

**PENJADWALAN PENGGANTIAN KOMPONEN
GAS COMPRESORUNIT C WAUKESHA L7042 GSI
DENGAN METODE *AGE REPLACEMENT*
(PT. PERTAMINA EP ASSET TAMBUN FIELD)**

Murwan Widyantoro¹, Rifda Ilahy Rosihan², Warniningsih³
Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
Email: murwan@dsn.ubharajaya.ac.id¹;
rifda.ilahy@dsn.ubharajaya.ac.id²; warningstl@yahoo.com

ABSTRAK

Pemeliharaan (*maintenance*) merupakan aktivitas menjaga sistem peralatan dan mesin selalu tetap konsisten dalam proses produksi. Secara umum, masalah pemeliharaan sering terabaikan sehingga kegiatan pemeliharaan tidak teratur, yang pada akhirnya apabila mesin dan peralatan mengalami kerusakan dapat mempengaruhi kapasitas produksi. Diperlukan perencanaan perawatan mesin yang terjadwal (*preventive maintenance*) dalam hal ini penggantian pencegahan (*preventive replacement*) komponen mesin untuk mengurangi kerusakan mesin secara mendadak (*failure maintenance*). PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di industry perminyakan. PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field memiliki dua komponen yang sering mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan proses terganggu. Dua komponen tersebut terdapat merupakan komponen pada *Gas Compressor*, yaitu komponen *Connecting Rods* dan *Crankcase*. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui komponen kritis dari *Gas Compressor* pada PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field, menentukan interval *preventive maintenance* untuk komponen kritis dengan menggunakan metode *Age replacement*.

Kata Kunci : *Age Replacement, Failure maintenance, Gas Compressor, Pemeliharaan, Preventive maintenance.*

**SCHEDULE FOR REPLACEMENT OF COMPONENTS
GAS COMPRESORUNIT C WAUKESHA L7042 GSI
WITH *AGE REPLACEMENT METHOD*
(PT. PERTAMINA EP ASSET TAMBUN FIELD)**

ABSTRACT

Maintenance is an activity to maintain the equipment and machine systems always remain consistent in the production process. In general, maintenance problems are often neglected so that maintenance activities are not organized,

which in the end if the machine and equipment are damaged can affect production capacity. Required planned engine maintenance planning (preventive maintenance) in this case the replacement of preventive (preventive replacement) engine components to reduce engine damage suddenly (failure maintenance). PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field is one of the companies engaged in the oil industry. PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field has two components that are often damaged, resulting in a disrupted process. The two components are components of the Gas Compressor, the Connecting Rods and Crankcase components. The purpose of this study was to determine the critical components of the Gas Compressor at PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field, determine preventive maintenance intervals for critical components using the Age replacement method.

Keyword : *Age Replacement, Failure maintenance, Gas Compressor, Maintenance, Preventive maintenance.*

A. PENDAHULUAN

Pemeliharaan (*maintenance*) merupakan aktivitas menjaga sistem peralatan dan mesin selalu tetap konsisten dalam proses produksi. Secara umum, masalah pemeliharaan sering terabaikan sehingga kegiatan pemeliharaan tidak teratur, yang pada akhirnya apabila mesin dan peralatan mengalami kerusakan dapat mempengaruhi kapasitas produksi. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan harus dilakukan secara tepat dan konsisten.

Diperlukan perencanaan perawatan mesin yang terjadwal (*preventive maintenance*) dalam hal ini penggantian pencegahan (*preventive replacement*) komponen mesin untuk mengurangi kerusakan mesin secara mendadak (*failure maintenance*). Maka perlu adanya penentuan interval penggantian komponen mesin. Sehingga dapat

menekan *downtime* (waktu menganggur) yang ditimbulkan (Santoso, 2005). *Maintenance* atau perawatan mempunyai peran yang sangat menentukan dalam kegiatan produksi suatu perusahaan, karena aktivitas perawatan akan menentukan tingkat kelancaran dan efisiensi produksi. Dengan adanya kegiatan perawatan alat-alat produksi yang dilakukan oleh perusahaan secara rutin diharapkan alat-alat produksi tersebut dapat beroperasi dengan baik. Sehingga, dalam kegiatan produksi dan pengendalian kualitas produk dalam perusahaan dapat dilaksanakan dengan lebih baik. Alat-alat produksi yang selalu dalam keadaan baik diharapkan akan dapat meminimalkan jumlah produk cacat dan kualitas produk akhir dapat meningkat.

PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field merupakan perusahaan yang bergerak di sektor hulu minyak dan gas bumi nasional.

PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field ini bertugas untuk mengelolah penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia. Gas bumi yang dihasilkan dari sumur-sumur masih mengandung fraksi-fraksi hidrokarbon berat (C₅H₁₂-C₇H₁₆) atau biasa dikenal kondensat. Sehingga kondensat tersebut ditrap di PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field. Umumnya sebelum ditrap kondensat tersebut, gas tersebut harus mempunyai tekanan yang tinggi. Sehingga gas tersebut harus dinaikan tekanannya.

Alat untuk menaikkan tekanan pada suatu gas adalah kompresor. Kompresor merupakan alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida. PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field memiliki 6 (enam) Unit Gas Kompresor yaitu Unit A,B,C,D,E dan G. Dari 6 Gas Kompresor tersebut sering mengalami kendala diantaranya yaitu Gas Kompresor shutdown dengan sendirinya. Hal ini tentunya akan sangat mempengaruhi output produksi yang di akibatkan oleh kendala yang terjadi pada Gas Kompresor tersebut sehingga terjadi ketidaksesuaian antara target yang di inginkan perusahaan dengan aktual dilapangan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa apa penyebab dari kendala tersebut dan melakukan penjadwalan perawatan serta penjadwalan penggantian komponen agar gas engine selalu dalam keadaan baik.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa masalah yang timbul dari penelitian ini adalah Tingginya kerusakan pada *Gas Kompresor* unit CWaukesha L7042 GSI unit C sehingga perlu diketahui komponen apa saja yang mengalami kerusakan dan perlu dianalisis faktor – faktor apa saja yang menjadi penyebab kerusakan *Gas Kompresor* Waukesha L7042 GSI serta membuat usulan tindakan agar bisa menurunkan *downtime Gas Kompresor* tersebut. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menentukan komponen kritis pada *Gas Kompresor* dan menentukan interval waktu *preventive maintenance* dari komponen kritis.

B. LANDASAN TEORI

Perawatan adalah suatu kegiatan untuk merawat atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian dan penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri, 2008 : 134)

Terdapat dua jenis perawatan, yaitu *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance*. *Preventive maintenance* adalah kegiatan perawatann dan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kegagalan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan

fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu proses produksi. (Assauri, 2008 : 135). *Corective Maintenance* adalah kegiatan perawatan atau peralatan yang dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan/kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. *Maintenance* dilakukan untuk mengurangi terjadinya *failure* (kegagalan) pada mesin/komponen. Mesin atau peralatan dikatakan rusak apabila mesin atau peralatan tersebut tidak dapat dijalankan sesuai dengan fungsinya secara baik dan lancar. Kerusakan dari mesin atau peralatan tersebut salah satunya disebabkan oleh adanya *human error* dimana mesin tersebut tidak dijalankan sesuai dengan standar mesin tersebut.

Keandalan (*reliability*) suatu sistem/peralatan tergantung pada faktor eksternal dan tidak hanya dari kualitas produk itu sendiri (Ebeling,1997). Keandalan dari suatu sistem dapat dikatakan merupakan probabilitas sistem yang dapat berjalan dengan baik untuk melakukan tugas tertentu. Nilai keandalan berkisar antara 0 dan 1.

Mean time to failure (MTTF) hanya digunakan pada komponen atau alat yang sering sekali mengalami kerusakan. *Mean time to repair* (MTTR) adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perawatan (*repair*). MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan komponen yang mengalami

kerusakan (*failure*) (Ansori, 2013:23).

Model *age replacement* adalah suatu model penggantian dimana interval waktu penggantian komponen dilakukan dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadi penggantian peralatan yang masih baru dipasang akan ganti dalam waktu yang relatif singkat (Ansori, 2013:146).

Model *Age Replacement* terdapat dua siklus operasi yaitu :

- a) Siklus I adalah siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan pencegahan dengan melakukan penggantian komponen yang telah mencapai umur penggantian umur penggantian sesuai dengan yang direncanakan.
- b) Siklus II adalah siklus kerusakan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan sebelum mencapai waktu yang ditetapkan.

