

Prediksi *Reliability* Sistem Pendingin Ruangan KAL Kadet VIII-08 melalui Simulasi Bootstrap

Ajeng Wahyuni ^{1*}, Edi Haryono, S.T., M.T. ^{2*}, Nurvita Arumsari, S.Si., M.Si. ^{3*},
Didit Burimbang Martin ^{4*}

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

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

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Indonesia³

Fasharkan Surabaya, Markas Komando Armada II TNI AL, Indonesia⁴

Email: ajengwahyuni05@student.ppns.ac.id^{1*}; edi_haryono@ppns.ac.id^{2*}; arum@ppns.ac.id^{3*}; diditm170705@gmail.com^{4*}

Abstract - Patrol vessels are relatively small naval vessels designed for coastal defense and border guarding. KAL Cadet VIII-08 is one of AAL's patrol vessels that has a slightly different function, namely to support the "Sea Week End". Monitoring ship maintenance, including the air conditioning system, is crucial to maintain the optimality and reliability of the ship. This research focuses on the importance of reliability prediction to schedule maintenance. In this study, failure identification using Fault Tree Analysis (FTA) was carried out and 39 components of the system were obtained. The components are identified into a series and if a failure occurs in a particular component, it causes a failure in the system. The reliability value in this study uses the theoretical analysis method and because there are zero-failure components so that the reliability index is determined by the Bootstrap Resampling method. Furthermore, three critical components were obtained, namely the commander's room seawater condenser, the officer's lounge room seawater condenser, and the member's lounge room evaporator based on the calculation of the component with the smallest reliability value.

Keyword: Maintenance, Reliability, Fault Tree Analysis, Zero-failures, resampling Bootstrap

1. PENDAHULUAN

Kapal patroli adalah kapal kecil di angkatan laut yang digunakan untuk melindungi pantai, penjagaan perbatasan, dan melakukan tugas pencarian dan penyelamatan (Ahmad, 2021). Penulis melakukan penelitian pada kapal patroli bernama KAL Kadet VIII-08. Dimana kapal ini memiliki fungsi sedikit berbeda yakni untuk mendukung "Week End Laut". (Hariwibowo, 2023).

Fasharkan atau Fasilitas Pemeliharaan dan Perbaikan Kapal TNI Angkatan Laut menyelenggarakan fungsi pemeliharaan dan perbaikan di Pangkalan TNI Angkatan Laut. Fasharkan Surabaya, yang berada di bawah komando Lantamal V, adalah fasilitas pemeliharaan dan perbaikan senjata paling lengkap di TNI Angkatan Laut. (Sudijanto et al., 2010).

Monitoring perawatan yang efektif pada kapal-kapal patroli menjadi kunci keberhasilan operasional, dan Fasharkan Surabaya sebagai pusat pemeliharaan dan perbaikan memberikan kontribusi besar dalam memastikan bahwa kapal-kapal tersebut dapat berfungsi dengan optimal dan dapat diandalkan dalam menjalankan tugas-tugasnya.

Dalam hal ini diperlukan kesiapan untuk perawatan sistem-sistem yang terdapat pada

kapal, salah satunya yaitu sistem pendingin ruangan. Tidak berfungsinya sistem pendingin ruangan pada kapal patroli dapat memiliki beberapa konsekuensi diantaranya berpengaruh terhadap kenyamanan dan kesejahteraan awak kapal, serta untuk memastikan kinerja sistem dan peralatan di kapal tetap optimal.

Reliability prediction atau prediksi keandalan merupakan salah satu cara untuk melakukan prediksi tingkat keandalan sebuah *item* (Suardana, P. A., Widowati, S., & Hakim, 2015).

Pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi kegagalan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mendapatkan prediksi keandalan komponen sistem pendingin ruangan pada KAL Kadet VIII-08. Pada penelitian ini menggunakan metode analisis secara teoritical dan dikarenakan untuk komponen *zero-failure* atau jumlah kegagalan sedikit, indeks keandalannya akan ditentukan dengan metode *Resampling Bootstrap*.

