

Analisis Risk Based Maintenance Sistem Bahan Bakar Main Engine Kapal Kontainer dengan Metode Reliability Centered Maintenance II Berdasarkan Klasifikasi Konsekuensi Standar Norsok Z-008:2017

Rifyan Haydare Zaman.^{1*}, Edi Haryono², Nurvita Arumsari³

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: rifyanhaydare@student.ppns.ac.id^{1*}; edi_haryono@ppns.ac.id^{2*}; arum@ppns.ac.id^{3*}

Abstrak - Sistem bahan bakar kapal merupakan salah satu aset penting yang perlu dilakukan penetapan program pemeliharaan guna menunjang kelayakan kapal dalam beroperasi. Pada penelitian ini dilakukan penetapan program pemeliharaan dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance II* berdasarkan klasifikasi konsekuensi standar Norsok Z-008:2017. Dengan menggunakan metode klasifikasi konsekuensi berdasarkan standar Norsok Z-008:2017, didapatkan hasil bahwasannya terdapat beberapa komponen yang memiliki tingkat menengah dan tinggi, sehingga perlu dilakukan proses lanjutan seperti evaluasi suku cadang maupun penyusunan rekomendasi pemeliharaan dengan bantuan *RCM II decision worksheet*. RCM II diperlukan untuk menyusun strategi pemeliharaan secara *preventive maintenance*, diantaranya *on condition task* untuk komponen seperti *fo storage tank*, *scheduled discard task* untuk komponen seperti *fo transfer pump*, *scheduled restoration task* untuk komponen *fo filter*. Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya untuk mengetahui berapa biaya perawatan yang dibutuhkan tiap komponennya dan dapat ditarik keputusan akhir terkait jenis perawatan yang sebaiknya digunakan.

Kata Kunci : Evaluasi Suku Cadang, Klasifikasi Konsekuensi, Norsok Z-008:2017, *Reliability Centered Maintenance II*, Sistem Bahan Bakar.

1. PENDAHULUAN

Kapal kontainer atau kapal peti kemas merupakan suatu kapal yang dibangun untuk mengangkut kontainer atau peti kemas dengan ukuran tertentu. Pentingnya kapal kontainer bagi kegiatan industri di bidang perkapalan, menjadikan kapal kontainer sebagai salah satu aset utama yang dimiliki oleh suatu perusahaan, sehingga mutu operasional suatu kapal harus dijaga dan ditingkatkan dengan cara melakukan suatu program pemeliharaan yang tepat dari perusahaan guna menjamin kelayakan kapal agar dapat beroperasi secara maksimal.

Kegiatan pemeliharaan atau *maintenance* bertujuan untuk mempertegas bahwa aset yang dimiliki dapat terus digunakan untuk memenuhi apa yang diinginkan oleh pengguna terhadap fungsi dari aset itu sendiri. Dalam hal ini, sistem bahan bakar atau *fuel oil system* merupakan salah satu aset yang harus dilakukan pemeliharaan untuk menunjang kelayakan kapal dalam beroperasi.

Fungsi kerja sistem bahan bakar pada mesin induk kapal dapat dipertahankan dengan melakukan pemilihan program pemeliharaan yang tepat berdasarkan tingkat klasifikasi konsekuensi dengan menggunakan standar Norsok Z-008:2017 yang dimana tingkat kekritisan suatu komponen ditinjau dari berbagai macam segi, baik dari segi *safety*, *environment* maupun dari segi *production*. Hasil dari klasifikasi inilah yang nantinya akan menentukan program pemeliharaan yang tepat untuk dilakukan pada sistem bahan bakar, baik itu *corrective maintenance* maupun *preventive maintenance*.

Melalui metode RCM II, pemeliharaan secara *preventive* dapat dibuat lebih spesifik dengan melakukan penentuan *proposed task* menggunakan bantuan *RCM II Decision Worksheet*. Kemudian dapat dilakukan evaluasi pengadaan suku cadang yang akan digunakan dan juga dapat dilakukan analisis perhitungan biaya pemeliharaan baik secara *corrective maintenance* maupun secara *preventive maintenance*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metodologi penelitian sebagai berikut:

2.1 Identifikasi Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar merupakan suatu sistem penunjang dari mesin yang berfungsi untuk *supply* bahan bakar dari tangki penyimpanan bahan bakar di kapal hingga menuju ke ruang pembakaran yang terletak pada suatu mesin. Proses pembakaran inilah yang nantinya akan menjadi olah gerak mesin dan akan dikonversikan menjadi daya untuk menggerakkan kapal.

