

USULAN PENENTUAN KEBUTUHAN SPARE PARTS MESIN COMPRESSOR BERDASARKAN RELIABILITY PT.KDL

Ratna Ekawati, ST., MT.¹, Evi Febianti, ST., M.Eng², Nuhman³

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Untirta

Jl. Jend. Sudirman Km.3 Cilegon, Banten 42435

ratna.ti@untirta.ac.id¹, evifebianti@yahoo.com², Nuhman.ti.untirta@gmail.com³

Abstrak

*PT KDL memiliki masalah yang berhubungan dengan kehandaan dari mesin-mesin inti yang berada di unit pembangkitan. Masalah tersebut disebabkan oleh kerusakan komponen yang terdapat pada mesin, sehingga perlu dilakukan tindakan *corective maintenance* berupa penggantian spare parts yang menjadi bagian kecil dari komponen tersebut. Penelitian ini lebih difokuskan pada mesin compressor karena paling sering mengalami kerusakan dan memiliki total downtime terbesar. Bertujuan mengetahui nilai kehandalan dan laju kerusakan dari komponen-komponen kritis, menentukan demand spare part, menentukan jumlah pemesanan spare part yang optimal dan mengetahui total biaya persediaan. Dihilangkan bahwa komponen Drain Valve; Flame Oil Filtel; Inlet Guide Vane; Pipa Trasmmitter kehandalannya 40,32% ; 54,05% ; 36,78% ; 36,78% dan laju kerusakannya $1,16439 \times 10^{-5}$; $4,16497 \times 10^{-5}$; $1,6398 \times 10^{-5}$; $6,72116 \times 10^{-6}$ unit/ menit. Demand spare part untuk valve; rubbed clearance; seal; eye seal; oil filter; inlet guide vane; bearing; inlet wall; diffuser dan pipa selama satu tahun adalah 10; 24; 3; 11; 11; 4; 14; 4; 2; dan 2 unit. Dengan jumlah pemesanan optimal adalah 4; 22; 2; 9; 7; 2; 5; 6; 2 dan 1 unit. Total biaya persediaan yang harus dikeluarkan sebanyak Rp 251.806.011.*

Kata kunci : Downtime, Kehandalan, persediaan komponen dan spare part

1. PENDAHULUAN

PT KDL adalah perusahaan pembangkit listrik yang berfungsi sebagai penyedia pasokan energi listrik di kawasan industri KS dan sekitarnya. PT KDL memiliki masalah yang berhubungan dengan kehandalan dari mesin-mesin inti yang berada di unit pembangkitan. Masalah tersebut disebabkan oleh kerusakan *komponen* yang terdapat pada mesin, sehingga perlu dilakukan tindakan *corective maintenance* berupa penggantian *spare parts* yang menjadi bagian kecil dari komponen mesin compressor yang paling sering mengalami kerusakan dan memiliki total downtime terbesar.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai kehandalan dan laju kerusakan dari komponen-komponen kritis, menentukan *demand spare part*, menentukan jumlah pemesanan *spare part* yang optimal dan mengetahui total biaya persediaan. Batasan penelitian ini adalah data yang digunakan hanya data kerusakan mesin dari bulan Januari hingga Desember 2015, penelitian ini tidak membahas strategi perawatan dan tidak menentukan jadwal perawatan, penelitian ini hanya berfokus pada persediaan *komponen*, pengolahan data dilakukan dengan *software microsoft excel*, harga setiap *spare parts* dari mesin compressor diasumsikan konstan setiap bulannya.

Perawatan dilakukan untuk mencegah kerusakan sistem dan mengembalikan fungsi sistem jika kerusakan telah terjadi. Jadi tujuan utama perawatan adalah untuk menjaga dan memperbaiki kehandalan dari sistem. perawatan dibedakan atas dua macam, yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. *Preventive maintenance* adalah kegiatan perawatan secara rutin yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga. *Corrective maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan pada mesin sehingga tidak berfungsi dengan baik. Laju kerusakan adalah peluang peralatan akan gagal dalam interval waktu selanjutnya. Fungsi dari sebuah laju kerusakan dapat digambarkan pada sebuah kurva bak mandi (*bathub curve*).

Time Failure adalah waktu kerusakan mesin yang dipakai untuk mengetahui besarnya nilai kehandalan (*reliability*) dan pertimbangan untuk menentukan strategi perawatan (*maintainability*) pada suatu mesin. *Time failure* terdiri atas TTF (*Time To Failure*), TTR (*Time To Repair*) dan TBF (*Time Between Failure*).