2. METODOLOGI

2.1 Mesin Pendingin (*Air Conditioning*)

Menurut (Sumanto, M.A., 2008) dalam buku yang berjudul "Dasar-dasar Mesin Pendingin." Mesin pendingin udara menggunakan komponen yang bekerja secara bersinergi dalam suatu

sistem untuk menghasilkan udara dengan suhu yang diinginkan. Komponen tersebut melibatkan kompresor sebagai unit pembangkit daya dalam sistem pendingin. Ketika kompresor diaktifkan, zat pendingin gas diubah menjadi gas bertekanan tinggi dari tekanan rendah. Gas bertekanan tinggi kemudian dialirkan ke kondensor, mana ia diubah menjadi cairan bertekanan tinggi. Cairan tersebut kemudian mengalir ke katup ekspansi, juga disebut sebagai katup ekspansi. ini Katup menurunkan suhu cairan bertekanan tinggi menjadi cairan dingin bertekanan rendah. Kondensor, yang juga dapat disebut sebagai penukar panas (*heat exchanger*), berperan sebagai alat pemindah panas dalam proses ini (Sukmanadjati et al., 2022).

2.2 Prediksi Nilai Keandalan

Nilai *reliability* adalah ukuran peluang komponen atau sistem untuk menyelesaikan tugas yang telah ditetapkan tanpa kegagalan dalam jangka waktu tertentu.

Nilai *reliability* suatu komponen perlu diperhitungkan guna menentukan waktu perbaikan maupun pengecekannya. Evaluasi keandalan harus menggunakan distribusi probabilitas. Jenis distribusi yang sering digunakan seperti distribusi weibull, distribusi eksponensial, distribusi normal, dan distribusi lognormal.

Identifikasi kegagalan dilakukan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini berguna untuk menganalisis kegagalan (*failure*) dalam suatu sistem, baik yang disebabkan oleh beberapa kegagalan yang terjadi secara bersamaan maupun oleh kegagalan yang terjadi secara individual. (Arfendo Waroy & Budiarto, 2016).

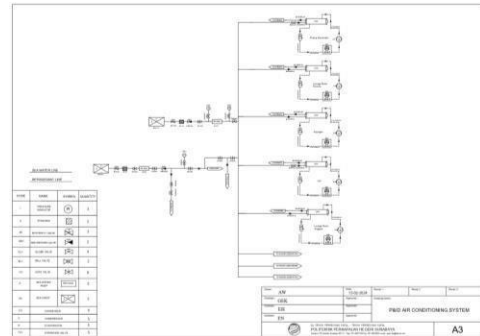
Sebuah *cut set* terdiri dari beberapa komponen yang, jika semuanya gagal, akan menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan. Jika *cut set* ini disebut sebagai minimal *cut set*, maka kegagalan salah satu komponennya saja cukup untuk menyebabkan sistem gagal, sedangkan jika salah satu komponen dalam minimal *cut set* tersebut tetap berfungsi, sistem akan tetap beroperasi. (Priyanta, 2000).

Menurut (Soesetyo & Yeny, 2014) *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah nilai rata-rata yang menggambarkan interval antara kegagalan berdasarkan distribusi data kerusakan. MTTF membantu dalam mengevaluasi performa dan keandalan peralatan yang digunakan. Untuk menghitung MTTF, diperlukan parameter-parameter yang sudah ditentukan sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

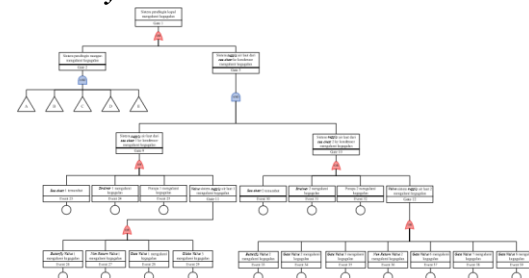
3.1 Deskripsi Sistem Pendingin Ruangan

Process flow diagram merupakan diagram alir yang menggambarkan sistem secara garis besar seluruh prosesnya. PFD yang dibuat berdasarkan *survey* sistem pendingin ruangan secara langsung pada kapal dan juga memperhatikan spesifikasi komponen pada data yang tersimpan oleh pihak terkait. Berikut merupakan gambar PFD dari sistem pendingin ruangan KAL Kadet VIII-08.



