

OPTIMALISASI POLA PERAWATAN DAN PERBAIKAN TERENCANA SISTEM PENDINGIN (COLD STORAGE) 70 TON BERDASARKAN ANALISA KEANDALAN

Abraham Manuhutu
Politenik Negeri Ambon
e-mail: bram.manuhutu@gmail.com

ABSTRAK

Untuk mendukung jalannya proses produksi agar tidak terhenti atau macet oleh karena suatu kerusakan mesin pendingin (cold storage), maka perlu kita memikirkan tindakan perawatan atau pergantian suatu komponen pada system mesin pendingin. Apabila alternative perawatan yang ada terlalu lama maka akan memperbesar biaya perawatan pencegahan, maka dicari suatu interval waktu perawatan dan perbaikan yang dapat meminimalkan total biaya perawatan dan perbaikan dengan menggunakan analisa keandalan.

Guna menentukan interval waktu perawatan dan perbaikan yang optimal terhadap komponen kritis system pendingin, dilakukan analisa keandalan dari komponen-komponen tersebut dengan menggunakan data downtime yang sudah ada sebagai acuan untuk menentukan waktu perawatan dan perbaikan yang optimal.

Hasil perhitungan nilai keandalan pada komponen kritis tersebut, diharapkan dapat dipergunakan sebagai masukan untuk menyusun strategi perawatan dan perbaikan yang optimal. Optimasi penentuan interval waktu perawatan dan perbaikan yang optimal dalam kajian ini merekomendasi untuk masing-masing komponen system dengan indeks keandalan yang ditetapkan adalah 0,1 dengan interval waktu perawatan dan perbaikan untuk komponen Exhaust valve kompresor & Intake valve kompresor pada hari ke 450, komponen Expansion valve pada hari ke 630, dan komponen Ring set kompresor pada hari ke 1170 dengan interval waktu satu tahun merupakan kebijakan yang optimal.

Kata kunci : Nilai keandalan, downtime, perawatan, perbaikan.

ABSTRACT

To support production process keep going from engine stuck, we have to devise a maintenance action or replacement of a damaged engine coolant (cold storage). If the maintenance alternatively exist longer, it will increase prevented-maintenance cost. So need to find an interval of maintenance and repair to minimize total cost of maintenance and repair by using reliability analyse.

In determining interval time of optimum maintenance and repair to critical spare part , reliability analyse is applied against those components by using available downtime data as a premise to find the time of optimum maintenance and repair.

The calculation result of reliability value against the critical components, are expected as input to devise strategy of maintenance and repair optimizely. Optimum determining interval time of maintenance and repair optimizely in this research recommended each component's reliability index 0.1 with the interval time of maintenance and repair component Exhaust valve compressor & Intake valve compressor are on the day 450th, Expansion valve component is on the day 630th and Ring set compressor component is on the day 1170th with time interval one year are optimum policy.

Key Words: Reliability Value, Downtime, Maintenance, Repair.

PENDAHULUAN.

Usaha Pendingin Cold storage dirancang untuk memenuhi kebutuhan permintaan ikan pada pasar lokal di kota Ambon maupun ekspor ke Negara Filipina dan Amerika Serikat. Namun usaha untuk mendukung target tersebut belum optimal. Hal ini dikarenakan adanya kendala penurunan performance pada system pendingin. Dari hal-hal tersebut diatas, maka kegagalan operasi system pendingin tidak hanya berpengaruh terhadap sistem tersebut serta keberlangsungan dari proses produksi dimana system pendingin tersebut dioperasikan. Kegagalan sistem pendingin terutama pada Cold storage meliputi kompresor, serta komponen-komponen lain yang terdapat pada system pendingin (cold storage).

Nilai keandalan pada komponen kritis tersebut, diharapkan dapat dipergunakan sebagai masukan untuk menyusun strategi perawatan dan perbaikan yang optimal. Optimasi penentuan interval waktu perawatan dan perbaikan yang optimal dalam kajian ini merekomendasi untuk masing-masing komponen system dengan indeks keandalan yang ditetapkan adalah 0,1 dengan interval waktu perawatan dan perbaikan

KAJIAN PUSTAKA.