Hubungan antara kehandalan dan persediaan adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi tingkat kehandalan maka kebutuhan persediaan semakin sedikit begitu juga sebaliknya. Persediaan dapat

diartikan sebagai bahan atau barang yang disimpan dan akan digunakan untuk memenuhi tujuan tertentu, misalnya untuk proses produksi, untuk dijual kembali, dan untuk suku cadang dari suatu peralatan atau mesin. Karena fungsi persediaan begitu penting maka dibuatlah model-model pengendalian persediaan.

Model deterministik ditandai dengan karakteristik permintaan dan periode kedatangan pesanan yang dapat diketahui secara pasti sebelumnya. Model dasar untuk persediaan deterministik adalah model *Economic Order Quantity* (EOQ).

2. METODOLOGI

Tahap pengolahan data adalah melakukan pemilihan komponen-komponen kritis. Komponen kritis dipilih dengan menggunakan diagram pareto berdasarkan urutan data total *downtime* komponen-komponen. Setelah terpilih komponen-komponen kritis, selanjutnya menghitung data TBF (*Time Between Failure*) dan TTR (*Time To Repair*). TBF dan TTR akan digunakan sebagai data masa lalu yang akan dilihat pola data kerusakannya dengan cara melakukan identifikasi awal distribusi kerusakan. Adapun proses atau tahapannya adalah mengurutkan nilai TBF dari yang terkecil hingga yang terbesar, menentukan nilai tengah (*median rank*) dengan rumus $f(t_i) = (i - 0,3)/(n + 0,4)$ dan menentukan koordinat (x, y) untuk distribusi normal, lognormal, eksponensial, weibull.

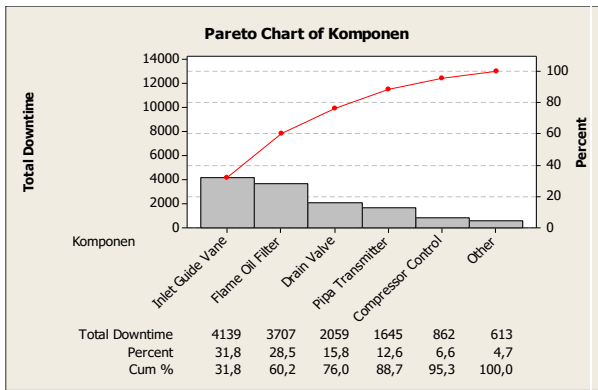
Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai *index of fit* terbesar dengan menggunakan metode *least square* atau kuadrat terkecil (Ebeling, 1997). Untuk input, data yang diperlukan adalah nilai (x, y) dari setiap distribusi. Adapun proses atau tahapannya adalah membuat tabel untuk setiap distribusi kerusakan dengan format kepala tabel $x ; y ; xy ; x^2 ;$ dan y^2 , menghitung jumlah dari setiap kolom ($\sum x; \sum y; \sum xy; \sum x^2; \text{ dan } \sum y^2$), menghitung *index of fit* dengan persamaan. Sehingga output dari tahapan ini adalah mengetahui asumsi awal distribusi kerusakan dari setiap komponen.

Selanjutnya asumsi distribusi kerusakan tersebut di uji dengan uji *goodness of fit*, dimaksudkan untuk membuktikan kesesuaian pola distribusi terpilih dengan pola data yang ada. Distribusi eksponensial diuji dengan uji *barlett*, distribusi weibull diuji dengan uji *mann's test*, distribusi normal dan distribusi lognormal diuji dengan uji *kolmogorov smirnov* Jika hasil uji hipotesa menunjukkan pola data yang diuji adalah tolak H_0 , maka kembali melakukan pemilihan distribusi selanjutnya dengan nilai *index of fit* terbesar kedua dan melakukan uji *goodness of fit* kembali sesuai distribusi yang terpilih. Sehingga output dari tahapan ini adalah mengetahui keputusan distribusi kerusakan yang sesuai dari setiap komponen.