Model untuk masalah penentuan interval waktu yang optimal bagi penggantian pencegahan yang umum digunakan adalah model *Age Replacement*. Ekspektasi ongkos perawatan selama satu siklus penggantian pencegahan t_p = ekspektasi ongkos penggantian pencegahan selama t_p + ekspektasi ongkos penggantian kerusakan selama t_p . (Ansori,2013:147)

Pada dasarnya *downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu

komponen sistem tidak dapat digunakan tidak berada dalam kondisi yang baik, sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan *downtime* minimum menjadi sangat penting. Pembahasan berikut akan difokuskan pada proses pembuatan keputusan (R.Manzini,2010)

C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Pertamina EP Asset 3 Tambun Field pada komponen *Gas Compressor*. Data yang digunakan adalah data kerusakan pada bulan Maret 2017 – Agustus 2017, Biaya akibat perawatan, dan data komponen kritis.

Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data. Berdasarkan pengumpulan data yang didapatkan maka dibuat *pareto chart* untuk mengidentifikasi komponen kritis pada PT. Pertamina EP Asset 3

Tambun Field. Kemudian dilakukan pengujian Distribusi untuk waktu antar kerusakan. Kemudian, mengidentifikasi penyebab kerusakan dengan menggunakan *Fishbone*.

Setelah dilakukan pengolahan data kemudian dilakukan usulan perbaikan dengan menggunakan metode 5W+1H dan memberikan usulan penjadwalan pergantian komponen dengan Metode *Age Replacement*. Terakhir membuat kesimpulan dan saran.

D. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

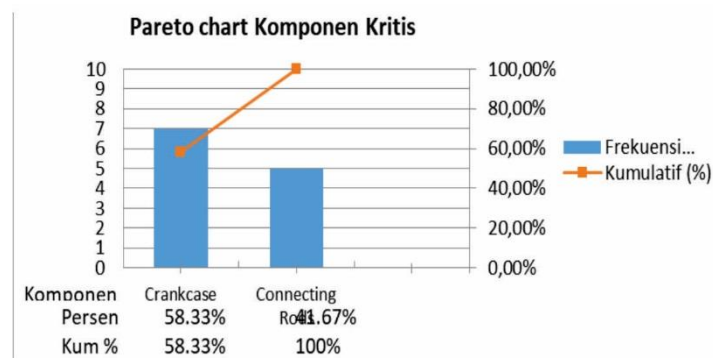
1. Penentuan Komponen Kritis

Berdasarkan data kerusakan yang diperoleh, *downtime gas compressor* diurutkan mulai dari yang terbesar sampai terkecil, kemudian dibuat dan dianalisis dengan diagram *pareto* untuk memudahkan pemilihan komponen kritis. Diagram *pareto* mengenai besarnya total *downtime* yang disebabkan oleh komponen *gas compressor* WaukeshaL7042 GSI. Berdasarkan data yang diperoleh, maka *presentase downtime* digambarkan pada Tabel 1 dan diagram *pareto* dapat dilihat pada Gambar 1

Tabel 1. Persentase *Downtime* komponen *gas compressor* WaukeshaL7042 GSI periode Maret 2017 – Agustus 2017

Komponen	Frekuensi Kerusakan	Kumulatif Frekuensi Kerusakan	Persen (%)	Kumulatif Persen (%)
Crankcase	7	7	58.33 %	58.33 %
Connecting Rods	5	12	41.67 %	100 %

Sumber :Pengumpulan Data (2018)



Sumber :Pengumpulan Data (2018)

Gambar 1. Diagram pareto komponen kritis *gas engine* caterpillar 3516

Berdasarkan Gambar 1. diagram *pareto* diatas diketahui bahwa 70 % *downtime gas compressor* WaukeshaL7042 GSI disebabkan oleh dua komponen utama *gas compressor* WaukeshaL7042 GSI yang mengalami kerusakan dan memiliki *downtime* tinggi. Komponen tersebut ialah *crankcase* dan *connecting rods*.

2. Pengujian *Goodness of Fit* Komponen *Crankcase*

Tabel 2 merupakan table perhitungan dari nilai TTF dan TTR dari komponen *crankcase*

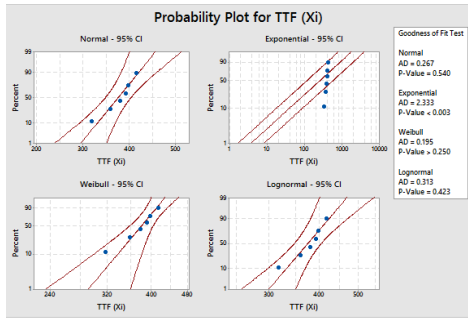
Tabel 2 TTR dan TTF Komponen *Crankcase*

Periode (i)	TTR (Xi) Jam	TTF (Xi) Jam
1	2.25	350.42
2	2.15	360
3	3.85	372.32
4	1.95	320
5	1.55	270
6	0.74	262

