

Strategi Penjadwalan Perawatan Permesinan Kapal KMP. Kormomolin dengan Penerapan Dinamika Sistem

Syerly Klara^{a,*}, Surya Hariyanto^a, Muhammad Ardi Isragusra^a, Apriansyah^b

^aDepartemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa, 92171

^bProgram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, 91413

*Email: elikapal83@gmail.com

Abstrak

Strategi penjadwalan perawatan sistem pendukung mesin utama memiliki peran yang sangat penting demi kelangsungan beroperasinya mesin utama dikapal. Sistem penunjang mesin utama terdiri dari sistem bahan bakar, sistem pelumas, dan sistem pendingin. Oleh karena itu apabila terjadi kegagalan pada salah satu sistemnya, kondisi ini tidak hanya berdampak pada mesin utama tetapi hal ini juga mempengaruhi operasional kapal. Dengan begitu pentingnya peran sistem penunjang mesin utama tentunya membutuhkan suatu penjadwalan perawatan yang baik sehingga dapat mencegah terjadinya kegagalan sistem. Dalam penelitian ini dianalisa dan diidentifikasi kegiatan penjadwalan *preventive maintenance* berdasarkan efek perawatan dengan metode dinamika system. Efek perawatan didasarkan pada nilai availability dan keandalan komponen sistem pendukung mesin utama kapal. Penjadwalan perawatan berdasarkan efek perawatan dimodelkan dengan dinamika sistem. Analisa menggunakan Powersim Software dimana hasilnya menunjukkan bahwa komponen yang direkomendasikan untuk melakukan perawatan dengan nilai keandalan 0,55 atau 55% dengan peluang sukses komponen sedikit lebih tinggi dibanding peluang gagalanya. Dan dengan metode Birnbaum's Criticality Measure dan Veselly Fussel didapatkan hasil untuk sistem bahan bakar komponen filter mempunyai tingkat kekritisan paling tinggi. Untuk sistem pelumas, komponen Oil Filter mempunyai tingkat kekritisan paling tinggi dan untuk sistem pendingin Sea chest filter mempunyai tingkat kekritisan paling tinggi. Semua jadwal perawatan ditentukan berdasarkan keandalan sistem untuk mengurangi biaya perawatan dan dalam rangka untuk menghindari terjadinya kegagalan sistem. Optimasi biaya yang didapatkan untuk sistem bahan bakar sebesar 53%, sistem pelumas sebesar 30% dan sistem pendingin sebesar 36%.

Kata Kunci: Kapal Ferry, Strategi Perawatan, Dinamika Sistem

1. Pendahuluan

KMP. Kormomolin merupakan salah satu armada angkutan penyeberangan kapal yang beroperasi dengan trayek Bira-Pamatata. Kapal ini mulai beroperasi di ASDP Selayar mulai tahun 2019 setelah sebelumnya beroperasi di perairan selat Makassar. Kapal yang terus beroperasi menuntut pihak perusahaan untuk melakukan perawatan utamanya pada komponen – komponen yang mendukung mesin induk dalam beroperasi lebih optimal [1]. Sistem penunjang mesin induk di kapal berfungsi untuk membantu mesin induk agar beroperasi sesuai dengan fungsinya yaitu memberikan tenaga kepada propeller untuk mendorong kapal [2].

Salah satu bagian dari sistem penunjang mesin induk yaitu sistem bahan bakar. yang memiliki peran dan fungsi yang sangat penting bagi kelangsungan operasional mesin induk. Hal ini dikarenakan, apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponennya,

mesin induk pasti akan mengalami masalah dan tidak dapat beroperasi dengan baik [3]. Untuk dapat mendeteksi penyebab kegagalan komponen/sistem perlu dilakukan suatu studi yang mempelajari mengenai karakteristik pola kegagalan, pola perawatan serta kondisi operasional dari masing-masing komponen sistem bahan bakar berdasarkan jadwal operasional kapal dengan pemodelan dinamika system [4] serta menentukan jadwal perawatan yang optimum dari komponen yang mengalami kegagalan operasi, agar dapat dilakukan pencegahan sehingga dapat meminimalisir kerusakan [2].