Gambar 1. *Process Flow Diagram* Sistem Pendingin Ruangan KAL Kadet VIII-08

3.2 Identifikasi Kegagalan dengan *Fault Tree Analysis*



Gambar 2. *Fault Tree Analysis* Sistem Pendingin Ruangan KAL Kadet VIII-08

Setelah dilakukan penggambaran *process flow diagram*, tahap selanjutnya yaitu memproyeksikan diagram tersebut menjadi pohon diagram. Dari hasil analisis FTA seperti pada gambar sebelumnya, diketahui bahwa terdapat 39 komponen penyusun atau biasa disebut *basic events*. Simbol yang dipakai pada FTA penelitian ini yaitu OR dan AND. Jika *gate* bersifat OR, satu kegagalan sub komponen dapat menyebabkan kegagalan dan jika *gate* bersifat AND perlu membutuhkan terjadinya seluruh kegagalan sub komponen dari komponen yang ada.

Setelah melakukan *Fault Tree Analysis* (FTA), langkah selanjutnya adalah menentukan *Minimal Cut Set*. Proses ini menekankan pada identifikasi rangkaian elemen-elemen penting yang dapat menyebabkan kegagalan total sistem jika salah satu gagal. Tahap awal proses ini melibatkan identifikasi semua kombinasi elemen

yang dapat mengakibatkan kegagalan sistem. Setelah itu, kombinasi-kombinasi ini dianalisis lebih lanjut untuk menghasilkan *Minimal Cut Set* (Tabel 1).

Tabel 1. *Minimal Cut Set*

STEP			
1	2	3	4
G2	G4, G5, G6, G7, G8	E1	E1
		E2	E2
		G13	E4
			E5
		E3	E3
		E6	E6
		E7	E7
		E8	E8
		E9	E9
		E10	E10
		E11	E11
		E12	E12
		E13	E13
		E14	E14
		E15	E15
		G14	E17
			E18
		E16	E16
		E19	E19
		E20	E20
		E21	E21
		E22	E22
G3	G9, G10	E23	E23
		E24	E24
		E25	E25
		G11	E26
			E27
			E28
			E29
		E30	E30
		E31	E31
		E32	E32
		G12	E33
			E34
			E35
			E36
			E37
			E38
			E39

Keterangan :

- E1 : Evaporator ruang komandan
- E2 : Kompresor ruang komandan
- E3 : Katup ekspansi ruang komandan
- E4 : Kondensor air laut ruang komandan
- E5 : *Ball Valve* 1

- E6 : Evaporator *lounge room* perwira
- E7 : Kompresor *lounge room* perwira
- E8 : Katup ekspansi *lounge room* perwira
- E9 : Kondensor air laut *lounge room* perwira
- E10 : Evaporator anjungan
- E11 : Kompresor anjungan
- E12 : Katup ekspansi anjungan
- E13 : Kondensor air laut anjungan
- E14 : Evaporator ruang VIP
- E15 : Kompresor ruang VIP
- E16 : Katup ekspansi ruang VIP
- E17 : Kondensor air laut ruang VIP
- E18 : *Ball Valve* 2
- E19 : Evaporator *lounge room* anggota
- E20 : Kompresor *lounge room* anggota
- E21 : Katup ekspansi *lounge room* anggota
- E22 : Kondensor air laut *lounge room* anggota
- E23 : *Sea chest* 1
- E24 : *Strainer* 1
- E25 : Pompa 1
- E26 : *Butterfly Valve* 1
- E27 : *Non Return Valve* 1
- E28 : *Gate Valve* 1
- E29 : *Globe Valve* 3
- E30 : *Sea chest* 2
- E31 : *Strainer* 2
- E32 : Pompa 2
- E33 : *Butterfly Valve* 2
- E34 : *Gate Valve* 2
- E35 : *Gate Valve* 3
- E36 : *Non Return Valve* 2
- E37 : *Gate Valve* 6
- E38 : *Gate Valve* 7
- E39 : *Gate Valve* 8

Dari hasil identifikasi *minimal cut set*, pada penelitian ini terdapat sejumlah 28 *minimal cut set*.

