
APLIKASI RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA SISTEM SALURAN GAS MESIN WARTSILA**Sunaryo, ST,MT¹, Legisnal, ST,MT², Ir.Denur, MM³**^{1,2)} Prodi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Riau³⁾ Prodi Mesin Otomotif, Universitas Muhammadiyah Riau

E-mail : Sunaryo@umri.ac.id, Legisnal@umri.ac.id, denur@umri.ac.id

Abstract

Reliability Centered Maintenance (RCM) is a maintenance analysis method used to improve maintenance systems that focus on improving machine reliability. The problems that occur in the Wartsila machine at the Balipungut Duri Electricity Center is the frequent occurrence of machine failure that causes the low reliability of the machine. From the data of 2014-2016 years, a study of engine failure time in the line gas system that causes cessation of the machine. The study was carried out by FMEA treatment, damage rate and Weibull distribution data. The result of analysis shows that there is a critical component at Main gas admission valve that is at gas admission valve, admission valve filter and gas pipe feed. The rate of damage to the Main gas admission valve with the weibull distribution has a reduced rate of damage for $\beta < 1$, of 0.010627 of this value can be known recommended treatment is Reactive / preventive maintenance and inpection maintenance.

Keywords : Maintenance, RCM, Reliability, Preventive Maintenance

1. Latar Belakang Masalah

Pusat Listrik Balai Pungut merupakan pembangkit listrik thermal terbesar di Provinsi Riau berkapasitas ± 170 MW. Sebagian besar daya listrik yang dihasilkan dari mesin PLTMG Wartsila 18V50DF sejumlah 7 engine dengan kapasitas total beban 110 MW (Naryono, Ir., 2013). Kehandalan mesin pembangkit sangat di perlukan demi pelayanan kebutuhan energi listrik kepada masyarakat di daerah Sumatera Bagian Tengah khususnya Provinsi Riau.

Terjadinya unit engine stop/trip disuatu pembangkitan merupakan hal yang dihindari karena hilangnya sumber energi listrik yang dibutuhkan untuk kebutuhan masyarakat dan mengakibatkan banyak pemadaman di berbagai tempat (Hendrik, 2011). Salah satu penyebab engine unit stop/trip yang disebabkan oleh kerusakan *Main Gas Admission Valve*. *Main Gas Admission Valve* merupakan komponen yang mengatur jumlah masukan gas bahan bakar untuk pembakaran di silinder bersama pilot fuel dan udara.

Dari data kerusakan tahun 2014 sampai 2016 terjadi kerusakan komponen *main gas admission valve* sebanyak 30 kali, sehingga perlunya pemeliharaan yang intensif pada bagian *Compact Gas Ramp (CGR)* dan *Main gas admission valve* yang sebelumnya menerapkan pemeliharaan *corrective maintenance*, yaitu melakukan perbaikan ketika terdapat kerusakan. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka peneliti mencoba menerapkan perawatan mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* agar diharapkan dapat menetapkan *schedule maintenance* dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat yang harus dilakukan pada komponen *Main gas admission valve* (Rausand, 1998)

2. Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM mempunyai beberapa definisi adalah sebagai berikut :

1. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dikerjakan untuk menjamin setiap aset fisik tetap bekerja sesuai yang diinginkan atau suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif
2. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance* (pm) dan *corective maintenance* (cm) untuk memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi aset / sistem / equipment dengan biaya minimal (*minimal cost*) (Siddiqui & Ben-Daya, 2009)

Prinsip - Prinsip RCM

1. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu sitem/alat agar beroperasi tetapi memelihara agar fungsi sistem / alat tersebut sesuai dengan harapan.
2. RCM lebih fokus kepada fungsi system daripada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
3. RCM berbasiskan pada kehandalan yaitu kemampuan suatu sistem/equipment untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan
4. RCM bertujuan menjaga agar kehandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut.
5. RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baru kemudian untuk masalah ekonomi.
6. RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standard* yang ditetapkan.
7. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata / jelas, Tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan (*failure*) atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akaibat kegagalan. (Siddiqui & Ben-Daya, 2009)

Mengukur Kehandalan

Kehandalan merupakan probabilitas dari peralatan atau proses yang berfungsi sesuai peruntukannya tanpa mengalami kegagalan, ketika dioperasikan pada kondisi yang semestinya untuk interval waktu tertentu (Smith & Thickitt, 2009). Biaya tinggi memotivasi para engineer untuk mencari solusi terhadap masalah kehandalan untuk mengurangi biaya pengeluaran, meningkatkan kehandalan, memuaskan pelanggan dengan pengiriman tepat waktu dengan cara meningkatkan ketersediaan peralatan, dan dengan mengurangi biaya dan masalah yang timbul dari produk-produk yang gagal dengan mudah.