Tinjauan pustaka merupakan acuan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dianalisa, maka pemahaman konsep yang berkaitan dengan aplikasi teknik-teknik pengevaluasian keandalan adalah sangat diperlukan. Untuk hal tersebut maka perlu kita ketahui beberapa definisi dasar yang berkaitan dengan keandalan sistem dan komponen pada cold storage.

Distribusi Weibull.

Distribusi weibull banyak dipakai karena distribusi ini memiliki shape parameter sehingga distribusi tersebut mampu memodelkan berbagai data (kececioglu, 1991). Jika time to failure suatu komponen adalah t mengikuti distribusi weibull dengan tiga parameter β , η dan γ maka persamaan fungsi densitas probabilitas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$f(x) = \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (1)$$

Jika nilai $\gamma = 0$, maka akan diperoleh distribusi weibull dengan dua parameter.

- Parameter keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2)$$

- Persamaan failure rate

$$(T) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (3)$$

- Persamaan MTTF.

$$MTTF = \frac{1}{\beta} \left[\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \right] \quad (4)$$

- Persamaan fungsi densitas probabilitas, dimana Γ menyatakan fungsi gama.

Preventive Maintenance Pada Komponen Atau Sistem Pendingin Cold Storage.

Dengan adanya peluang gagal komponen selama masa operasi, maka preventive maintenance sangat penting dalam operasi system pendingin (cold storage). Preventive maintenance merupakan schedule downtime. Umumnya secara periodik melakukan kegiatan pemeriksaan dan perbaikan, penggantian, pembersihan pelumasan dan penyetelan. Pentingnya hubungan antara keandalan dan perawatan dan telah mengimplementasikan perawatan yang berbasis pada keandalan yang lebih dikenal dengan RCM (reliability centered maintenance). Preventive maintenance akan mengakibatkan peningkatan keandalan sistem dimana secara matematis dapat ditentukan dengan persamaan:

$$Rm(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t < T \quad (5)$$

$$Rm(t) = R(T)R(t-T) \text{ untuk } T \leq t < 2T \quad (6)$$

Dengan:

$R(t)$ = keandalan sistem tanpa perawatan

T = interval waktu antara preventive maintenance (day)

$Rm(t)$ = keandalan dari sistem dengan preventive maintenance

$R(T)$ = probabilitas dari kelangsungan hidup sampai preventive maintenance pertama

$R(t-T)$ = probabilitas dari kelangsungan hidup waktu tambahan $t-T$ yang diberikan terhadap sistem yang telah diperbaiki menjadi seperti aslinya pada waktu T

$$Rm(t) = R(T)^n \times R(t - nT)$$

$nT \leq t < (n+1)T$, $n = 0, 1, 2,$

untuk distribusi kegagalan Weibull.

$$Rm(t) = \exp \left[-n \left(\frac{t}{a} \right)^\beta \right] \exp \left[- \left(\frac{t-nT}{a} \right)^\beta \right] nT \leq t \leq (n+1)T \quad (7)$$

Dengan :

Rm(t) = nilai keandalan dari sistem dengan *preventive maintenance*

T = interval waktu antara *preventive maintenance* (day) n = 0, 1, 2, ...

Ø = failure time (day), characteristic life

ANALISA KEANDALAN KOMPONEN COLD STORAGE.

Hasil Analisa FMEA.

Untuk mengetahui analisa FMEA dapat dilihat pada table 1 dibawah ini:

Analisa FMEA.