3.3 Prediksi *Reliability* Komponen

1) Uji Distribusi

Agar dapat melakukan perhitungan nilai *reliability*, tahap awal yang perlu dilakukan yaitu melakukan uji distribusi data dengan tujuan mendapatkan jenis distribusi yang cocok untuk data komponen keseluruhan pada sistem pendingin ruangan. Jenis distribusi data yang akan diuji adalah weibull, eksponensial, normal, dan lognormal. Jenis distribusi data dipilih berdasarkan distribusi yang memiliki nilai *P-Value* tertinggi dan nilai *Anderson Darling* terendah. Selanjutnya dilakukan penentuan jenis distribusi dan estimasi parameter untuk metode *thoritical*. Untuk uji distribusi data untuk komponen pada sistem pendingin ruangan KAL Kadet VIII-08 dengan metode *theoretical* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Penentuan Jenis Distrubusi dan Estimasi Parameter *Theoretical*

No	Komponen	Parameter			λ
		Scale	Shape	Location	
1	Kondensor air laut ruang komandan	2.31046	-	7.1987	
2	Kondensor air laut lounge room perwira	2.18901	-	6.90399	
3	Kondensor air laut anjungan	1.42034	-	6.15087	
4	Evaporator ruang VIP	1.66145	-	7.77849	
5	Kompresor ruang VIP	6969.6	-	-	
6	Kondensor air laut ruang VIP	635.99993	-	-	
7	Evaporator lounge room anggota	1.92525	-	7.58289	
8	Kondensor air laut lounge room anggota	715.19999	-	-	
9	Pompa AL AC	2.02713	-	6.44211	

Namun tidak semua komponen dapat diuji menggunakan metode ini, jika terdapat komponen dengan data yang terlalu sedikit maupun *zero failure* maka akan terjadi error saat melakukan uji distribusi. Oleh karena itu, diperlukan referensi eksternal untuk mendapatkan nilai distribusi yang dibutuhkan komponen tersebut. Penelitian ini menggunakan referensi berupa menjalankan perangkat lunak perhitungan statistik. Adapun hasil pengujian distribusi data untuk komponen lainnya pada sistem pendingin ruangan KAL Kadet VIII-08 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Penentuan Jenis Distrubusi dan Estimasi Parameter Referensi Eksternal

No	Komponen	Parameter			λ
		Scale	Shape	Loc	
1	Evaporator ruang komandan	2922.79997	2.859	-	-
2	Kompresor ruang komandan	10034.31657	1.107	-	-
3	Ball Valve 1	-	-	0.00004	0.00000556
4	Evaporator lounge	12715.15126	1.763	-	-

No	Komponen	Parameter			λ
		Scale	Shape	Loc	
	room perwira				
5	Kompresor lounge room perwira	10647.11407	1.387	-	-
6	Evaporator anjungan	2890.85286	1.733	-	-
7	Kompresor anjungan	16633.6335	1.517	-	-
8	Ball Valve 2	-	-	-	0.00000556
9	Kompresor lounge room anggota	12639.43811	1.687	-	-
10	Sea chest AL AC	2409.35404	1.538	-	-
11	Butterfly Valve 1	-	-	-	0.00003557
12	Non Return Valve 1	-	-	-	0.00002688
13	Gate Valve 1	-	-	-	0.00002688
14	Globe Valve 3	-	-	-	0.00003720
15	Sea chest Fifi AC	1202.7206	2.771	-	-
16	Pompa Fifi AC	-	-	-	0.00025381
17	Butterfly Valve 2	-	-	-	0.00003557
18	Gate Valve 2	-	-	-	0.00002688
19	Gate Valve 3	-	-	-	0.00002688
20	Non Return Valve 2	-	-	-	0.00000102
21	Gate Valve 6	-	-	-	0.00002688
22	Gate Valve 7	-	-	-	0.00002688
23	Gate Valve 8	-	-	-	0.00002688