Flow atau aliran proses kerja sistem bahan bakar dapat dilihat dari P&ID sistem bahan bakarnya. Pada Gambar 2, aliran bahan bakar dimulai dari *FO Storage Tank*. Bahan bakar yang tersimpan pada *FO Storage Tank* akan di-*transfer* menggunakan *FO Transfer Pump* menuju *FO Settling Tank*. Dari *FO Settling Tank*, bahan bakar akan melewati proses pemisahan terhadap endapan lumpur dan air terlebih dahulu oleh *FO Purifier* sebelum nantinya akan dialirkan menuju tangki harian atau *FO Service Tank*. Bahan bakar yang sudah siap pakai akan di-*supply* menggunakan *FO Supply Pump* dengan melewati *FO Deaerator* terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan oksigen dan gas gas terlarut dalam air. Sebelum bahan bakar memasuki *main engine* bahan bakar akan disaring terlebih dahulu hingga kotoran berbentuk partikel kecil tidak dapat memasuki *main engine*. Bahan bakar yang telah ter-*filter* akan dialirkan menuju *Injector* dengan menggunakan *Fuel Injection Pump*. Setelah bahan bakar telah siap untuk memasuki ruang pembakaran, *Injector* akan menyemprotkannya.

2.2 Technical Hierarchy dan Tagging

Penyusunan *Technical Hierarchy* berfungsi untuk membantu dalam memberikan gambaran keseluruhan dari komponen-komponen yang dimiliki dan menunjukkan hubungan antar komponen dalam suatu sistem. Pada penyusunan ini juga dilakukan pemberian *tagging* pada komponen dengan menggunakan Norsok Z-DP-002 *Coding System* sebagai acuannya.

2.3 Identifikasi Main Function dan Sub Function

Identifikasi *main function* dilakukan untuk mempermudah melakukan analisis dengan mengacu pada fungsi utama suatu komponen dalam sistem. Identifikasi *sub function* dapat dilakukan dengan cara melakukan pembagian pada *main function* sehingga akan lebih menyederhanakan untuk proses penilaian nantinya.

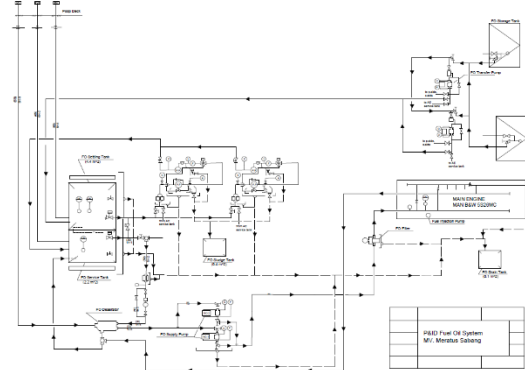
2.4 Penetapan Redudansi

Konsekuensi pada sistem dari tiap kegagalan pada *sub function* dinilai berdasarkan HSE. Tingkat redudansi pada *main function* dan *sub function* sangat diperlukan untuk digunakan

dalam pengambilan keputusan berdasarkan penilaian Norsok Z-008

2.5 Klasifikasi Konsekuensi

Klasifikasi konsekuensi merupakan proses pembagian tingkat kekritisan suatu komponen menjadi tiga tingkatan, yakni tinggi, menengah dan rendah. Komponen yang memiliki tingkat konsekuensi yang tinggi dan menengah akan dilakukan program *preventive maintenance*, sedangkan komponen yang memiliki tingkat konsekuensi yang rendah akan dilakukan program *corrective maintenance*.



Gambar 1 P&ID Sistem Bahan Bakar

2.6 Evaluasi Reliability dan Laju Kegagalan

Reliability dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu komponen maupun sistem yang dimana akan beroperasi sesuai dengan fungsi yang diharapkan pada suatu periode waktu yang ditentukan dalam kondisi operasi tertentu. Sementara itu, laju kegagalan merupakan banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi dari suatu komponen maupun system.