2. Metodologi

2.1. Method

Penelitian ini dibuat dengan pembuatan model dinamika sistem dengan menggunakan bantuan PowerSim Studio 10 dari sistem penunjang mesin utama tersebut. Analisa keandalan serta penjadwalan

perawatan dengan membuat suatu model performa komponen sistem penunjang motor induk [5]. Dalam hal ini adalah mengetahui waktu kegagalan serta perbaikan dari masing-masing komponen yang dapat diwakili oleh komponen kritis pada system [6] sehingga setelah dua model itu selesai ditambahkan suatu model untuk menganalisa jadwal perawatan yang tepat.

Berdasarkan kondisi operasional kapal pada model pertama yang nantinya dilanjutkan pembuatan model untuk menganalisa estimasi biaya perawatan yang akan digunakan untuk proses perawatan atau perbaikan tersebut. Pembuatan model ini mencakup ketiga sistem penunjang mesin utama yang dibahas yaitu sistem bahan bakar, sistem pelumas dan sistem pendingin. Penetapan waktu perbaikan dan biaya tiap sistem didasarkan pada nilai keandalan optimum sehingga biaya yang dikeluarkan akan lebih rendah dengan nilai keandalan yang ditetapkan [7].

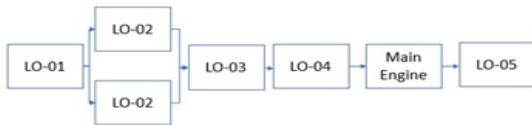
2.2. Sistem Penunjang Mesin Utama KMP. Kormomolin

Diagram proses/blok dari sistem bahan bakar dengan memperhatikan prinsip kerja dari masing masing komponen utama yaitu :



Gambar 1. Diagram proses/blok sistem bahan bakar

Diagram proses/blok system pelumas :



Gambar 2. Diagram proses/blok sistem pelumas

Sistem pendingin terdiri dari dua macam yaitu sistem pendingin dengan menggunakan air laut dan air tawar:



Gambar 3. Diagram sistem pendingin air laut



Gambar 4. Diagram sistem pendingin air tawar

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Evaluasi Sistem Penunjang Mesin Utama

Berdasarkan data perawatan, jam operasi dan data time to failure (TTF) dari masing masing komponen. Untuk mendapatkan model distribusi probabilitasnya menggunakan software Isograph, maka hasilnya pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil model distribusi probabilitas

Komponen	Kode	Reliability	Distribusi	Parameter
Storage Tank	FO-01	NA		
Transfer Pump 1	FO-021	Beta	3,811	Eta 392,7
				Gamma 0
Transfer Pump 2	FO-022	Beta	5,483	Eta 434,1
				Gamma 0
Pemisah Minyak	FO-03	Beta	3,811	Eta 392,7
				Gamma 0
Daily Tank	FO-04	NA		
Feed Pump 1	FO-051	Beta	3,811	Eta 392,7
				Gamma 0
Feed Pump 2	FO-051	Beta	5,483	Eta 434,1
				Gamma 0
Filter	FO-06	Beta	5,31	Eta 133,5
				Gamma 0
Drain Tank	FO-07	NA		

Dari tabel 1 ada beberapa komponen yang tidak pernah mengalami kegagalan/ kerusakan selama selang waktu antara ± 3 tahun, antara lain storage tank, service tank, settling tank. Sehingga diasumsikan failure rate = 0. Distribusi weibull mempunyai karakteristik kegagalan pada periode masa awal, periode pemakaian normal, dan periode masa aus.

Tabel 2. Reliability Distribusi Parameter Sistem Pelumasan

Peralatan	Kode	Reliability Parameter	Distribusi
LO Tank	LO-01	NA	
Filter	LO-02	Beta	5,31
		Eta	66,73
		Gamma	0
Transfer Pump 1	LO-031	Beta	8,157
		Eta	301,7
		Gamma	0
Transfer Pump 2	LO-032	Beta	5,116
		Eta	287,6
		Gamma	0
Cooler Minyak Lumas	LO-04	Beta	8,157
		Eta	603,5
		Gamma	0
LO Drain Tank	LO-05	NA	

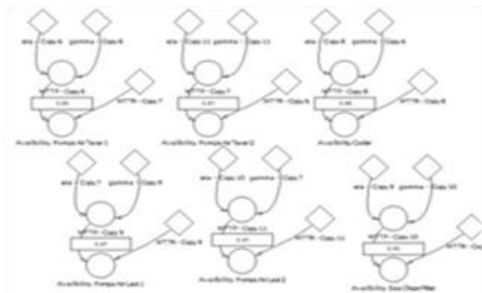
Dari data time to failure (TTF) system pelumas, model distribusi probabilitasnya pada Tabel 2. Model distribusi probabilitas sistem pendingin mesin diperlihatkan pada Tabel 3.