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dilihat semua komponen sistem pendingin ruangan KAL Kadet VIII-08 yang diteliti telah ditentukan jenis distribusi dan nilai parameter masing-masing. Identifikasi penentuan jenis distribusi adalah dengan memperhatikan nilai P-Value tertinggi pada suatu distribusi. Selanjutnya melihat Anderson Darling yang paling kecil nilainya sehingga dapat ditentukan penggunaan distribusi yang tepat. Selanjutnya dapat diambil nilai parameter masing-masing komponen yang diidentifikasi sesuai jenis distribusinya.

Untuk MTTF tiap-tiap komponen menyesuaikan distribusi yang digunakan dari

komponen tersebut. Untuk komponen yang memakai metode theoretical dan resampling bootstrap MTTF didapat dengan melakukan uji distribusi dan simulasi pada software. Untuk MTTF dari referensi luar seperti OREDA didapat dari distribusi perhitungan MTTF distribusi eksponensial.

2) Perhitungan *Reliability* Komponen

Langkah selanjutnya ketika nilai parameter data komponen diketahui, maka dapat dilakukan perhitungan nilai *reliability* setiap komponennya. Nilai *reliability* menggunakan rumus perhitungan sesuai distribusi yang dipilih pada setiap data komponen. Berikut merupakan cara menghitung *reliability* dari data komponen sistem pendingin ruangan (dipilih beberapa komponen yang akan ditampilkan pada laporan ini yaitu dikarenakan berdasarkan kondensor air laut ruang komandan, kondensor air laut *lounge room* perwira, dan evaporator *lounge room* anggota pengamatan nilai *reliability*-nya, komponen-komponen tersebut merupakan tiga komponen paling kritis).

a. Kondensor Air Laut Ruang Komandan

Nilai parameter waktu yang digunakan merupakan total waktu komponen mengalami kegagalan. Dengan menggunakan cfd pada distribusi lognormal, nilai *reliability* komponen kondensor air laut ruang komandan dengan nilai parameter $\mu = 7.1987$ dan $\sigma = 2.31046$ adalah sebagai berikut :

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(t) - \mu'}{\sigma'}\right)$$

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(11316.3) - 7.1987}{2.31046}\right)$$

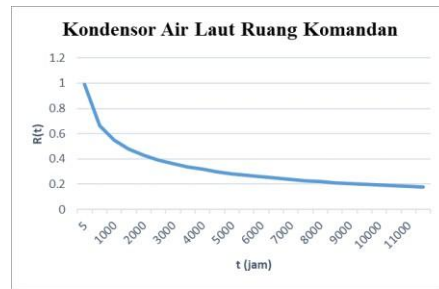
$$R(t) =$$

$$R(t) = 1 - \phi(0.92419)$$

$$R(t) = 1 - 0.821214$$

$$R(t) = 0.178786$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *reliability* dari komponen kondensor air laut ruang komandan pada $t = 11316.3$ jam adalah 0.178786. Perhitungan *reliability* tersebut dapat dijadikan grafik prediksi nilai *reliability* komponen dengan interval waktu tertentu. Berikut merupakan grafik prediksi nilai *reliability* dari kondensor air laut ruang komandan.



Gambar 3. Grafik Prediksi Nilai *Reliability* Komponen Kondensor Air Laut Ruang Komandan

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa grafik prediksi *reliability theoretical* dari kondensor air laut ruang komandan mengalami penurunan perlahan seiring dengan masa guna hingga sampai $t = 11316.3$ jam.

b. Kondensor Air Laut *Lounge Room* Perwira

Nilai parameter waktu yang digunakan merupakan total waktu komponen mengalami kegagalan. Dengan menggunakan cfd pada distribusi lognormal, nilai *reliability* komponen kondensor *lounge room* perwira dengan nilai parameter $\mu = 6.90399$ dan $\sigma = 2.18901$ adalah sebagai berikut :