Perhitungan umum kehandalan didasarkan pada pertimbangan terhadap modus dari kegagalan awal, yang dapat disebut sebagai angka kegagalan dini (menurunnya tingkat kegagalan yang akan datang seiring dengan berjalannyawaktu) atau memakai modus usang (yaitu meningkatnya kegagalan seiring denganwaktu). Parameter utama yang menggambarkan kehandalan adalah:

- a. *Mean Time To / Between Failure* (MTBF) yakni rata-rata jarak waktu antar setiap kegagalan.
- b. *Mean Time To Repair* (MTTR) yakni rata-rata jarak waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan.
- c. *Mean Life To Component* yakni angka rata-rata usia komponen
- d. *Failure Rate* yakni angka rata-rata kegagalan peralatan pada satu satuan waktu.
- e. *Maximum Number Of Failure* yakni angka maksimum kegagalan peralatan pada jarak waktu tertentu.

a. Distribusi Weibull

Distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan, karena distribusi *weibull* dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (*early failure*), periode normal dan periode pengausan (*wear out*).

Periode tersebut tergantung dari nilai parameter bentuk fungsi distribusi *weibull*. Distribusi *weibull* mempunyai laju kerusakan menurun untuk $\beta < 1$, laju kerusakan konstan untuk $\beta = 1$ dan laju kerusakan naik untuk $\beta > 1$.

Fungsi-fungsi distribusi *weibull* adalah sebagai berikut:

Fungsi kepadatan kerusakan:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \cdot e^{\left[-\left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]}$$

Dimana untuk $t > 0$

α = Parameter skala dengan $\alpha > 0$

β = Parameter bentuk dengan $\beta > 0$

Fungsi distribusi kumulatif:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

Fungsi keandalannya:

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

Fungsi laju kerusakannya:

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Perubahan nilai β akan mengakibatkan distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi tertentu, akibatnya sering digunakan sebagai pendekatan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan. Hal ini dapat dilihat pada perubahan nilai β sebagai berikut:

1. Distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi *eksponensial*, jika $\beta = 1$.
2. Distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi *hypereksponensial*, jika $\beta < 1$.
3. Distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi normal, jika $\beta > 4$.

Table 2.1 Nilai Parameter Bentuk (β) Distribusi Weibull

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < \beta < 1$	Laju kerusakan menurun (<i>decreasing failure rate</i>) \rightarrow DFR
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan (<i>constant failure rate</i>) \rightarrow CFR Distribusi Eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) \rightarrow IFR Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju kerusakan linier (<i>linier failure rate</i>) \rightarrow LFR Distribusi Reyleigh
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) \rightarrow IFR Kurva berbentuk konveks
$3 = \beta = 4$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) \rightarrow IFR Kurva berbentuk simetris Distribusi Normal

Sumber: Sumber (Evandro Tinoco Mesquita , Jaderson Socrates , Salvador Rassi, Humberto Villacorta, 2004)

Adapun langkah-langkah perhitungan untuk menentukan nilai-nilai parameter distribusi *Weibull* dua parameter adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menaksir parameter α dan parameter β , dapat dilakukan dengan cara pendekatan Linear Regresi. Misalkan $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ adalah sejumlah data waktu antar kerusakan sistem yang telah disusun menurut urutan terkecil, untuk setiap t_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) berlaku hubungan berikut:

$$X_i = \ln t_i$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \frac{1}{1 - F(t_i)} \right]$$

Dimana:

$$F_{(t_i)} = \frac{i - 0.5}{N}$$

Setelah itu dengan menggunakan metode *Least Square*, nilai konstanta α dan β dapat diperoleh sebagai berikut:

$$b = \frac{N \sum X_i \cdot Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

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

Dengan diketahui nilai kedua konstanta a dan b, maka parameter distribusi *Weibull* dapat ditentukan yaitu:

$$\alpha = e^{-a/\beta}$$

$$\beta = b$$

Dimana:

$$e = 2,718$$

t = waktu terjadi kerusakan

α = *characteristic life* (CL)

β = probabilitas kumulatif dan waktu terjadi kerusakan sebelum atau sama dengan t

f(t) = fungsi padat distribusi frekuensi

Dengan metode diatas yang digabungkan dengan metode pengujian distribusi kerusakan maka akan didapat nilai parameter fungsi kerusakan.