FMEA Proses								
Item and function	Potential Failure mode	Potential Effect of Failure	Severity	Potential Cause of Failure	occurrence	Current control	Detection	RPN
Valve Exhaust kompresor	Terjadi patah & kerak pada daun katup	Terjadi kebocoran gas		Tekanan gas menurun		Pressure indikator		
Valve Intake Kompresor	Terjadi kerak pada daun katup	Terjadi kebocoran gas		Tekanan gas menurun		Pressure indikator		
Piston Rings set kompresor	Terjadi keausan dan patah	Terjadi kebocoran gas		Tekanan gas menurun		Pressure indikator		
Thermostatic expansion Valve	Terjadi hambatan aliran gas	Terjadi penyumbatan aliran gas		Terjadi hambatan aliran gas		Pressure indikator		

Hasil Analisa Komponen Kritis

Untuk mengetahui komponen kritis dari system pendingin (Cold storage) dapat terlihat pada table 2 dibawah ini.

Nilai Criticality Komponen Kritis

No	Komponen dan fungsi	Failure Model	Effects				Mission time (hours)	Criticality (Cm)
1	Valve Exhaust	Terjadi kerak pada daun	Terjadi kebocoran	1	0.1	0.032	1191	3.78
2	Valve Intake Kompresor	Terjadi kerak pada daun katup	Terjadi kebocoran gas	1	0.1	0.032	1191	3.78
3	Piston Rings set kompresor	Terjadi keausan dan patah	Terjadi kebocoran gas	0.35	0.3	0.00033	1305	0.045
4	Thermostatic expansion Valve	Terjadi penyumbatan aliran gas	Terjadi hambatan aliran gas	0.98	0.1	0.0054	697	0.37

$$\text{Ket : } (vavle) = 1 - \exp(-T) = 1 - \exp(-0.026 \times 1800) = 1$$

Analisa Keandalan Komponen.

Data waktu kegagalan komponen system antara tahun operasi 2004 – 2009 dapat dilihat pada tabel 3.

Kegagalan komponen system antara tahun operasi 2004 – 2009

No	Nama Komponen	Tanggal diganti	Kumulatif operasi (hari)	TBF (hari)
1	Valve Exhaust kompresor	18-03-2005	173	173
2	Valve Exhaust kompresor	30-06-2006		
3	Valve Exhaust kompresor	22-08-2007	635	462
4	Valve Exhaust kompresor	20-08-2008	998	363
5	Valve Exhaust kompresor	03-03-2009	1191	193
6	Valve Intake Kompresor	18-03-2005		

No	Nama Komponen	Tanggal diganti	Kumulatif operasi (hari)	TBF (hari)
7	Valve Intake Kompresor	30-06-2006	173	173
8	Valve Intake Kompresor	22-08-2007	635	462
9	Valve Intake Kompresor	20-08-2008	998	363
10	Valve Intake Kompresor	03-03-2009	1191	193
11	Piston Rings set kompresor	02-11-2005	455	455
12	Piston Rings set kompresor	03-03-2007		
13	Piston Rings set kompresor	02-07-2009		
14	Thermostatic expansion Valve	29-09-2006	221	221
15	Thermostatic expansion Valve	07-03-2007		
16	Thermostatic expansion Valve	30-07-2008		

Uji Distribusi Data Antar Kegagalan.

Berdasarkan tabel.3 diatas dilakukan pengujian dengan menggunakan software weibull ++ didapatkan hasil sebagai berikut :

Hasil uji data kegagalan komponen dengan menggunakan weibuli++

Nama komponen	Nilai parameter			
	β	η	γ	e
Valve Exhaust kompresor	2.2432	338.4791	0,000	2.718282
Valve Intake Kompresor	2.2432	338.4791	0,000	2.718282
Piston Rings set kompresor	2.0242	768.0018	0,000	2.718282
Thermostatic expansion Valve	1.6487	420.2593	0,000	2.718282

Fungsi Padat Peluang Dari Komponen system cold storage.

Ketentuan berdasarkan parameter- parameter untuk distribusi yang sudah didapatkan, maka fungsi padat peluang dapat ditentukan berdasarkan rumus persamaan dibawah ini, Dari persamaan tersebut maka dapat dihitung fungsi padat peluang untuk masing-masing komponen dengan waktu (t) dari 10 hari sampai dengan 1500 hari, dapat dilihat pada table 5.

$$f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Dimana: $e = 2.718282$

$t = \text{operating } t$

Fungsi Padat Peluang Dari Komponen system.