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(t) - \mu'}{\sigma'}\right)$$

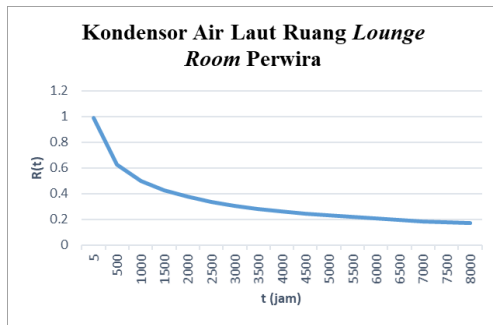
$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(7766.71) - 6.90399}{2.18901}\right)$$

$$R(t) = 1 - \phi(0.93815)$$

$$R(t) = 1 - 0.826391$$

$$R(t) = 0.173609$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *reliability* dari komponen kondensor *lounge room* perwira pada $t = 7766.71$ jam adalah 0.173609. Perhitungan *reliability* tersebut dapat dijadikan grafik prediksi nilai *reliability* komponen dengan interval waktu tertentu. Berikut merupakan grafik prediksi nilai *reliability* dari kondensor *lounge room* perwira.



Gambar 4. Grafik Prediksi Nilai Reliability Komponen Kondensor Air Laut Lounge Room Perwira

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa grafik prediksi *reliability theoretical* dari kondensor air laut ruang komandan mengalami penurunan perlahan seiring dengan masa guna hingga sampai $t = 7766.71$ jam.

c. Evaporator Lounge Room Anggota

Nilai parameter waktu yang digunakan merupakan total waktu komponen mengalami kegagalan. Dengan menggunakan cfd pada distribusi lognormal, nilai *reliability* komponen evaporator lounge room anggota dengan nilai parameter $\mu = 7.77849$ dan $\sigma = 1.66145$ adalah sebagai berikut :

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(t) - \mu'}{\sigma'}\right)$$

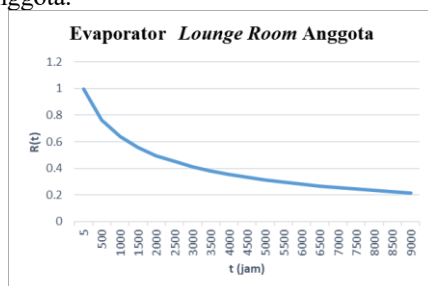
$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(8651.83) - 7.58289}{1.92525}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(0.7701)$$

$$R(t) = 1 - 0.779350$$

$$R(t) = 0.22065$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *reliability* dari komponen evaporator lounge room anggota pada $t = 8651.83$ jam adalah 0.22065. Perhitungan *reliability* tersebut dapat dijadikan grafik prediksi nilai *reliability* komponen dengan interval waktu tertentu. Berikut merupakan grafik prediksi nilai *reliability* dari evaporator lounge room anggota.



Gambar 5. Grafik Prediksi Nilai Reliability Komponen Evaporator Lounge Room Anggota

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa grafik prediksi *reliability theoretical* dari kondensor air laut ruang komandan mengalami penurunan perlahan seiring dengan masa guna hingga sampai $t = 8651.83$ jam.

Seperti pada perhitungan *reliability* komponen di atas, untuk nilai *reliability* pada masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Reliability Theoretical dan Resampling Bootstrap