Evaluasi *reliability* dilakukan untuk mengklasifikasikan suatu komponen kedalam kategori *proactive task* maupun *default action* berdasarkan nilai *Reliability Lower Limit Maintenance (RLLM)* yakni dengan tingkat kepercayaan (*confidence levels*) sebesar 0.6 atau 60%. Komponen dengan nilai keandalan kurang dari 60% akan dilakukan *default action*, dengan catatan tindakan ini dipilih ketika tindakan *proactive task* yang efektif tidak mungkin dapat dilakukan, sedangkan untuk komponen dengan nilai keandalan lebih dari 60% maka akan dilakukan strategi *proactive task*.

2.7 Distribusi Probabilitas

Suatu peristiwa Probabilitas adalah proporsi waktu suatu peristiwa akan terjadi jika percobaan diulang tanpa batas. Probabilitas ini terletak antara 0 dan 1, dan peristiwa dengan probabilitas 0 tidak akan pernah terjadi, sedangkan peristiwa dengan probabilitas 1 akan selalu terjadi. Berikut ini merupakan beberapa jenis distribusi yang digunakan, seperti:

a. Distribusi Normal

Parameter yang digunakan distribusi normal adalah μ (nilai rata-rata) dan σ (standar deviasi). Untuk fungsi reliability distribusi normal sebagai berikut :

$$R(t) = \varphi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

b. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu μ sebagai parameter bentuk (shape parameter) dan σ sebagai parameter lokasi (location parameter). Untuk fungsi reliability distribusi lognormal sebagai berikut:

$$R(t) = \varphi\left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma}\right)$$

c. Distribusi Weibull

Parameter yang digunakan dalam distribusi weibull ini adalah yang disebut parameter skala (scale parameter) dan β yang disebut dengan parameter bentuk (shape parameter). Untuk fungsi reliability distribusi weibull sebagai berikut:

$$R(t) = e - \left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta$$

d. Distribusi Eksponensial

Ciri utama dari distribusi ini adalah laju kegagalannya yang konstan. Yang memiliki parameter (Scale Parameter). Untuk fungsi reliability distribusi eksponensial sebagai berikut:

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

2.8 Function Block Diagram

Functional Block Diagram (FBD) digunakan untuk menggambarkan beberapa fungsi komponen dalam satu kesatuan blok yang saling berhubungan antara fungsi komponen satu dengan komponen lainnya hingga membentuk satu kesatuan fungsi sistem kerja. Masing-masing komponen dapat dihubungkan dengan blok - blok lainnya dengan menggunakan garis penghubung.

2.9 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan yang terjadi dalam sebuah komponen atau peralatan hingga pada suatu sistem. Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing mode kegagalan berdasarkan tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*) dan tingkat deteksi (*detection*). Dari tiga variable itu dapat dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas dari suatu kegagalan. menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan. RPN dapat dihitung dengan menggunakan formula atau fungsi persamaan sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

2.10 Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet

Decision worksheet pada metode RCM II digunakan untuk menentukan dampak kegagalan dan tindakan pencegahan yang dilakukan serta interval waktu yang dilakukan untuk melakukan tindakan pencegahan. *RCM II decision worksheet* terdiri dari beberapa kolom, yakni terdapat kolom *information reference* yang mengacu pada FMEA, kolom *consequence evaluation* merupakan konsekuensi yang ditimbulkan karena terjadinya kegagalan fungsi, lalu kolom *proactive task* dan *default action* merupakan penentuan tindakan yang akan dilakukan, kemudian kolom *proposed task* merupakan tindakan perencanaan, selanjutnya kolom *initial interval* digunakan untuk menentukan waktu dari tindakan yang dilakukan, serta *can be done by* menunjukkan pihak yang diberikan wewenang untuk melaksanakan aktifitas perawatan.

2.11 Evaluasi Suku Cadang

Pengadaan suku cadang biasanya dilakukan di berbagai lokasi. Untuk menentukan lokasi yang optimal untuk suku cadang dapat dilakukan dengan menggunakan matriks resiko, dimana untuk menentukan konsekuensi tiap komponen apakah komponen tersebut masuk kedalam kelas *low*, *medium*, ataukah *high* menggunakan hasil dari penilaian klasifikasi konsekuensi, sedangkan untuk menentukan tingkat permintaan suku cadang didasarkan pada nilai laju kegagalan komponen yang terjadi dalam kurun waktu satu tahun.