Setelah dilakukan uji *goodness of fit* pada setiap komponen dan telah didapat pola distribusi yang sesuai selanjutnya adalah menghitung parameter sesuai pola distribusi yang terpilih pada masing-masing komponen tersebut dengan metode *Maximum Likelihood Estimator*. Setelah didapat nilai parameter dari distribusi yang terpilih, selanjutnya menghitung nilai MTBF (*Mean Time Between Failure*), MTTR (*Mean Time To Repair*), menghitung kehandalan (*reliability*) dan menghitung fungsi laju kerusakan dengan persamaan $f(t)/R(t)$. Kebutuhan *komponen* dapat diketahui dengan menggunakan *poisson proses* adalah metode untuk menghitung *demand komponen* dalam satu periode. Data yang digunakan adalah laju kerusakan dari setiap komponen. Setelah mengetahui *demand komponen* dalam satu tahun, maka selanjutnya dapat menghitung jumlah sekali pemesanan komponen mesin dengan metode EOQ (*Economic Order Quantity*) untuk mengetahui jumlah pemesanan yang optimal. Setelah didapat jumlah pemesanan optimal, selanjutnya dapat menghitung jumlah *safety stock, reorder point* dan total biaya inventori bertujuan untuk mengetahui biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan selama satu tahun.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen-komponen kritis dipilih dengan diagram pareto, data yang digunakan adalah data *downtime* komponen mesin *compressor* dari bulan Januari hingga Desember 2015.



Gambar 1. Diagram Pareto Downtime Komponen Mesin Compressor

Tabel 1. Perhitungan TTF, TBF dan TTR

Tanggal	Waktu		Selisih (Hari)	Selisih (Jam)	TTF (menit)	TBF (menit)	TTR (menit)
	Mulai	Selesai					
4/26/2015	4:00	15:30					690
5/11/2015	14:18	21:26	15	1:12	21528	22218	428
8/15/2015	15:11	23:50	96	6:15	137865	138293	519
9/16/2015	3:18	14:49	32	20:32	44848	45367	691
10/20/2015	7:00	20:30	34	7:49	48491	49182	810
11/30/2015	10:15	22:30	41	10:15	58425	59235	735
12/16/2015	17:24	21:50	16	5:06	22734	23469	266

Berdasarkan gambar diatas ada empat komponen yang memiliki downtime terbesar komponen-komponen tersebut adalah komponen *inlet guide vane* 31,8%, komponen *flame oil filter* 28,5%, komponen *drain valve* 15,8%, dan komponen *pipa transmitter* 12,6%. Sehingga keempat komponen tersebut dapat ditetapkan sebagai komponen-komponen kritis. Penentuan pola distribusi kerusakan dilakukan untuk mengetahui pola distribusi yang sesuai pada setiap komponen mesin *compressor* berdasarkan data kerusakan TBF (*Time Between Failure*).

Distribusi kerusakan dipilih berdasarkan nilai *index of fit* yang terbesar dengan menggunakan metode *Least Square*. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan *index of fit* masing-masing distribusi kerusakan untuk setiap komponen kritis.

Tabel 2. Rekapitulasi Index Of Fit dari TBF

Nama Komponen	Index Of Fit distribusi dari TBF (<i>Time Between Failure</i>)			
	Normal	Lognormal	Eksponensial	Weibull
Drain Valve	0,9765139	0,9568313	0,9201641	0,9819805
Flame Oil Filter	0,9658008	0,9554474	0,9039174	0,976582
Inlet Guide Vane	0,880142	0,9591178	0,9619072	0,9274205
Pipa Transmitter	0,9284381	0,9500497	0,9798799	0,9209889

Tabel 3. Rekapitulasi Index Of Fit dari TTR

Nama Komponen	Index Of Fit distribusi dari TTR (<i>Time To Repair</i>)			
	Normal	Lognormal	Eksponensial	Weibull
Drain Valve	0,9841985	0,9803952	0,9483859	0,9810567
Flame Oil Filter	0,9540054	0,9577241	0,9674399	0,9395066
Inlet Guide Vane	0,9630472	0,9299397	0,8560536	0,970759
Pipa Transmitter	0,8976604	0,8599684	0,7867418	0,9065362

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Uji Goodness Of Fit TBF (*Time Between Failure*)

Komponen	Asumsi Distribusi Awal	Hasil Uji Hipotesa	Keputusan
Drain Valve	Weibull	Terima H ₀	Weibull
Flame Oil Filter	Weibull	Terima H ₀	Weibull
Inlet Guide Vane	Eksponensial	Terima H ₀	Eksponensial
Pipa Transmitter	Eksponensial	Terima H ₀	Eksponensial

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Uji Goodness Of Fit TTR (*Time To Repair*)

Komponen	Asumsi Distribusi Awal	Hasil Uji Hipotesa	Keputusan
Drain Valve	Normal	Tolak H ₀	Weibull
Flame Oil Filter	Eksponensial	Terima H ₀	Eksponensial
Inlet Guide Vane	Weibull	Terima H ₀	Weibull
Pipa Transmitter	Weibull	Terima H ₀	Weibull