No	Komponen	Jenis Distribusi	Reliability
1	Evaporator ruang komandan	Weibull	0,487076421
2	Kompresor ruang komandan	Weibull	0,383297455
3	Kondensor air laut ruang komandan	Lognormal	0,178786
4	Ball Valve 1	Ekspensial	0,367879441
5	Evaporator lounge room perwira	Weibull	0,557196861
6	Kompresor lounge room perwira	Weibull	0,585676037
7	Kondensor air laut lounge room perwira	Lognormal	0,173609
8	Evaporator anjungan	Weibull	0,55910821
9	Kompresor anjungan	Weibull	0,574464616
10	Kondensor air laut anjungan	Lognormal	0,248252
11	Evaporator ruang VIP	Lognormal	0,254627
12	Kompresor ruang VIP	Ekspensial	0,367879441
13	Kondensor air laut ruang VIP	Ekspensial	0,367879441
14	Ball Valve 2	Ekspensial	0,367879441
15	Evaporator lounge room anggota	Lognormal	0,22065
16	Kompresor lounge room anggota	Weibull	0,562085328
17	Kondensor air laut lounge room anggota	Ekspensial	0,367879441
18	Sea chest AL AC	Weibull	0,572868993
19	Pompa AL AC	Lognormal	0,223627
20	Butterfly Valve 1	Ekspensial	0,367879441
21	Non Return Valve 1	Ekspensial	0,367879441
22	Gate Valve 1	Ekspensial	0,367879441

No	Komponen	Jenis Distribusi	Reliability
23	Globe Valve 3	Eksponensial	0,999992031
24	Sea chest Fifi AC	Weibull	0,51533335
25	Pompa Fifi AC	Eksponensial	0,367879441
26	Butterfly Valve 2	Eksponensial	0,367879441
27	Gate Valve 2	Eksponensial	0,367879441
28	Gate Valve 3	Eksponensial	0,367879441
29	Non Return Valve 2	Eksponensial	0,367879441
30	Gate Valve 6	Eksponensial	0,367879441
31	Gate Valve 7	Eksponensial	0,367879441
32	Gate Valve 8	Eksponensial	0,367879441

Keterangan : adalah komponen paling kritis

Hasil dari nilai keandalan telah dihitung pada tabel di atas, didapatkan bahwa komponen dengan nilai *reliability* terendah adalah komponen kondensor air laut *lounge room* perwira dengan nilai *reliability* sebesar 0.173609.

4. KESIMPULAN

Dari analisis data dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan berikut :

Berdasarkan identifikasi kegagalan FTA, diketahui bahwa kegagalan minimum komponen dapat mengakibatkan kegagalan pada sistem pendingin ruangan KAL Kadet VIII-08. Terdapat 39 komponen penyusun pada sistem tersebut. Contohnya jika terjadi kegagalan pada *butterfly valve* 1 maka akan terjadi kegagalan pada sistem *supply* air laut dari *sea chest* 1 ke kondensor. Dikarenakan *butterfly valve* 1 menyebabkan kegagalan pada *valve* sistem *supply* air laut

Berdasarkan prediksi nilai *reliability* komponen dengan perhitungan *theoretical* yang dilakukan didapatkan komponen paling kritis atau komponen yang memiliki nilai keandalan paling kecil yaitu sebesar 0.173609 adalah pada komponen kondensor air laut *lounge room* perwira dengan $t = 7766.71$ jam atau 10.79 bulan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas berkat, rahmat, nikmat, dan izin-Nya, sehingga penulis dapat

mengerjakan Tugas Akhir dengan lancar sampai tuntas.

2. Kedua orang tua yang telah menjadi *best support system*, *role model* dan selalu memberikan arahan serta kasih sayang kepada penulis hingga seterusnya.
3. Bapak Edi Haryono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang memberikan arahan dan saran selama penulisan.
4. Ibu Nurvita Arumsari, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang memberikan arahan dan saran selama penulisan.
5. Rekan Teknik Permesinan Kapal angkatan 2020 atas kebersamaan serta dukungan dan saran yang diberikan selama menempuh studi di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Admin Portal. (2021). Mengenal Kplp, Sang Penjaga Laut Dan Pantai Indonesia. [https://hubla.dephub.go.id/home/post/read/9092/mengenal-kplp-sang-penjaga-laut-dan-pantai-indonesia](https://hubla.dephub.go.id/https://hubla.dephub.go.id/home/post/read/9092/mengenal-kplp-sang-penjaga-laut-dan-pantai-indonesia)
- [2] Admin. (2023). Meningkatkan Profesi Dasar Matra Laut Melalui Week End Laut. <https://tni.mil.id/https://tni.mil.id/view-230861-meningkatkan-profesi-dasar-matra-laut-melalui-week-end-laut.html>
- [3] Arfendo Waroy, M. and Budiarto, U. (2016) 'Analisa Perawatan Berbasis Keandalan Pada Fuel Oil System Km. Bukit Siguntang Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm)', Jurnal Teknik Perkapalan, 4(1), pp. 37–52.
- [4] Dhillon, B. S. (2006). *Maintenance , and Reliability and Reliability*.
- [5] Fallo, J. O., Setiawan, A., & Susanto, B. (2016). Uji Normalitas Berdasarkan Metode Anderson Darling , Cramer-Menggunakan Metode Bootstrap. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika FMIPA UNY, November 2013*.
- [6] Hadi, E.S. and Budiarto, U. (2008) 'Analisa Keandalan Sistem Bahan Bakar Motor Induk Pada KM. Leuser', Kapal, 5(3), pp. 123–135.
- [7] Homba-homba, R. (2022). Optimalisasi Perawatan Mesin Pendingin Ruangan Untuk Menjaga Kenyamanan Suhu Akomodasi Di Kapal Tangguh Mangiwang.