3.2. Pembuatan Model Dinamika Sistem

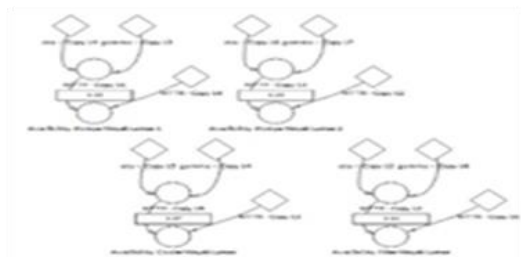
Ketersediaan merupakan probabilitas suatu sistem atau komponen yang beroperasi dalam jangka waktu tertentu. Pada kasus di sistem penunjang mesin induk. Komponen-komponen dalam sistem penunjang mesin induk memiliki jadwal operasi yang berbeda dalam setiap sistemnya.

Tabel 3. Reliability distribusi parameter sistem pelumasan

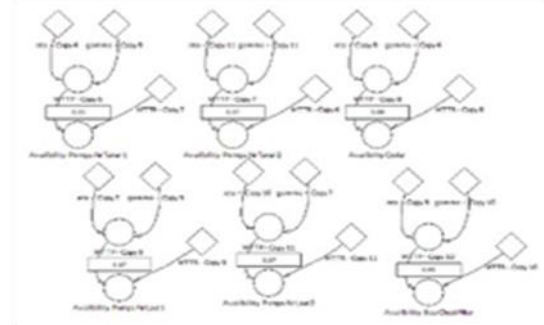
Peralatan	Kode	Reliability Parameter	Distribusi
FW Tank	FW-01	NA	
FW Pump 1	FW-02	Beta	7,002
		Eta	732,5
		Gamma	0
FW Pump 2	FW-02	Beta	4,96
		Eta	851,6
		Gamma	0
Settling Tank	FW-03	NA	
Cooler	FW-04	Beta	6,225
		Eta	255,4
		Gamma	0
Daily Tank	FW-06	NA	
Sea Chest Filter	SW-01	Beta	6,225
		Eta	255,4
		Gamma	0
SW Pump 1	SW-02	Beta	3,811
		Eta	392,7
		Gamma	0
SW Pump 2	SW-02	Beta	5,483
		Eta	434,1
		Gamma	0



Gambar 5. Model dinamika sistem ketersediaan komponen sistem bahan bakar



Gambar 6. Model dinamika sistem ketersediaan komponen sistem pelumas



Gambar 7. Model dinamika sistem ketersediaan komponen sistem pendingin

Model ketersediaan masing-masing komponen dengan menggunakan powersim, maka akan diketahui nilai ketersediaan komponen di dalam sistem penunjang mesin induk kapal seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Nilai ketersediaan komponen sistem bahan bakar

Sistem Bahan Bakar		Sistem Pendingin		Sistem Pelumas	
Peralatan	Avail-ability	Peralatan	Avail-ability	Peralatan	Avail-ability
Transfer Pump 1	0.88	Sea Water Pump 1	0.86	Transfer Oil Pump 1	0.94
Transfer Pump 2	0.89	Sea Water Pump 2	0.86	Transfer Oil Pump 2	0.94
Oil Water Separator	0.95	Cooler	0.87	Lubricating Oil Cooler	0.99
Feed Pump 1	0.96	Sea Chest Filter	0.94	Lubricating Oil Filter	0.93
Feed Pump 2	0.96	Fresh Water Pump 1	0.77		
Filter	0.96	Fresh Water Pump 2	0.77		

Pada tahun pertama. Hasilnya menunjukkan tingkat indikator kekritisan komponen yang sama antara metode birnbaums dengan metode vesely fusel pada system penunjang mesin.

