentuk standar, tapi merupakan perhitungan aljabar kombinasi bertingkat serta laju aliran meskipun *auxiliary* dapat digunakan untuk bahasa perhitungan namun *auxiliary* tidak dapat membagi hasil seperti level, dimana *auxiliary* hanya dapat menghasilkan nilai yang pasti dari bahasa perhitungan yang telah ditentukan sebelumnya.

C. Constant



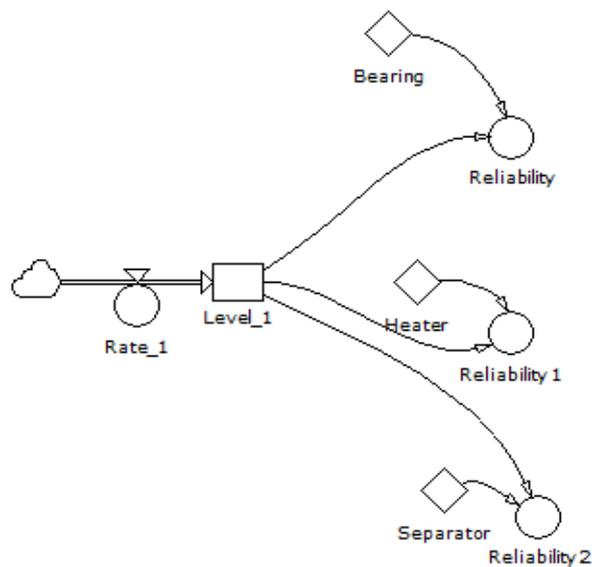
Gambar 2.4 Constant Powersim

Constant Merupakan tool pada powersim yang digunakan untuk memberikan informasi atau sebagai inputan nilai yang akan memberikan informasi kepada sistem dengan nilai yang tetap. Dengan menggabungkan keseluruhan tool diatas maka kita akan mendapatkan suatu sistem penyampaian informasi untuk menganalisa suatu pemodelan yang akan dibuat sehingga hasil yang akan diharapkan dapat dipecahkan. Berikut ini contoh penggabungan tools tersebut. Dari beberapa tool diatas kita dapat membuat berbagai bentuk pemodelan yang akan dipecahkan. Dengan memasukkan informasi ke dalam masing-masing tool, baik itu berupa perumusan atau nilai angka, maka hasil yang akan didapat dapat berupa grafik, diagram, hasil perhitungan ataupun tabel waktu. Semua item tersebut terdapat pada menu software powersim 2005. Pada analisa ini penulis akan menampilkan hasil analisa berupa grafik serta tabel waktu.

II.4.5.4 Stock And Flow Diagram

Stock (Level) dan *Flow (Rate)* digunakan dalam merepresentasikan aktivitas pada suatu lingkaran umpan-balik. Diagram ini menggunakan dua jenis variabel yang disebut sebagai *stock (level)* dan *flow (rate)*. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat. Dalam rekayasa (*engineering*) level sistem lebih dikenal sebagai *state variable system*. *Level* merupakan akumulasi di dalam sistem. Persamaan suatu variabel *rate* merupakan suatu struktur kebijaksanaan yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan dibuat berdasarkan kepada informasi yang tersedia di dalam sistem. *Rate* inilah satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi level. (Nusantara, 2015)

Stock and flow diagram atau diagram alir ini merupakan penjabaran lebih rinci dari sistem yang sebelumnya yang ditunjukkan oleh *causal loop diagram* karena pada diagram ini memperhatikan pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar variabel, sehingga nantinya setiap variabel mampu menunjukkan hasil akumulasi untuk variabel level, dan variabel yang merupakan laju aktivitas sistem tiap periode waktu disebut dengan rate.



Gambar 2.5 Stock and flow diagram

Pada pemodelan diatas merupakan gambaran keandalan dari suatu komponen yang terdistribusi eksponensial dimana pada pemodelan tersebut memaparkan bagaimana keandalan dari suatu komponen berubah berdasarkan fungsi waktu atau dengan kata lain keandalan suatu komponen akan semakin menurun berdasarkan waktu operasional sistem

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Pada tahap ini dilakaukan pengumpulan data – data dari berbagai sumber baik itu dari literatur maupun dari lapangan yang nantinya data ini akan di olah pada bab selanjutnya menggunakan metode- metode yang di gunakan.

III.1.1 Tempat/Lokasi Penelitian

Untuk tempat atau lokasi penelitian dilakukan di KMP.Bontoharu, Pelabuhan Bira, Bulukumba. Dan pengolahan data dilakukan di lab sistem bangunan laut, departemen Teknik sistem perkapalan, Kampus Fakultas Teknik UNHAS Gowa.

III.1.2 Waktu Pengambilan Data Penelitian

Kegiatan pengambilan data pada penelitian ini telah dilakukan mulai pada bulan maret s/d april tahun 2021 di kamar mesin KMP.bontoharu dengan narasumbernya yaitu Kepala kamar mesin /KKM dan masinis II.

III.2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yang akan dilakukan. Kegiatan utama yang dilakukan dalam setiap tahap adalah sebagai berikut :

III.2.1 Studi Literatur dan Lapangan

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari buku, jurnal maupun dengan sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya pengertian sistem bahan bakar mesin serta metode-metode analisa kegagalan sistem (FMEA, Reliability, dan Dinamika sistem).