- [8] Indracahya, D. (2016). Analisa Teknis Perbandingan Central Cooling System Dengan Semi Central Cooling System Pada Hvac Kapal Patroli 28 Meter. 137. <http://repository.its.ac.id/51181/>
- [9] Kusuma, G. E., & Dr.Eng. Muhammad Anis Mustaghfirin, ST., MT Mardi santoso, ST, M. E. S. (2022). Rencana Pembelajaran Semester (Rps) Imunologi Rencana Pembelajaran Semester (Rps).
- [10] Lindyawati, T. P., Arumsari, N., & Sa'diyah, A. (2023). Evaluasi Jadwal Perawatan Dengan Perbandingan Model Peluang Kegagalan Pada Sistem Pendingin Main Engine Crew Boat 41 Gt. 2655.
- [11] Nafisa, L. Z. (2019). *Penerapan Metode Bootstrap Pada Zero- Failure Data Dalam Penentuan Nilai Keandalan (Studi Kasus : Mesin di PT . X)*. 1–69.
- [12] *Oreda-6ED-Volume-1-Topside-Equipment.pdf*. (n.d.).
- [13] Priyanta, D. (2000). Keandalan dan perawatan, Surabaya: Teknik Sistem Perkapalan. In Teknologi Kelautan (Vol. 2, Issue March).
- [14] Putri, E.L., Bahauddin, A. and Ferdinant, P.F. (2013) 'Usulan Jadwal Perawatan pada Mesin Electric Arc Furnace 5 dengan Simulasi Monte Carlo', Jurnal Teknik Industri, 1(4), pp. 352–357.
- [15] Safaei, F., Châtelet, E., & Ahmadi, J. (2020). Optimal age replacement policy for parallel and series systems with dependent components. Reliability Engineering and System Safety, 197(November 2019), 106798. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106798>
- [16] *Scribd.vdownloaders.com_oreda-oreda-offshore-reliability-data-handbook-2002-4th-edition-2002-pdf.pdf*. (n.d.).
- [17] Sudijanto, Gatot, Prof. dr. Makmuri Muchlas, Ph.D., S. K. (2010). Optimalisasi fungsi Fasharkan Surabaya dalam rangka meningkatkan kesiapan sistem senjata TNI Angkatan Laut. <http://Etd.Repository.Ugm.Ac.Id>. http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian/48029%0A
- [18] Sukmanadjati, N. (2022). Optimalisasi Perawatan Mesin Pendingin Ruangan Untuk Mempertahankan Suhu Dalam Ruangan Di Kapal Latih Politeknik Pelayaran Sorong. JPB: Jurnal Patria Bahari, 2(1). <https://doi.org/10.54017/jpb.v2i1.52>
- [14] Waghmode, L.Y. and Patil, R.B. (2013) 'an Overview of Fault Tree Analysis (Fta) Method for Reliability Analysis', Journal of Engineering Research and Studies, IV(I), pp. 06–08. Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Reliability_%28engineering%29