Tabel 5. Nilai keandalan komponen metode birnbaum's

Sistem Bahan Bakar		Sistem Pendingin		Sistem Pelumas	
Peralatan	Relia-bility (T=200)	Peralatan	Relia-bility (T=200)	Peralatan	Relia-bility (T=200)
FO Pump 1	0.92	LO Pump 1	0.96	Sea Chest Filter	0.8
Fo Pump 2	0.98	LO Pump 2	0.85	Sw Pump 1	0.92
Pemisah Minyak	0.92	LO Cooler	0.99	Sw Pump 2	0.98
Feed Pump 1	0.92	LO Filter	0.02	Cooler	0.8
Feed Pump 2	0.92			Fw Pump 1	0.99
Fuel Filter	0.01			Fw Pump 2	0.99

Tabel 6. Nilai keandalan komponen metode vessely fussel

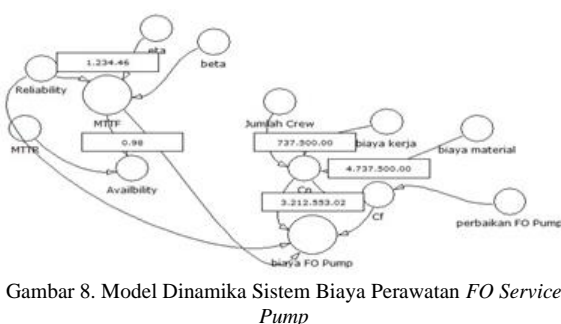
Sistem Bahan Bakar		Sistem Pendingin		Sistem Pelumas	
Peralatan	Reliability (T=200)	Peralatan	Reliability (T=200)	Peralatan	Reliability (T=200)
FO Pump 1	0.92	LO Pump 1	0.99	Sea Chest Filter	0.8
FO Pump 2	0.98	LO Pump 2	0.99	SW Pump 1	0.92
Pemisah Minyak Feed Pump 1	0.92	LO Cooler Filter	0.49	SW Pump 2	0.98
Feed Pump 2	0.92		0.16	Cooler	0.8
Fuel Filter	0.01			FW Pump 1	0.83
				FW Pump 2	0.83

- Biaya Tenaga Kerja

Berdasarkan data kerugian yang di peroleh di lapangan bahwa biaya jam kerja rata-rata crew kapal adalah sebesar Rp. 7.500.000 setiap 30 hari kerja. Jadi setiap jam kerja crew kapal mendapatkan upah sekitar Rp.31.250

- Biaya Maintenance Kapal

Pemodelan biaya perawatan dibuat untuk mengetahui berapa jumlah biaya perawatan yang dikeluarkan oleh pemilik kapal dalam waktu 1 tahun kedepan. Perhitungan biaya dibuat simulasi selama 1 tahun sesuai dengan jadwal docking survey kapal. Memasukkan nilai biaya perawatan per masing-masing komponen yang mengalami kerusakan pada sistem serta menambahkan dengan biaya upah tambahan crew selama pelaksanaan kegiatan perawatan



Gambar 8. Model Dinamika Sistem Biaya Perawatan FO Service Pump

Tabel 7. Perhitungan total cost FO Pump

Reliability	MTTF (Jam)	MTR (Jam)	Availability	Cp (Rp)	Cf (Rp)	Ct (Rp)
0.95	180.13	24	0.882	617.857	3.117.857	560.533
0.90	217.58	24	0.901	617.857	3.117.857	480.389
0.85	243.78	24	0.91	617.857	3.117.857	418.284
0.80	264.93	24	0.917	617.857	3.117.857	371.659
0.75	283.19	24	0.922	617.857	3.117.857	335.915
0.70	299.62	24	0.926	617.857	3.117.857	307.708
0.65	314.84	24	0.929	617.857	3.117.857	284.708
0.60	329.24	24	0.932	617.857	3.117.857	265.775

Perencanaan perawatan komponen pada sistem bahan bakar mesin induk kapal ikan lebih optimal apabila perawatan dilakukan pada waktu keandalan komponen minimal 0,7. direkomendasikan untuk melakukan kegiatan perawatan terhadap jam operasi dimana keandalannya R(t)= 0,7 atau 70 % yang berarti peluang komponen untuk sukses sedikit lebih tinggi daripada komponen gagal.