Setelah diketahui nilai-nilai parameter distribusinya, maka perhitungan fungsi distribusi dan ongkos perawatan akan diketahui, kemudian akan didapatkan interval waktu yang optimum untuk melakukan perawatan dan penggantian pencegahan dengan minimasi ongkos yang terjadi.

b. Distribusi normal

Distribusi normal (*Gaussian*) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Fungsi-fungsi dari distribusi Normal:

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

- c. Fungsi Keandalan

$$F(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

- d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

c. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu *s* yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan *t* sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini dapat memiliki berbagai macam bentuk, sehingga sering dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi Weibull juga sesuai dengan distribusi Lognormal. Fungsi *reliability* yang terdapat pada distribusi Lognormal (Ebeling, 1997, p73) yaitu:

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

- c. Fungsi Keandalan

$$f(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Dimana $\mu > 0$, $\sigma > 0$ dan $t > 0$

Kosep *reliability* distribusi Lognormal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

e. **Distibusi Eksponential**

Distribusi Eksponential digunakan untuk menghitung kehandalan dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini adalah distribusi yang paling mudah dianalisis. Parameter yang digunakan dalam distribusi Eksponen adalah λ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi eksponential (Cabot et al., 1997) yaitu:

Reliability function :

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

$t > 0$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

c. Fungsi Keandalan

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

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \lambda$$

Dimana $t > 0$ dan $\lambda > 0$

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

$$R_m(t) = R(t)$$

3. Variabel waktu dalam pemeliharaan

Mean time between failure

Mean time between failure (MTBF) merupakan waktu rata-rata kegagalan atau breakdown dari suatu mesin, dihitung dari mesin pertama kali dipasang atau setelah perbaikan sampai terjadi kegagalan atau breakdown lagi MTBF adalah waktu rata-rata selang terjadinya failure. MTBF didapatkan dengan menghitung perbandingan antara total waktu uptime (waktu saat peralatan dalam kondisi baik sehingga dapat melakukan fungsi seperti seharusnya) dengan jumlah terjadinya failure dalam suatu kurun waktu tertentu.

Mean time to failure

Mean Time to Failure (MTTF) yaitu rata-rata selang waktu sampai terjadinya kerusakan atau failure (Dixon & Smith, 1993) MTTF mempunyai perhitungan yang berbeda-beda untuk data kerusakan yang mengikuti distribusi kerusakan yang berbeda. Berikut ini adalah perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing distribusi adalah :

- Distribusi Weibull
- Distribusi Eksponensial
- Distribusi Normal
- Distribusi Lognormal

Mean time to repair

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan peralatan. Secara umum waktu perbaikan dapat diberlakukan sebagai variabel random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan waktu perbaikan yang berbeda-beda. Untuk menentukan MTTR maka terlebih dahulu harus mengetahui jenis distribusi dari datanya. Menurut (Rausand, 1998) MTTR diperoleh dengan rumus :

$h(t)$ = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan (TTR)

$H(t)$ = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan (TTR)

Berikut ini adalah perhitunga nilai MTTR untuk masing - masing distribusi adalah:

- a. Distribusi Weibull
- b. Distribusi Eksponensial
- c. Distribusi Normal
- d. Distribusi Lognormal

Data Teknis Bahan Bakar

Gas yang digunakan oleh PLTMG Balai Pungut mesin Wartsila 18V-50DF ini menggunakan gas berjenis natural gas, saat beban puncak PLTMG Duri ini menggunakan CNG (*Compress Natural Gas*), ada dua perusahaan yang mensupply gas yaitu perusahaan Natural Gas TGI dan perusahaan CNG DPS Indonesia.

Data Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas Balai Pungut

Adapun data teknik PLTMG Balai Pungut pada tabel 2.6

Tabel 2.5 Data Utama PLTMG Balai Pungut

Pabrikan	Wartsila Finland Oy
Kecepatan	500 rpm
Jumlah Piston	18 buah
Beban Dasar	15000 kw
Daya Terpasang	16600 kw
Tekanan Udara	100 kPa (1.0 bar)
Suhu Gas Buang	± 500 ⁰ C
Tekanan Gas Buang	14.7 Psi

(Astuty, Rahma Anwar, 2018)

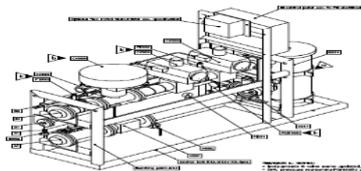
CGR (Compact Gas Ramp)

CGR merupakan module yang terdapat pada sistem bahan bakar gas pada PLTMG, CGR mempunyai berbagai fungsi diantaranya :

- a) Sebagai *filter* gas sebelum gas didistribusikan ke *Main gas admission valve*
- b) Sebagai pengatur jumlah bahan bakar yang digunakan untuk proses pembakaran.