Nama komponen	Operating time (t)	β	η	γ	$f(t)$
Vavle Exhaust komp.	10	2.2432	338.4791	0,000	8.311E-05
	750	2.2432	338.4791	0,000	4.607E-05
	1500	2.2432	338.4791	0,000	2.371E-14
Valve Intake Komp.	10	2.2432	338.4791	0,000	8.311E-05
	750	2.2432	338.4791	0,000	4.607E-05
	1500	2.2432	338.4791	0,000	2.371E-14
Piston Rings set komp	10	2.0242	768.0018	0,000	3.089E-05
	750	2.0242	768.0018	0,000	0.0009918
	1500	2.0242	768.0018	0,000	0.0001084
Expansion Valve	10	1.6487	420.2593	0,000	0.0003464
	750	1.6487	420.2593	0,000	0.0004249
	1500	1.6487	420.2593	0,000	2.592E-06

Keandalan (*Reliability*) Komponen system Cold storage.

Sesuai dengan distribusi waktu antar kegagalan system cold storage yang mengikuti distribusi Weibull ++, maka fungsi keandalan dihitung berdasarkan rumus :

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

Keandalan (Reliability) Komponen system.

Nama komponen	Operating time (t)	β		γ	$R(t)$
Vavle Exhaust komp.	10	2.2432	338.4791	0,000	0.9996
	750	2.2432	338.4791	0,000	0.0026
	1500	2.2432	338.4791	0,000	0.0000
Valve Intake Komp.	10	2.2432	338.4791	0,000	0.9996
	750	2.2432	338.4791	0,000	0.0026
	150	2.2432	338.4791	0,000	0.0000
Piston Rings set komp	10	2.0242	768.0018	0,000	0.9998
	750	2.0242	768.0018	0,000	0.3855
	1500	2.0242	768.0018	0,000	0.0207
Expansion Valve	10	1.6487	420.2593	0,000	0.9979
	750	1.6487	420.2593	0,000	0.0744
	1500	1.6487	420.2593	0,000	0.0003

Laju Kegagalan (Failure Rate) Komponen system cold storage.

Laju kegagalan dari data waktu antar kegagalan yang terdistribusi Weibull++ secara umum dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini :

$$\lambda(T) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

Laju Kegagalan (Failure Rate) Komponen system

Nama komponen	Operating time (t)			γ	$\lambda(T)$
Vavle Exhaust komp.	10	2.2432	338.4791	0,000	8.31E-05
	750	2.2432	338.4791	0,000	0.178196
	1500	2.2432	338.4791	0,000	0.042183
Valve Intake Komp.	10	2.2432	338.4791	0,000	8.31E-05
	750	2.2432	338.4791	0,000	0.178196
	1500	2.2432	338.4791	0,000	0.042183
Piston Rings set komp	10	2.0242	768.0018	0,000	3.08E-05
	750	2.0242	768.0018	0,000	0.002572
	1500	2.0242	768.0018	0,000	0.005232
Expansion Valve	10	1.6487	420.2593	0,000	0.000347
	750	1.6487	420.2593	0,000	0.005712
	1500	1.6487	420.2593	0,000	0.008955

Analisa Keandalan Komponen system cold storage dengan Preventive Maintenance (PM).

Untuk meningkatkan nilai keandalan (*Reliability*) dan menentukan jadwal perawatan yang tepat pada komponen *system* perlu dilakukan preventive maintenance yang terencana dimana nilai keandalannya dapat dihitung dengan persamaan 5 dengan interval waktu antara *preventive maintenance* (T). Interval waktu antara *preventive maintenance* (T) yang dipakai dalam upaya meningkatkan nilai keandalan dan penentuan schedule maintenance pada komponen system adalah $t=90$, $t=750$, $t=1500$.

Analisa Keandalan Dengan T = 90 Hari.