Sumber :Pengolahan Data (2018)

Setelah diketahui data *time to failure* (TTF) dan data *time to repair* (TTR) maka dilakukan uji distribusi dan hasil dari uji *goodness of fit* menggunakan software minitab 18 pada menu *Stat>Quality Tools >Individual Distribution Identification*. Dengan kriteria pemilihan adalah nilai statistik

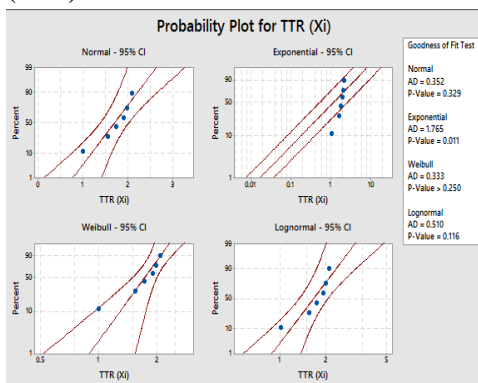
Anderson-Darling yang paling kecil. Berikut adalah hasil *Descriptive Statistics* dari uji *goodness of fit* menggunakan software minitab 18.



Sumber :Pengolahan Data (2018)

Gambar 2 Uji *Goodness of Fit* Komponen *Crankcase*

Penentuan distribusi waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan ini menggunakan software minitab 18, dimana dengan kriteria pemilihan adalah nilai statistik *Anderson-Darling* yang paling kecil. Setelah uji *goodness of fit* didapatkan hasil dari nilai waktu antar kerusakan (TTF) lebih kecil dibandingkan distribusi lain, yaitu berdistribusi Weibull dengan nilai statistik *Anderson-Darling* AD=0.195 (TTF).



Sumber :Pengolahan Data (2018)

Gambar 3 Uji *Goodness of Fit* TTRKomponen *Crankcase*

Dari gambar 2 dan gambar 3 maka distribusi untuk TTF dan TTR untuk komponen *crankcase* adalah Distribusi Weibull.

Komponen *Connecting Rods*

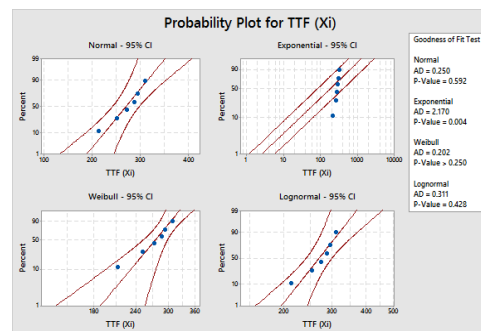
Tabel 3 merupakan hasil perhitungan TTF dan TTR untuk komponen *Connecting Rods*

Tabel 3 TTR dan TTF Komponen *Connecting Rods*

Periode (i)	TTR (Xi)	TTF (Xi)
	Jam	Jam
1	1.5	320
2	3.25	312.12
3	1.3	253
4	1.2	251
5	0.5	232.10
6	0.3	212.04

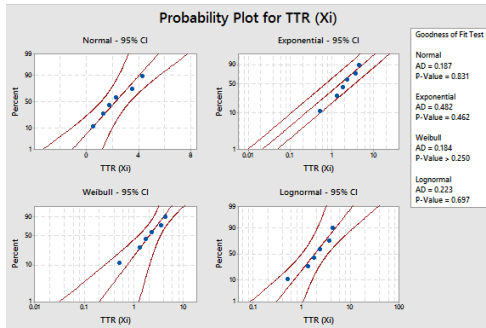
Sumber :Pengolahan Data (2018)

Setelah diketahui data *time to failure* (TTF) dan data *time to repair* (TTR) maka dilakukan uji distribusi dan hasil dari uji *goodness of fit* menggunakan software minitab 18 pada menu *Stat>Quality Tools >Individual Distribution Identification*. Dengan kriteria pemilihan adalah nilai statistik *Anderson-Darling* yang paling kecil. Berikut adalah hasil *Descriptive Statistics* dari uji *goodness of fit* menggunakan software minitab 18.