2.12 Analisis Perhitungan Biaya Perawatan

Analisis perhitungan biaya perawatan dilakukan untuk segi biaya perawatan yang dibutuhkan untuk tiap komponen pada suatu sistem, baik secara *corrective maintenance* maupun secara *preventive maintenance*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui biaya perawatan yang paling optimal, sehingga dapat ditarik keputusan akhir terkait jenis perawatan yang sebaiknya digunakan. Biaya perawatan terdiri dari:

- Biaya tenaga kerja (CW)
- Biaya penggantian komponen baik dari segi material maupun alat bahan (CF)
- Biaya konsekuensi operasional (CO)

Sehingga, dari ketiga jenis biaya tersebut dapat dihitung biaya perawatannya dengan cara seperti berikut:

$$CR = CF + ((CW + CO) \times MTTR)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan hasil dan pembahasan dari penelitian ini.

3.1 Klasifikasi Konsekuensi Berdasarkan Standar Norsok Z-008:2017

Dalam rangka melakukan klasifikasi konsekuensi yang bertujuan untuk menganalisis kejadian dan kegagalan yang akan ditimbulkan, ada beberapa langkah yang harus dilakukan, seperti penyusunan *technical hierarchy*, identifikasi *main function* dan *sub function*, *tagging*, penetapan redudansi, hingga penilaian resiko. Berikut merupakan hasil klasifikasi konsekuensinya:

Tabel 1 Hasil Klasifikasi Konsekuensi

Komponen	Resiko Tertinggi	Strategi Perawatan
FO Storage Tank	Medium	Preventive Maintenance
Angle Valve	Low	Corrective Maintenance
FO Transfer Pump	High	Preventive Maintenance
Gate Valve	Low	Corrective Maintenance
General Valve	Low	Corrective Maintenance
Filter FO Transfer Pump	Low	Corrective Maintenance
FO Settling Tank	Medium	Preventive Maintenance
FO Purifier	High	Preventive Maintenance
3 Way Globe Valve	Low	Corrective Maintenance
Separator FO Purifier	Low	Corrective Maintenance
FO Service Tank	Medium	Preventive Maintenance
FO Deaerator	Medium	Preventive Maintenance
FO Supply Pump	High	Preventive Maintenance
FO Filter	High	Preventive Maintenance
Fuel Injection Pump	High	Preventive Maintenance
Injector	High	Preventive Maintenance

3.2 Evaluasi Reliability

Evaluasi reliability dilakukan untuk berbagai tujuan, salah satunya yakni untuk mengetahui tingkat kekritisan komponen berdasarkan jam yang dibutuhkan saat sudah berada pada nilai *Reliability Lower Limit Maintenance* (RLLM) yakni 0.6 atau 60%. Namun untuk mengetahui nilai reliability tiap komponen perlu dilakukan uji distribusi data untuk mengetahui jenis distribusi dan parameter apa saja yang digunakan untuk masing-masing komponen. Berikut ini hasil dari evaluasi reliability yang telah dilakukan.