Nilai keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada t ke 90, 750 dan 1500 dapat dihitung dengan persamaan :

$$R_m(t) = R(T)^n \cdot R(t - nT)$$

Nilai keandalan setelah Preventive Maintenance

Nama Komponen	Interval waktu antara Preventive Maintenance (t)	Waktu Keandalan tanpa perawatan (T)	keandalan dari sistem dengan preventive maintenance $R_m(t)$
Vavle Exhaust kompresor	90	90	0.9497
	750	90	0.6611
	1500	90	0.4319
Vavle Intake kompresor	90	90	0.9497
	750	90	0.6611
	1500	90	0.4319
Piston Rings Set Kompresor	90	90	0.9868
	750	90	0.8994
	1500	90	0.8065
Thermostatic Expansion Valve	90	90	0.9223
	750	90	0.5255
	1500	90	0.2721

Keterangan:

$R_m(t)$ = nilai keandalan dari sistem dengan *preventive maintenance*

t = interval waktu antara *preventive maintenance* (day)

$n = 0, 1, 2, \dots$

Jadwal Perawatan Komponen Thermostatic expansion Valve.

T	n R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		90	$R(t)$	0.92	0.77	0.62	0.46	0.32	0.22	0.14	0.08	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
$Rm(t)$	0.92		0.85	0.78	0.72	0.67	0.62	0.57	0.53	0.49	0.45	0.41	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28
180	$R(t)$	0.77	0.36	0.22	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00								
	$Rm(t)$	0.77	0.61	0.47	0.37	0.29	0.22	0.17	0.03								
270	$R(t)$	0.62	0.22	0.05	0.00	0.00											
	$Rm(t)$	0.62	0.38	0.23	0.14	0.08											
360	$R(t)$	0.46	0.08														
	$Rm(t)$	0.46	0.21														
450	$R(t)$	0.32	0.03														
	$Rm(t)$	0.32	0.10														
540	$R(t)$	0.22	0.00														
	$Rm(t)$	0.22	0.05														
630	$R(t)$	0.14	0.00														
	$Rm(t)$	0.14	0.02														
690	$R(t)$	0.10	0.00														
	$Rm(t)$	0.10	0.00														

Perhitungan Jumlah Waktu Perbaikan Dengan Total Biaya Operasional.

Perhitungan ini dilakukan dengan membuat model perhitungan dan optimasi pada *Microsoft Office Excel*. Model perhitungan ini terdiri dari 4 bagian utama yaitu:

1. Input data
2. Proses
3. Constrain
4. Output.

Input Data

Pada Bagian ini, disediakan data- data kapal, biaya operasional, lamanya waktu operasi per trip, jadwal perawatan masing-masing komponen dengan batas tingkat keandalan 0.1 dan jumlah perawatan preventive (n). Data-data pokok ini digunakan untuk melakukan proses perhitungan selanjutnya.

Process.

Pada bagian proses ini, akan dilakukan perhitungan biaya-biaya yang diperoleh dan harus dikeluarkan oleh pihak owner didalam menjalankan pola perawatan dan perbaikansistem pendingin (cold storage)

Constrains

Constrains ini berisi batasan-batasan teknis lamanya operasi dari masing-masing komponen yang sesuai dengan indeks keandalan dari masing-masing komponen system pendingin (cold storage)

Output

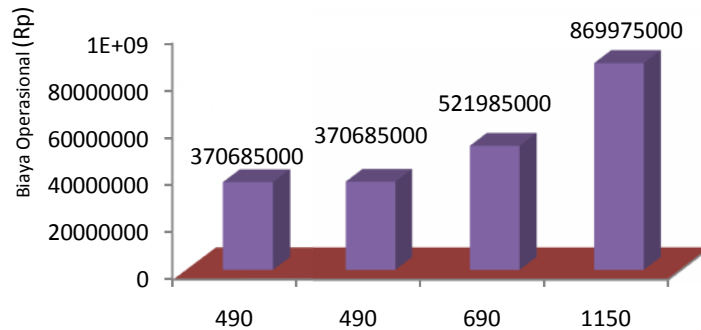
Output adalah hasil perhitungan, dimana bagian ini ditampilkan biaya perawatan dan perbaikan yang optimum, jadwal perawatan & perbaikan dan besar keuntungan yang diperoleh. Hasil perhitungan optimasi yang optimal dengan cost maintenance yang rendah dan keuntungan yang diperoleh yang maksimal, maka dilakukan perhitungan pendekatan dengan memilih interval waktu perawatan dan perbaikan 490, 490, 690 dan 1150 hari. Dari hasil perhitungan diperoleh waktu perbaikan yang tepat adalah setiap satu tahun.