Sumber :Pengolahan Data (2018)

Gambar 3 Uji *Goodness of Fit* Komponen *Connecting Rods*



Sumber :Pengolahan Data (2018)

Gambar 4 Uji *Goodness of Fit* TTR Komponen *Connecting Rods*

Dari gambar 3 dan 4 dapat disimpulkan bahwa komponen *connecting rods* memiliki Distribusi Weibull untuk TTF dan TTR

3. Perhitungan MTTF Komponen *Crankcase*

Setelah dilakukan penentuan distribusi dari masing-masing komponen. Langkah selanjutnya adalah perhitungan MTTF untuk masing-masing komponen. Tabel 4 merupakan tabel untuk perhitungan nilai β dan θ untuk komponen *crankcase*

Tabel 4. Perhitungan β dan θ Distribusi *Weibull Time To Failure* (TTF) Komponen *Crankcase*

Periode (i)	TTF (Xi)	ln Xi	f(ti)=(i-0.3/n+0.4)	Yi={ln(ln(1/1-F(ti)))}	Xi.Yi	Xi ²	Yi ²
1	350.42	5.859	0.109	-2.156	-12.6300	34.3294	4.64668
2	360	5.886	0.265	-1.175	-6.9177	34.6462	1.38126
3	372.32	5.919	0.421	-0.602	-3.5609	35.0434	0.36185
4	320	5.768	0.578	-0.147	-0.8495	33.2735	0.02169
5	270	5.598	0.734	0.282	1.57829	31.3423	0.07947
6	262	5.568	0.890	0.794	4.4231	31.0064	0.630976
Total		34.600		-3.003	-17.9569	199.6414	7.121942

Sumber :Pengolahan Data (2018)

Perhitungan nilai parameter β dan α sebagai berikut :

$$\beta = b = \frac{n \cdot \sum Xi Yi - \sum i n Xi \cdot \sum Yi}{n \cdot \sum Xi^2 - (\sum i n Xi)^2}$$

$$= \frac{6 \cdot (-17.965) - (34.600) \cdot (-3.003)}{6 \cdot (199.641) - (34.600)^2}$$

$$= \frac{-107.79 + 103.903}{1197.864 - 1197.16} = \frac{3.886}{0.704} = 5.51$$

$$\alpha = a = \frac{\sum Yi - b \cdot \sum Xi}{n}$$

$$= \frac{-3.003 - (5.51 \cdot 34.600)}{6}$$

$$= \frac{-193.649}{6} = -32.27$$

Penentu nilai θ sebagai parameter :

$$\theta = e^{\frac{-a}{\beta}} = e^{\frac{-(-32.27)}{5.51}} = e^{5.87} = 559.72$$

Perhitungan untuk data TTF komponen *crankcase* mengikuti distribusi *weibull*. Nilai MTTF dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$MTTF = \theta \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = 559.72 \left(1 + \frac{1}{5.51} \right)$$

$$= 559,72 (1.18) \text{ Tabel gamma}$$

$$= 559,72 (0.92373)$$

$$= 517.03 \text{ Jam}$$

Komponen *Connecting Rods*

Selanjutnya adalah menghitung nilai MTTF untuk komponen *Connecting Rods*. Perhitungan nilai parameter β dan α sebagai berikut

$$\begin{aligned}\beta = b &= \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - \sum \ln X_i \cdot \sum Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum \ln X_i)^2} \\ &= \frac{6 \cdot (-17.535) - (33.374) \cdot (-3.003)}{6 \cdot (185.775) - (33.374)^2} \\ &= \frac{-105.21 + 100.222}{1114.65 - 1113.82} = \frac{4.98}{0.82} \\ &= 6.07\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha = a &= \frac{\sum Y_i - b \cdot \sum X_i}{n} \\ &= \frac{-3.003 - (6.07 \cdot 33.374)}{6} \\ &= \frac{-205.58}{6} = -34.26\end{aligned}$$

Penentuannilai θ sebagaiparameter :

$$\Theta = e^{\frac{-a}{\beta}} = e^{\frac{-(-34.26)}{6.07}} = e^{5.6} = 270.42$$

Perhitungan untuk data TTF komponen *connecting rods* mengikuti distribusi *Weibull*. Nilai MTTF dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{MTTF} &= \Theta \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = 270.42 \left(1 + \frac{1}{6.07} \right) \\ &= 270,42 (1.16) \text{Tabel gamma} \\ &= 270,42 (0.92980) \\ &= 251.43 \text{ Jam}\end{aligned}$$