Tabel 8. Tabulasi waktu perawatan komponen sistem permesinan kapal

Jadwal Perawatan	Komponen yang dilakukan perawatan
Januari	-
Februari	FO Pump, Oil Water Separator, Feed Pump, FO Filter FW Pump, Cooler, Sea Chest Filter, SW Pump, LO Pump, LO Cooler, LO Filter
Maret	FO Filter, LO Filter
April	Cooler, Sea Chest Filter, FO Filter, LO Filter
Mei	FO Pump, Oil Water Separator, Feed Pump SW Pump, FO Filter, LO Filter
Juni	Cooler, Sea Chest Filter, FO Filter, LO Filter
Juli	LO Pump, LO Cooler, FO Filter, LO Filter
Agustus	FO Pump, Oil Water Separator, Feed Pump, SW Pump, Cooler, Sea Chest Filter, FO Filter LO Filter
September	FO Filter, LO Filter
Oktober	Cooler, Sea Chest Filter, FO Filter, LO Filter
November	FO Pump, Oil Water Separator, Feed Pump SW Pump, FO Filter, LO Filter
Desember	LO Pump, LO Cooler, Cooler, Sea Chest Filter FO Filter, LO Filter

3.3. Perbandingan Biaya Eksisting dan Rekomendasi

Presentasi penghematan biaya perawatan total biaya perawatan perusahaan - total biaya usulan dalam satu tahun:

- Sistem Bahan Bakar

$$\frac{\text{Rp. } 75.169.300 - \text{Rp. } 35.011.897}{\text{Rp. } 75.169.300} \times 100\% = 53\%$$

- Sistem pelumas

$$\frac{\text{Rp. } 27.191.800 - \text{Rp. } 18.973.357}{\text{Rp. } 27.191.800} \times 100\% = 30\%$$

- Sistem Pendingin

$$\frac{\text{Rp. } 50.506.000 - \text{Rp. } 32.048.194}{\text{Rp. } 50.506.000} \times 100\% = 36\%$$

4. Kesimpulan

Nilai ketersediaan masing masing sub sistem setelah dilakukan skenario perbaikan sistem berdasarkan jadwal pengoperasian. Untuk sistem bahan bakar, FO Pump memiliki nilai 0,88, Oil Water Separator 0,95, Feed Pump 0,96, dan Filter 0,96. Untuk sistem pelumas, LO Pump nilai 0,94, LO Cooler 0,99, LO Filter 0,93. Untuk sistem pendingin

SW Pump nilai 0,86, Cooler 0,87, SC Filter 0,94 dan FW Pump memiliki nilai 0,77.

Biaya total perawatan setelah dilakukan simulasi pemodelan dinamika sistem selama 1 tahun untuk sistem penunjang mesin induk kapal mengalami penghematan dari biaya awal yaitu: untuk sistem bahan bakar sebesar 53%, sistem pelumas sebesar 30%, dan sistem pendingin sebesar 36%.

Referensi

- [1] I. P. Kusuma, "Perencanaan Jadwal Perawatan Sistem Pendukung Mesin Induk Kapal dengan Menggunakan Sistem Dinamis," ITS, 2009.
- [2] G. Nusantara, "Pengaruh Efek Perawatan Terhadap Jadwal Perawatan Sistem Pendukung Mesin Induk Pada Kapal Dengan Menggunakan Pemodelan Dinamika Sistem," ITS, 2015.
- [3] E. Sasmito and Untung, "Analisa Keandalan Sistem Bahan Bakar Motor Induk Pada KM.Leuser," *Kapal*, 2012.
- [4] D. W. Handani and M. Uchida, "Modeling Optimum Operation of Ship Machinery by Using System Dynamics.," *J. Japan Inst. Mar. Eng. Vol 49 No.1, 132-141.*, 2014.
- [5] K. B. Artana and K. Ishida, "Optimum Replacement and Maintenance Scheduling Process for Marine Machinery in Wear Out Phase: A Case Study on Main Engine Cooling Pumps.," *Kansai Soc. Nav. Archit. Japan (KSNAJ)*, 2002.
- [6] M. Rausand and H. Arlnjot, *System Reliability Theory*. New Jersey: John Willey & Sons Inc., 2004.
- [7] M. Djunaidi, E. Bakdiyono, D. Sambong, and K. Batang, "Minimasi Biaya Perawatan dengan Menggunakan Metode Preventive Maintenance Policy," *J. Ilm. Tek. Ind.*, 2012.