Waktu Perbaikan Dengan Total Biaya Operasional.

Constrain			
Penentuan waktu perbaikan yang optimal			
	Interpal waktu perbaikan (tahun)	Total cost	Satuan
Model 1	1	276.122.500	Rp
Model 2	2	55.2245.000	Rp
Model 3	3	82.8367.500	Rp
Model 4	4	1.104.490.000	Rp
Output			
Model 1 dipakai untuk perhitungan waktu perbaikan yang optimal			
			1 tahun
Komponen Kritis	Interpal Waktu Perbaikan (Hari)	Rentang Perbaikan	Indeks Keandalan
- Exhaust valve		1	
- Intake valve kompresor.	490	1	0.1
Total cost			Rp. 370.685.000
- Exhaust valve,		1	
- Intake valve komp	690	1	0.1
- Expansion valve		1	
Total cost			Rp. 521.985.000
- Exhaust valve		2	
- Intake valve komp	1150	2	0.1
- Expansion vavle &		1	
- Piston Rings Set		1	
Output Value			Rp. 869.975.000

Dari tabel 14. diatas maka dapat diperjelaskan interval masing- masing komponen system dengan biaya total operasional dapat dilihat pada gambar 1. di bawah ini.

Total Biaya Operasional setiap periode penggantian komponen kritis



Grafik Total Biaya Operasional Setiap Perawatan & Perbaikan Komponen Kritis.

Keterangan:

- 490 = komponen yang diganti (Exhaust valve, Intake valve kompresor).
- 690 = komponen yang diganti (Intake valve, Exhaust valve & Expansion valve)
- 1150 = komponen yang diganti (Intake valve, Exhaust valve, Expansion valve & Ring set Kompresor)

KESIMPULAN.

Berdasarkan hasil kajian dalam penulisan ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Keandalan sistem pendingin (cold storage) 70 ton pada PT Harta Samudra dengan menggunakan metode analisa keandalan, maka komponen kritis dapat diketahui, antara lain: *Exhaust valve & Intake valve kompresor, Thermostatic Expansion Valve dan Piston Ring Set kompresor.*

Optimasi penentuan interval waktu perawatan dan perbaikan yang ideal dilakukan untuk masing-masing komponen system dengan indeks keandalan yang ditetapkan adalah 0,1 yang menghasilkan output value sebesar Rp. 276.122.500 per-tahun. dengan interval waktu perbaikan untuk komponen *Exhaust valve kompresor & Intake valve kompresor* pada hari ke 490, komponen *Expansion valve* pada hari ke 690, dan

komponen *Piston Ring Set* kompresor pada hari ke 1150 dengan interval waktu satu tahun merupakan kebijakan yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA.

- A.K.S Jardine. (1973), Maintenance, Replacement, and Reliability, department of engineering production University of Birmingham.
- Billinton roy, Reliability evaluation of engineering systems: concepts and techniques 1992, second edition.
- Chrysler. (1995) Corporation Ford motor company and general motor corporation, second edition, potential failure mode and effect analysis/ FMEA reference manual.
- K.B. Artana, K. Ishida. (2002), Spreadsheet modelling of optimal maintenance schedule for components in wear-out phase.
- Kececiogly, dimitri (1991), Reliability engineering handbook volume II PTR prentice hall, Englewood claffs, new jersey.
- Patrick D.T. O'Connor. (1995) Practical Reliability Engineering, third edition revised.
- Harry F. Marts, Ray A. Waller. (1982), Bayesian Reliability Analysis.