4. Perhitungan MTTR Komponen *Crankcase*

Setelah dilakukan uji *Goodness OfFit*, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter *time to repair* (TTR). Perhitungantime to repair (TTR).komponen *Crankcase* dapat dilihat pada Tabel 6. Perhitungan nilai parameter β dan α sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\beta = b &= \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - \sum \ln X_i \cdot \sum Y_i}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum \ln X_i)^2} \\ &= \frac{6 \cdot (3.672) - (3.729) \cdot (-3.003)}{6 \cdot 3.789 - (3.729)^2} \\ &= \frac{22.032 + 11.198}{22.734 - 13.905} = \frac{33.384}{8.828} \\ &= 3.78 \\ \alpha = a &= \frac{\sum Y_i - b \cdot \sum X_i}{n} \\ &= \frac{(-3.003) - (4.91 \cdot 3.729)}{6} \\ &= \frac{(-3.003) - 14.095}{6} \\ &= \frac{-17.09}{6} = -2.84\end{aligned}$$

Penentuannilai θ sebagaiparameter :

$$\Theta = e^{\frac{-a}{\beta}} = e^{\frac{-(-2.84)}{3.78}} = 2.11$$

Perhitungan untuk data TTR komponen *Crankcase* mengikuti distribusi *Weibull*. Nilai MTTR dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{MTTR} &= \Theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = 2.11 \left(1 + \frac{1}{3.78} \right) \\ &= 2.11 (1.26) \text{Tabel Gamma} \\ &= 2.11 (0.90440) \\ &= 1.90 \text{ Jam}\end{aligned}$$

Komponen *Connecting Rods*

Setelah dilakukan uji *Goodness OfFit*, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter *time to repair* (TTR). Perhitungantime to repair (TTR).komponen *Crankcase* dapat dilihat pada Tabel 7. Perhitungan nilai parameter β dan α sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\beta = b &= \frac{n \sum X_i Y_i - \sum \ln X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum \ln X_i)^2} \\ &= \frac{6(-3.595) - (0.131)(-3.003)}{6(3.585) - (0.131)^2} \\ &= \frac{21.117}{20.508} = 1,02\end{aligned}$$

$$\alpha = a = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n}$$

$$= \frac{(-3.003) - (1,02 \times 0.131)}{6} = -0,52$$

Penentuan nilai θ sebagai parameter

$$\theta = e^{\frac{-\alpha}{\beta}} = e^{\frac{-(-0,52)}{1,02}} = 1,66$$

Perhitungan untuk data TTR komponen *Crankcase* mengikuti distribusi *weibull*. Nilai MTTR dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$MTTR = \Theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 1.66 \left(1 + \frac{1}{1.02}\right)$$

$$= 1.66 (1.98) \text{ Tabel Gamma}$$

$$= 1.66 (0.99171)$$

$$= 1.64 \text{ Jam}$$

4. Penentuan Nilai Interval Waktu Pergantian

Komponen *Crankcase*

Setelah mendapatkan nilai MTTF dan MTTR untuk komponen *crankcase* selanjutnya adalah menentukan interval waktu pergantian komponen. Hasil dari penentuan interval komponen dapat dilihat pada Tabel 8

Contoh Perhitungan jika $tp = 100$

$$MTTF = 517.03$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$F(100) = 1 - e^{-100/517.03}$$

$$F(t) = 0,17585$$

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

$$R(100) = 1 - 0,17585 = 0,82414$$

$$M(tp) = \frac{MTTF}{F(tp)}$$

$$M(tp) = \frac{517.03}{0,17585}$$

$$M(tp) = 2940,1762$$

$$D(tp) = \frac{Tf \cdot R(tp) + Tf(1 - R(tp))}{(tp + Tp) \cdot R(tp) + (M(tp) + Tf)(1 - R(tp))}$$

$$D(tp) = \frac{(11,32)(0,82414) + 11,32(1 - 0,82414)}{(100 + 11,32) \cdot 0,82414 + (2940,1762 + 11,32)(1 - 0,82414)}$$

$$D(tp) = 0,00647879$$

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh hasil nilai T minimum yaitu :

$$T = \text{Age Replacement} = 1200 \text{ Jam}$$

Komponen *Connecting Rods*

Setelah mendapatkan nilai MTTF dan MTTR untuk komponen *crankcase* selanjutnya adalah menentukan interval waktu pergantian komponen.

Hasil dari penentuan interval komponen dapat dilihat pada Tabel 9

5. Usulan Penjadwalan Penggantian Komponen

Pada pembahasan sebelumnya sudah dihitung *total minimum downtime* atau nilai $T = (\text{age replacement})$ pada tiap-tiap komponen *gas compressor* waukesha L7042 GSI. Pada Tabel 10 dapat dilihat hasil pemilihan waktu penjadwalan pergantian untuk masing-masing komponen.