Tabel 6. Rekapitulasi Parameter Distribusi TBF

Komponen	Parameter		
	λ	β	θ
Drain Valve	-	1,3560573	113549,8
Flame Oil Filter	-	4,7346443	77497,362
Inlet Guide Vane	$1,6398 \times 10^{-5}$	-	-
Pipa Transmitter	$6,721 \times 10^{-5}$	-	-

Tabel 7. Rekapitulasi Parameter Distribusi TTR

Komponen	Parameter		
	λ	β	θ
Drain Valve	-	8,3128473	495,82116
Flame Oil Filter	0,0009648	-	-
Inlet Guide Vane	-	2,6577268	675,13926
Pipa Transmitter	-	1,7623043	495,82116

Berikut ini adalah rekapitulasi MTBF, *Reliability*, Laju Kerusakan dan MTTR. *Poisson Process* merupakan salah satu metode untuk menghitung *demand sparepart* dalam satu periode. Klasifikasi komponen dibedakan menjadi dua yaitu komponen *non-repairable* dan *repairable*. Komponen *non-repairable* adalah komponen-komponen yang jika mengalami kerusakan tidak bisa diperbaiki dan harus langsung di ganti.

Tabel 8. Rekapitulasi MTBF, Reliability, Laju kerusakan dan MTTR

Komponen	MTBF (menit)	Laju Kerusakan	Reliability	MTTR (menit)
Drain Valve	105758,0128	$1,16439 \times 10^{-5}$	40,32%	370,1536106
Flame Oil Filter	69941,36878	$1,25149 \times 10^{-5}$	54,05%	1036,490544
Inlet Guide Vane	60982,94393	$1,6398 \times 10^{-5}$	36,79%	599,8882398
Pipa Transmitter	148783,8209	$6,72116 \times 10^{-6}$	36,79%	441,5237841

Tabel 9. Perhitungan Kebutuhan Komponen Non Repairable

n	$\lambda_1 t$	P hitung (%)	P standar	Ketersediaan
0	1	0,0002033	95%	FALSE
1	8,5007373	0,0019937	95%	FALSE
2	36,131269	0,0092778	95%	FALSE
3	102,38081	0,0300937	95%	FALSE
4	217,3781	0,0743313	95%	FALSE
5	369,91487	0,1492418	95%	FALSE
6	524,09124	0,2366993	95%	FALSE
7	632,42208	0,3222017	95%	FALSE
8	676,28901	0,3230036	95%	FALSE
9	638,77282	0,6528779	95%	FALSE
10	543,00401	0,7632806	95%	FALSE
11	419,65041	0,8483991	95%	FALSE
12	297,224	0,9090384	95%	FALSE
13	194,38179	0,9483397	95%	FALSE
14	118,02773	0,972337	95%	TRUE
15	66,888198	0,9861566	95%	TRUE

Untuk memenuhi 95% ketersediaan komponen selama satu tahun pada komponen inlet guide vane yang non repairable, PT KDL harus menyediakan sebanyak 14 unit. Komponen repairable adalah komponen-komponen yang jika mengalami kerusakan masih bisa diperbaiki dan tidak harus langsung di ganti.

Efisiensi dari Gas Turbine Power Plant (pembangkit listrik tenaga gas) adalah 80%, artinya dari input bahan bakar 100%, hanya 80% yang terkonversi menjadi energi listrik dan sisanya menjadi scrap. Oleh karena itu nilai scrap rate adalah 20%. Komponen repairable dipengaruhi oleh $\lambda_1 t$ (laju yang dipengaruhi % Scrap Rate) dan $\lambda_2 t$ (laju yang dipengaruhi % MTTR).

Tabel 10. Perhitungan Kebutuhan Komponen Repairable

n	P 2	P 1			
		0	1	2	3
0	0,9902112409307	0,1827	0,3105	0,2640	0,1496
1	0,0097406920714	0,1826	0,3075		
2	0,0000479095157	0,1826	0,3105	0,2614	
3	0,0000001570950	0,1826	0,3105	0,2639	0,1481
4	0,0000000003863	0,1826	0,3105	0,2639	0,1495
5	0,0000000000008	0,1826	0,3105	0,2639	0,1496

Tabel 11. Perhitungan Kebutuhan Komponen Repairable (lanjutan)

n	P 2	P 1		P hitung	P standar	Ket
		4	5			
0	0,9902112409307	0,0636	0,0216	18,1%	95%	FALSE
1	0,0097406920714			49,0%	95%	FALSE
2	0,0000479095157			75,5%	95%	FALSE
3	0,0000001570950			90,5%	95%	FALSE
4	0,0000000003863	0,0629		97,0%	95%	TRUE
5	0,0000000000008	0,0635	0,0214	99,2%	95%	TRUE

Untuk memenuhi 95% ketersediaan komponen selama satu tahun pada komponen inlet guide vane yang repairable, perusahaan harus menyediakan 4 unit. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan demand spare parts tiap-tiap komponen mesin compressor selama satu tahun.