Tabel 2 Jenis Distribusi dan Parameter

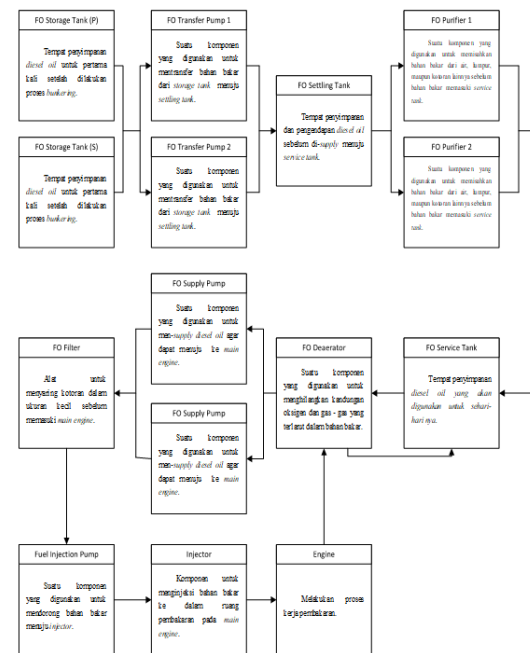
No.	Komponen	Distribusi	Parameter						
			μ	σ	τ	β	η	λ	
1	FO Storage Tank	Eksponensial	-	-	-	-	-	-	10,31E-06
2	FO Transfer Pump	Eksponensial	-	-	-	-	-	-	196,36E-06
3	FO Settling Tank	Eksponensial	-	-	-	-	-	-	10,31E-06
4	FO Purifier 1	3 Parameter Weibull	-	-	0,58055	433,90068	175,5695	-	-
5	FO Purifier 2	3 Parameter Weibull	-	-	0,8093	652,34315	184,18073	-	-
6	FO Service Tank	Eksponensial	-	-	-	-	-	-	10,31E-06
7	FO Deaerator	Eksponensial	-	-	-	-	-	-	16,73E-06
8	Supply Pump	3 Parameter Weibull	-	-	0,66476	903,8126	191,307	-	-
9	FO Filter	3 Parameter Weibull	-	-	0,71798	580,98496	203,98615	-	-
10	Fuel Injection Pump	3 Parameter Weibull	-	-	0,74455	822,37411	226,06502	-	-
11	Injector 1	Lognormal	6,16147	0,6381	-	-	-	-	-
12	Injector 2	Lognormal	6,3341	0,64471	-	-	-	-	-
13	Injector 3	Lognormal	6,26654	0,53025	-	-	-	-	-
14	Injector 4	Lognormal	6,32563	0,61932	-	-	-	-	-
15	Injector 5	Lognormal	6,22741	0,55318	-	-	-	-	-

Tabel 3 Nilai Reliability

No.	Komponen	t	R(t)	MTTF	MTTR
1	FO Storage Tank	49500	0,60029	96993,21048	12
2	FO Transfer Pump	2600	0,60017	5092,6869	9,7
3	FO Settling Tank	49500	0,60029	96993,21048	12
4	FO Purifier 1	310	0,60261	858,013	8
5	FO Purifier 2	460	0,6076	917,274	8
6	FO Service Tank	49500	0,60029	96993,21048	12
7	FO Deaerator	30500	0,60034	59772,86312	3
8	FO Supply Pump	520	0,60021	1396,43	8
9	FO Filter	430	0,60188	922,289	2
10	Fuel Injection Pump	550	0,60669	1211,16	8
11	Injector 1	690	0,60504	578,77	8
12	Injector 2	470	0,61077	690,168	8
13	Injector 3	460	0,60071	604,355	8
14	Injector 4	470	0,60932	673,735	8
15	Injector 5	440	0,60034	588,329	8

3.3 Functional Block Diagram (FBD)

Berikut merupakan FBD dari system yang digunakan pada penelitian ini:



Gambar 2 FBD Sistem Bahan Bakar

3.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Berikut merupakan hasil penyusunan FMEA:

Tabel 4 Hasil FMEA

No	Equipment	Function	Failure Function	Failure Modes	Failure Causes	Failure Effect	Failure Detection Method	RPN Value			
								S	O	D	RPN
1	FO Storage Tank	Tempat penyimpanan bahan bakar pertama kali setelah dilakukan proses fueling	Terdapat kebocoran pada FO storage tank	Kebocoran tank	Adanya crack yang di sebabkan oleh getaran yang berlebihan maupun korosi pada tank	Volume bahan bakar yang tersimpan pada storage tank berkurang atau mengalami kebocoran	Dibutuhkan pemantauan pada storage tank, maupun dilakukan pemantauan secara visual	3	1	3	9

3.5 Reliability Centered Maintenance II Decision Worksheet

Berikut merupakan hasil penyusunan RCM II Decision Worksheet:

Tabel 5 Hasil RCM II Decision Worksheet

RCM II Decision Worksheet															Date:	Sheet No:					
System: Sistem Bahan Bakar Main Engine MV Meratus Sabang																					
Function: Untuk mensupply bahan bakar menuju main engine																					
Sub System:																					
Information reference		Consequence Evaluation					Default Action				Proposed Task		Initial interval (Jem)	Can be done by							
NO	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	E1	E2	E3	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	FO Storage Tank	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N								Scheduled on Condition (30); Tindakan preventive dilakukan dengan cara melakukan pemeriksaan dan pengecekan storage tank pada saat kapal dalam masa docking untuk intermediate survey class	21900	KKM mel 1 ^o Eng 2 ^o Eng 3 ^o Eng Oiler

3.6 Evaluasi Suku Cadang

Evaluasi suku cadang dapat diketahui dengan melihat konsekuensi resiko dan laju kegagalan suatu komponen. Kedua variabel tersebut akan menunjukkan suatu kategori tingkat permintaan sesuai pada matriks suku cadang berdasarkan Norsok Z-008:2017. Berikut ini merupakan hasil evaluasi suku cadang:

Tabel 6 Hasil Evaluasi Suku Cadang

Komponen	Hasil Evaluasi Suku Cadang
FO Storage Tank	No Stock
Angle Valve	No Stock
FO Transfer Pump	Holding Optimized by Use of Risk Assessment Case by Case
Gate Valve	No Stock
General Valve	No Stock
Filter FO Transfer Pump	No Stock
FO Settling Tank	No Stock
FO Purifier	Holding Optimized by Use of Risk Assessment Case by Case
3 Way Globe Valve	No Stock
Separator FO Purifier	No Stock
FO Service Tank	No Stock
FO Deaerator	No Stock
FO Supply Pump	Holding Optimized by Use of Risk Assessment Case by Case
FO Filter	Holding Optimized by Use of Risk Assessment Case by Case
Fuel Injection Pump	Holding Optimized by Use of Risk Assessment Case by Case
Injector	Holding Optimized by Use of Risk Assessment Case by Case

3.7 Analisis Perhitungan Biaya Perawatan

Biaya perawatan dihitung dengan dua cara, yakni secara *corrective maintenance* dan juga secara *preventive maintenance*. Berikut ini hasil dari analisis perhitungan biaya perawatan:

Tabel 7 Hasil Analisis Perhitungan Biaya Perawatan

Komponen	Biaya Corrective Maintenance	Biaya Preventive Maintenance	Maintenance Decision
FO Transfer Pump	Rp 34.713.849	Rp 3.770.284	Preventive Maintenance
FO Purifier	Rp 32.557.142	Rp 68.645.161	Corrective Maintenance
FO Supply Pump	Rp 29.006.707	Rp 17.981.805	Preventive Maintenance
FO Filter	Rp 7.323.619	Rp 5.998.512	Preventive Maintenance
Fuel Injection Pump	Rp 39.656.975	Rp 82.064.436	Corrective Maintenance
Injector	Rp 34.262.538	Rp 67.525.329	Corrective Maintenance

4. KESIMPULAN

Berdasarkan klasifikasi konsekuensi dengan menggunakan standar Norsok Z-008:2017, komponen – komponen pada sistem bahan bakar mesin induk MV. Meratus Sabang memiliki tiga tingkat kekritisan yakni tingkat rendah (*low*), tingkat menengah (*medium*) dan tingkat tinggi (*high*). Komponen dengan tingkat konsekuensi rendah diantaranya *General Valve*, *Gate Valve*, *Angle Valve*, *3 Way Globe Valve*, *Filter FO*

Transfer Pump, dan *Strainer FO Purifier*. Komponen dengan tingkat konsekuensi medium diantaranya *FO Storage Tank*, *FO Settling tank*, *FO Service tank* dan *FO Deaerator*. Sedangkan untuk komponen dengan tingkat konsekuensi tinggi antara lain *FO Transfer Pump*, *FO Purifier*, *FO Supply pump*, *FO Filter*, *Fuel Injection Pump*, dan *Injector*.

Berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance II* didapatkan program perawatan yang tepat dan sesuai untuk tiap komponen pada sistem bahan bakar mesin induk MV. Meratus Sabang, yakni *corrective maintenance* dan *preventive maintenance*, dimana dalam *preventive maintenance* terbagi menjadi tiga strategi perawatan, yakni *on-condition task*, *scheduled discard task*, dan *scheduled restoration task*. Komponen dengan program perawatan *corrective* diantaranya *General Valve*, *Gate Valve*, *Angle Valve*, *3 Way Globe Valve*, *Filter FO Transfer Pump*, dan *Strainer FO Purifier*, sedangkan untuk komponen dengan program perawatan *preventive* diantaranya *on-condition task* untuk komponen *FO Storage Tank*, *FO Settling tank*, *FO Service tank* dan *FO Deaerator*, lalu *scheduled discard task* untuk komponen *FO Transfer Pump*, *FO Purifier*, *FO Supply pump*, *Fuel Injection Pump*, dan *Injector*, sedangkan *scheduled restoration task* untuk komponen *FO Filter*.

Berdasarkan standar Norsok Z-008 didapatkan hasil dari evaluasi suku cadang komponen sistem bahan bakar mesin induk MV. Meratus Sabang, terbagi kedalam dua jenis kelompok yakni komponen yang tidak memiliki stok suku cadang (*no stock*) dan komponen yang suku cadangnya berdasarkan *risk assessment* kasus demi kasus. Untuk komponen yang tidak memiliki stok suku cadang antara lain *General Valve*, *Gate Valve*, *Angle Valve*, *3 Way Globe Valve*, *Filter FO Transfer Pump*, *Strainer FO Purifier*, *FO Storage Tank*, *FO Settling tank*, *FO Service tank* dan *FO Deaerator*. Lalu untuk komponen yang suku cadangnya berdasarkan *risk assessment* kasus demi kasus antara lain *FO Transfer Pump*, *FO Purifier*, *FO Supply pump*, *FO Filter*, *Fuel Injection Pump*, dan *Injector*.

Berdasarkan dari hasil analisis biaya perbaikan sistem bahan bakar mesin induk MV. Meratus Sabang, didapati komponen yang lebih baik menggunakan jenis perbaikan secara *preventive maintenance* dan komponen yang sebaiknya tetap menggunakan jenis *corrective maintenance*. Komponen yang menggunakan *preventive maintenance* adalah *FO Transfer Pump*, *FO Supply pump*, dan *FO Filter* dengan biaya tertinggi pada komponen *FO Supply Pump* sebesar Rp. 17.981.805. Sedangkan komponen yang menggunakan *corrective maintenance* adalah *FO Purifier*, *Fuel Injection Pump*, dan *Injector* dengan biaya tertinggi terletak pada

komponen *Fuel Injection Pump* sebesar Rp. 39.656.975.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari dalam penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan aman, selamat, lancar, dan barokah.
2. Orang tua yang telah membesarkan penulis, membiayai sekolah penulis, selalu memberikan banyak nasehat, semangat, doa, kasih sayang, dan meteri yang tidak dapat penulis ucapkan satu persatu.
3. Bapak Edi Haryono, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan banyak ilmu baru yang penulis peroleh dari penyelesaian Tugas Akhir.
4. Ibu Nurvita Arumsari, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan banyak ilmu baru yang penulis peroleh dari penyelesaian Tugas Akhir.
5. Teman – teman seperjuangan D4 ME 2019 yang saling mendukung selama kuliah dan pengerjaan penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Bureau of Shipping. 2004. *Guidance Notes on ReliabilityCentered Maintenance*. Houston, USA : ABS
- [2] Blanchard, S. Benjamin & Verma, Dinesh & Peterson, L. Elmer. 1994. *Maintainability, A Key To Effective Serviceability and Maintenance Management*. John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Dephande, V. S., & Modak, J. P. (2001). *Application of RCM to Medium Scale Industry*. India: *Department of Mechanical Engineering, P.C.E & A, Nagpur University*.
- [4] Ebeling, C.E., 1997. “An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering”. McGraw-Hill Companies, Inc.
- [5] McDermott, R. E., Mikulak, R. J. & Beauregard, M. R. (2009). *The Basic of FMEA*. New York: Taylor & Francir Group, LLC.
- [6] Moubray, J. (1997). *Reliability Centerd Maintenance*. NewYork: *Industrial pressinc. 2nd edition*.

[7] Norsok. (2002). *Coding system*.

[8] Norsok, T., Federation, T., & Industry, N. (2017). *NORSOK STANDARD Risk based maintenance and consequence classification*.