Tabel 5 Perhitungan β dan θ Distribusi *Weibull Time To Failure* (TTF) Komponen *Coneccting Rods*

Periode (i)	TTF (Xi)	ln Xi	$f(ti)=(i-0.3/n+0.4)$	$Yi=\{\ln(\ln(1/1-F(ti)))\}$	$Xi.Yi$	Xi^2	Yi^2
1	320	5.76832	0.109375	-2.156	-12.4342	33.2735	4.6466
2	312.12	5.74338	0.265625	-1.175	-6.7500	32.9865	1.3812
3	253	5.53338	0.421875	-0.602	-3.3285	30.6183	0.3618
4	251	5.52545	0.578125	-0.147	-0.81382	30.5306	0.0216
5	232.1	5.44716	0.734375	0.282	1.53565	29.6716	0.0794
6	212.04	5.35677	0.890625	0.794	4.25510	28.6950	0.6309
Total		33.37449		-3.003	-17.5359	185.7757	7.1219

Sumber :Pengolahan Data (2018)

Tabel 6 Perhitungan β dan θ Distribusi *Weibull Time To repair* (TTR) Komponen *Crankcase*

Periode (i)	TTR (Xi)	ln Xi	$f(ti)=(i-0.3/n+0.4)$	$Yi=\{\ln(\ln(1/1-F(ti)))\}$	$Xi.Yi$	Xi^2	Yi^2
1	2.25	0.8109	0.1093	-2.156	-1.74805	0.65760	4.6466
2	2.15	0.7654	0.2656	-1.175	-0.89963	0.58594	1.3812
3	3.85	1.3480	0.4218	-0.602	-0.81092	1.81730	0.3618
4	1.95	0.6678	0.5781	-0.147	-0.09836	0.44599	0.0216
5	1.55	0.4382	0.7343	0.282	0.12355	0.19206	0.0794
6	0.74	-0.3011	0.8906	0.794	-0.23917	0.09066	0.6309
Total		3.7294		-3.003	-3.67260	3.78957	7.1219

Sumber :Pengolahan Data (2018)

Tabel 7 Perhitungan β dan θ Distribusi *Weibull Time To repair* (TTR) Komponen *Coneccting Rods*

Periode (i)	TTR (Xi)	ln Xi	$f(ti)=(i-0.3/n+0.4)$	$Yi=\{\ln(\ln(1/1-F(ti)))\}$	$Xi.Yi$	Xi^2	Yi^2
1	1.5	0.4054	0.109375	-2.156	-0.87402	0.1644	4.64668
2	3.25	1.1786	0.265625	-1.175	-1.38523	1.3892	1.38126
3	1.3	0.2623	0.421875	-0.602	-0.15782	0.0688	0.36185
4	1.2	0.1823	0.578125	-0.147	-0.02685	0.0332	0.02169
5	0.5	-0.6931	0.734375	0.282	-0.19541	0.4804	0.07947
6	0.3	-1.2039	0.890625	0.794	-0.95636	1.4495	0.63097
Total		0.1316		-3.003	-3.59571	3.5857	7.12194

Tabel 8.Penentuan Nilai *Interval Waktu* Penggantian Komponen *Crankcase*

tp (jam)	F (tp)	R (tp)	M (tp)	D (tp)
100	0.17585	0.82415	2940.176	0.00647879
200	0.32065	0.67935	1612.443	0.01001264
300	0.44006	0.55994	1174.908	0.01146012
400	0.53848	0.46152	960.1657	0.01168603
500	0.6196	0.3804	834.4577	0.01129561
600	0.68647	0.31353	753.172	0.01064219
700	0.74158	0.25842	697.2006	0.00991143
800	0.787	0.213	656.9632	0.00919301
900	0.82444	0.17556	627.1287	0.00852568
1000	0.8553	0.1447	604.5013	0.00792257
1100	0.88073	0.11927	587.0471	0.00738460
1200	0.9017	0.0830	570.3947	0.00683089
1300	0.91897	0.0983	573.3947	0.00690723
1400	0.93322	0.06678	554.028	0.00610831
1500	0.94495	0.05505	547.1506	0.00577362
1600	0.95463	0.04537	541.6025	0.00545580

Sumber :Pengolahan Data (2018)