Instalasi CGR

CGR terdiri dari beberapa komponen yaitu :



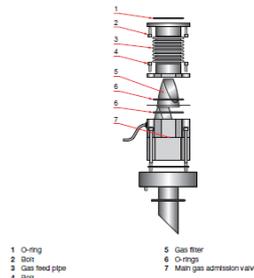
Gambar 2.4 Komponen CGR

Tabel 2.6 Komponen CGR

No	Peralatan	Fungsi
A	<i>Regulator</i>	Mengatur masukan gas sesuai kebutuhan engine
B	<i>Fuel Gas Filtrasi</i>	Menyaring gas masuk sebelum ke main gas admission valve
C	<i>Pressure Gauge</i>	Mengukur gas masuk ke engine
D	<i>Air Torque</i>	Valve pneumatik yang digunakan untuk menutup gas ke engine
E	<i>Venting</i>	Untuk membuang gas venting

2.6.3 Main Gas Admission Valve

Main gas admission valve merupakan komponen pensupply gas dan pengatur masuk gas sebelum ke silinder.



Gambar 2.5 Komponen Main gas admission valve

Tabel 2.7 Komponen Main gas admission valve

No	Peralatan	Fungsi
1	Gas feed pipe	Saluran gas menuju engine
2	Gas filter	Menyaring gas masukan ke engine
3	O- ring	Perapat agar tidak terjadi kebocoran gas
4	Main gas admission valve	Katup yang mengatur supply gas

PEMBAHASAN

Studi lapangan dan Studi Literatur

Menetapkan (definisi) *Reliability Centered Maintenance* untuk implementasi secara sistematis sebagai teknik pendekatan identifikasi bahaya dan beberapa hal yang penting.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM merupakan suatu proses yang digunakan untuuk menentukan jenis perawatan yang sesuai dalam konteks operasi dan konsekuensi kegagalannya untuk masing –masing aset. Karena tiap – tiap peralatan membutuhkan jenis perawatan yang berbeda sesuai dengan konteks operasinya. RCM dapat diidentifikasi sebagai metode pemeliharaan yang menggabungkan cara – cara pemeliharaan *reactive, predictive, preventive, dan proactive*, dengan strategi untuk memaksimalkan fungsinya peralatan dengan biaya yang minimal.

Identifikasi dan Perumusan Masalah

Mengidentifikasi kegagalan dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance (RCM) information Worksheet, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Worksheet*, digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan yang terjadi dari suatu komponen main gas admission valve serta akibat yang di timbulkannya. Pada *Reliability Centered Maintenance (RCM) information Worksheet* ini terdapat 2 komponen yang dianalisa penyebab kegagalannya dari fungsi komponen yang mengalami gagal beroperasi sesuai dengan fungsi yang seharusnya.

Dari komponen tersebut terdapat penyebab kegagalan (*failure mode*) yang mengakibatkan komponen mengalami kegagalan fungsi (*Functional Failure*) dari masing – masing *Failure Modes* tersebut dapat diketahui pula dampak yang ditimbulkan apabila itu terjadi.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data- data total downtime kerusakan main gas admission valve di PLTMG Balaipungut dikumpulkan dalam jangka waktu 3 tahun yaitu pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2016.

Tabel 4.1 Tabel total kerusakan line gas mesin Wartsila

No	Line Gas mesin wartsila	Total Down Time Kerusakan (Jam)
1	Line gas	1399,22

(Sumber : Data PL Balaipungut)

Komponen kritis ini di lakukan untuk dapat mengetahui komponen mana yang memiliki data downtime terbesar yang nantinya akan digunakan untuk pengolahan data.