Tabel 12. Rekapitulasi Kebutuhan Spare Parts

No	Component	Spare parts	Spare Classification	Demand (unit)
1	Drain Valve	Valve	Non Repairable	10
		Rubbed Clearance	Non Repairable	10
2	Flame Oil Filter	Seal	Repairable	3
		Eye Seal	Non Repairable	11
		Oil Filter	Non Repairable	11
3	Inlet Guide Vane	Inlet Guide Vane	Repairable	4
		Bearing	Non Repairable	14
		Rubbed Clearance	Non Repairable	14
		Inlet Wall	Repairable	4
4	Pipa Transmitter	Diffuser	Repairable	2
		Pipa	Repairable	2

Tabel 13. EOQ, Safety Stock dan Reorder Point

No	Spare parts	D	EOQ	Safety Stock	Reorder Point
1	Valve	10	4	1	2
2	Rubbed Clearance	24	22	2	4
3	Seal	3	2	1	1
4	Eye Seal	11	9	1	2
5	Oil Filter	11	7	1	2
6	Inlet Guide Vane	4	2	1	1
7	Bearing	14	5	2	3
8	Inlet Wall	4	6	1	1
9	Diffuser	2	2	1	1
10	Pipa	2	1	1	1

Selanjutnya biaya inventori untuk masing-masing spare parts dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$TC = \text{Ordering Cost} + \text{Holding Cost} + \text{Purchasing Cost}$$

$$TC = \left(S \times \left(\frac{D}{Q} \right) \right) + \left(I \times C \left(\frac{Q}{2} \right) \right) + (D \times C) \quad (28)$$

Dengan menjumlahkan biaya inventori ($\sum TC$) dari masing-masing *spare parts*, maka didapatkan total biaya inventori sebesar Rp 251.806.011,-

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah komponen *Drain Valve* keandalan 40,32% dengan laju kerusakan $1,16439 \times 10^{-5}$ unit/menit, *Flame Oil Filtel* keandalan 54,05% dengan laju kerusakan $1,25149 \times 10^{-5}$ unit/menit, *Inlet Guide Vane* keandalan 36,78% dengan laju kerusakan $1,6398 \times 10^{-5}$ unit/menit dan *Pipa Transmitter* keandalan 36,78%. dengan laju kerusakan $6,72116 \times 10^{-6}$ unit/menit. *Demand spare parts* untuk *valve, rubbed clearance, seal, eye seal, oil filter, inlet guide vane, bearing, inlet wall, diffuser* dan *pipa* selama satu tahun adalah 10; 24; 3; 11; 11; 4; 14; 4; 2 dan 2 unit. Dengan jumlah pemesanan optimal untuk setiap pemesanannya adalah 4; 22; 2; 9; 7; 2; 5; 6; 2 dan 1 unit. Total biaya persediaan yang harus dikeluarkan oleh PT.Krakatau Daya Listrik adalah sebanyak Rp 251.806.011,-

DAFTAR PUSTAKA

- Bahagia, S. N. 2003. *Sistem Inventory*. Laboratorium Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.
- Gopalakrishnan, P. and Banerji, A. K. 1991. *Maintenance And Spare Parts Management*. Prentice Hall. New Delhi.
- Hanlon, P. C. 1976. *Compressor Handbook*. Mc Graw Hill. New York.
- Jiawantoro, A. Y. 2014. *Usulan Perawatan Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Mesin Crane Ship Unloader di PT KBS. Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Mulyana, D. 2014. *Usulan Penentuan Persediaan Komponen Mesin Conveyor Berdasarkan Keandalan. Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Pardede, T. 2014. *Perencanaan Kebijakan Pengelolaan Suku Cadang Corazza A452 Dan Corazza FF100 Line 3 Menggunakan Metode RCS, Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom. Bandung.
- Rosyidin, M. I. 2014. *Penentuan Pengelolaan Suku Cadang Pada Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Metode RCS Dan Inventory Analysis Di Divisi Pembangkitan Perum Jasa Tirta II, Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom. Bandung.