Tabel 9.Penentuan Nilai *Interval Waktu* Penggantian Komponen *Conecting Rods*

tp (jam)	F (tp)	R (tp)	M (tp)	D (tp)
100	0.32815	0.67185	766.2045	0.00615388
200	0.54862	0.45138	458.2954	0.00722096
300	0.6967	0.3033	360.887	0.00661609
400	0.79625	0.20375	315.7677	0.00575320
500	0.86311	0.13689	291.307	0.00498857
600	0.90803	0.09197	276.8961	0.00437134
700	0.93821	0.06179	267.989	0.00388086
800	0.95848	0.04152	262.3216	0.00348801
900	0.97211	0.02789	258.6436	0.00316846
1000	0.98126	0.01874	256.2318	0.00290414
1100	0.98741	0.01259	254.6359	0.00268196
1200	0.99154	0.00846	253.5752	0.00249249
1300	0.99431	0.00569	252.8688	0.00232885
1400	0.99168	0.00832	253.5394	0.00249151
1500	0.99743	0.00257	252.0778	0.00205998
1600	0.99827	0.00173	251.8657	0.00194802

Sumber :Pengolahan Data (2018)

Tabel 10 Usulan Jadwal Penggantian Komponen *Gas Compressor* Waukesha L7042 GSI dengan Metode *Age Replacement*

No.	Komponen	Nilai <i>T = (Age Replacement)</i>	Nilai <i>D (tp) min</i>
1.	<i>Crankcase</i>	1200 Jam	0.00683089
2.	<i>Conecting Rods</i>	1300 Jam	0.00232885

Sumber :Pengolahan Data (2018)

E. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan diuraikan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Komponen yang paling sering rusak padagas *compressor* waukesha L7042 GSI dilihat dari tingkat frekuensi tertinggi pada periode Maret 2017 – Agustus 2017 adalah komponen *Crankcase* dengan jumlah kerusakan tujuh kali dan komponen *Conecting Rods* mengalami lima kali kerusakan.
2. Usulan tindakan perbaikan pada *gas compressor* waukesha L7042 GSI adalah dengan melakukan tindakan *preventive maintenance* dengan waktu pergantian komponen *crankcase* setiap 1200 jam dengan nilai $D(tp)_{min} = 0.00683089$, dan komponen *connecting rods* setiap 1300 jam dengan nilai $D(tp)_{min} = 0.00232885$

Saran

Dari kesimpulan di atas, beberapa saran yang disampaikan dalam penelitian ini guna proses produksi berjalan dengan optimal adalah sebagai berikut :

1. Membuat jadwal perawatan dan jadwal penggantian komponen *gas compressor* waukesha L7042 GSI serta melakukan pengecekan setiap waktu agar kondisi *gas compressor* tetap terjaga dan *gas compressor* mampu beroperasi dengan baik dengan tujuan meningkatkan *output* produksi.
2. Memberikan pelatihan (*training*) perawatan yang bersifat ahli agar para teknisi mampu memahami peran dan fungsi perawatan demi terealisasinya spesialis *gas compresor*.
3. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan lebih banyak komponen yang diteliti, sehingga dapat semakin meminimalisir terjadinya kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, Nachnul. 2013, *Sistem Perawatan Terpadu*, Jawa Timur.
- Assauri, Sofjan. 2008. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga Penerbitan Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Corder, S. Antony. 2000. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga.
- Ebeling, E, C. 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw-Hill, Singapore.
- Gasper, K., & Clore, G. L. 2002. *Attending to the Big Picture Mood and Global versus Local Processing of Visual Information*. Psychological Science
- Jaka Purnama, Yosua Anggara Putra, Moch. Kalamollah. 2015. *Metode Age Replacement Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus*. Surabaya : Institut Teknologi Adhi Tama.
- Juliandi Wirawan Krisnadi, Kusmaningrum Soemadi, Fifi Herni Mustofa. 2014. *Optimasi Waktu Penggantian Komponen Pada Lokomotif DE CC 201 Seri 99 Menggunakan Metoda Age Replacement di PT. Kereta Api Indonesia*. Bandung :
- Institut Teknologi Nasional (ITENAS).
- Lewit, dan Joel. 2003. *Complete Guide to Preventive Predictive Maintenance*. Industrial Press, USA
- R. Manzini, et al. *Maintenance for Industrial Systems London*: Springer, 2010, h.355-358 Universitas Sumatera Utara
- Setiawan, F.D. 2008. *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*. Yogyakarta : Maximus
- Zhona Muhamad Adinata Pratama. 2018. *Usulan Penjadwalan Penggantian Komponen Pada Mesin Rolling dan Heading di PT DRA COMPONENT PERSADA Dengan Metode Age Replacement*. Jakarta : Universitas Pancasila.