Tabel 4.2 Total downtime kerusakan komponen line gas

No	Komponen	Total Downtime kerusakan (jam)
1	Main Gas Admission Valve	1334,22
2	Regulator Scrubber	65
Total		1399,22

(Sumber : Data PL Balaipungut)

Tabel 4.3 Persentase total downtime kerusakan komponen line gas

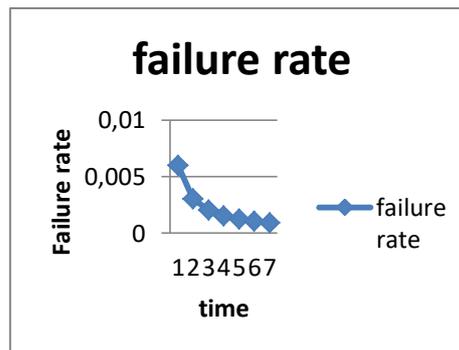
No	Komponen	Total Downtime kerusakan (jam)	% Kerusakan	% Kerusakan Kumulatif
1	Main Gas Admission Valve	1334,22	95,4	95,4
2	Regulator Scrubber	65	4,6	100,0
3	Compact gas remp	0	0,0	100,0
Total		1399,22		

(Sumber : Data PL Balaipungut)

Distribusi Weibull

Menentukan Indeks of Fit Time to Failure komponen Main gas admission valve dari distribusi, pendistribusian yang dilakukan adalah distribusi Weibull untuk menentukan jenis maintenance apa yang akan dilakukan.

Dari tabel regresi dan dianalisa dengan menggunakan weibull didapatkan grafik rata – rata kerusakan Main gas admission valve, seperti grafik gambar dibawah ini.



Grafik 1. Laju kerusakan Main gas admission valve

Kesimpulan

Kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk menjaga supaya peralatan atau fasilitas selalu dalam kondisi siap untuk dipakai sesuai kebutuhan. Konsepnya semua aktivitas pemeliharaan perlu dilakukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas asset agar selalu berfungsi dengan baik seperti kondisi sebelumnya. Adapun kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Hasil penilaian resiko menunjukkan bahwa komponen kritis yang mendapatkan prioritas utama dengan tingkat kepentingan resiko yang tinggi untuk di perhatikan adalah *Main gas admission valve* sering rusak, filter gas admission valve pecah.
2. Hasil regression interval waktu kerusakan *Main gas admission valve* dengan Distribusi *weibull* mempunyai laju kerusakan menurun untuk $\beta < 1$, sebesar 0,010627 dari nilai ini dapat diketahui

perawatan yang dianjurkan adalah **Reactive / preventive maintenance dan inspection maintenance**. Yang perawatannya meliputi pemeliharaan dan pembersihan filter Compact Gas Ramp (CGR) dan pengecekan inspeksi pada main gas admission valve secara visual.

3. Biaya yang dikeluarkan selama perbaikan dari tahun 2014- 2016 adalah main gas admission valve sebesar Rp 80.913.322.662,59 dan filter admission Valve Rp 27.589.548.550,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuty, Rahma Anwar, N. H. (2018). *ANALISIS BIAYA MANFAAT PEMBANGUNAN PLTMG PADA SISTEM KELISTRIKAN KEPULAUAN SELAYAR. PATRIA ARTHA Technological Journal* • <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1897%2Fpatjou.v2i2.183>
- Cabot, R. C., Scully, R. E. M. D., Mark, E. J. M. D., McNeely, W. F. M. D., Ebeling, S. H., Phillips, L. D., ... Ferry, J. A. (1997). Case records of the Massachusetts General Hospital: Case 31-1997. *The New England Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.../NEJM199706193362508>
- Dixon, R., & Smith, D. (1993). Strategic management accounting. *Omega*. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(93\)90003-4](https://doi.org/10.1016/0305-0483(93)90003-4)
- Evandro Tinoco Mesquita , Jaderson Socrates , Salvador Rassi, Humberto Villacorta, C. M. (2004). Insuficiencia Cardíaca com Função Sistólica Preservada. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2004000500014>
- Hendrik. (2011). ANALISIS PERAWATAN (MAINTENANCE) MESIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL (PLTD) PADA PT. PLN (PERSERO) CABANG RENGAT WILAYAH RIAU DI DESA KOTA LAMA KABUPATEN INHU. *ANALISIS PERAWATAN (MAINTENANCE) MESIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL (PLTD) PADA PT. PLN (PERSERO) CABANG RENGAT WILAYAH RIAU DI DESA KOTA LAMA KABUPATEN INHU*.
- Naryono, Ir., L. B. (2013). Analisis Efisiensi Turbin Gas Terhadap Beban Operasi Pltgu Muara Tawar Blok 1. *Sintek*.
- Rausand, M. (1998). Reliability centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(98\)83005-6](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(98)83005-6)
- Siddiqui, A. W., & Ben-Daya, M. (2009). Reliability centered maintenance. In *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-472-0_16
- Smith, M., & Thickitt, C. (2009). RCM letter to the editor. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. <https://doi.org/10.1002/rcm.4196>