

## Usulan Jadwal Perawatan pada Mesin Electric Arc Furnace 5 dengan Simulasi Monte Carlo

Eva Listiana Putri<sup>1</sup>, Achmad Bahauddin<sup>2</sup>, Putro Ferro Ferdinant<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa<sup>1, 2, 3</sup>  
eva.listiana@rocketmail.com<sup>1</sup>, baha@ft-untirta.ac.id<sup>2</sup>, putro\_ferro@ft-untirta.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAK

*PT. XYZ merupakan industri baja yang menghasilkan berbagai jenis produk baja salah satunya baja lembaran yang diproduksi oleh pabrik Slab Steel Plant yang terdiri atas 2 pabrik yaitu SSP1 dengan kapasitas 1juta ton/tahun dan SSP2 dengan kapasitas 800ribu ton/tahun. Objek penelitian ini difokuskan pada SSP1 karena memiliki kapasitas yang besar dan memiliki usia mesin yang lebih tua sehingga SSP1 sering mengalami downtime. Sistem produksi pada mesin yang digunakan adalah sistem yang memproduksi produk secara terus-menerus dalam volume besar, kerusakan pada salah satu komponen menyebabkan terhentinya keseluruhan fungsi sistem. Hal tersebut akan menyebabkan menurunnya kemampuan dari mesin yang dimiliki, maka perlu dilakukannya penjadwalan yang optimal untuk dapat mempertahankan performansi mesin. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah menentukan komponen kritis pada mesin EAF5, menentukan nilai reliability komponen kritis mesin EAF5, mengidentifikasi terjadinya penyebab kegagalan pada komponen kritis mesin EAF5 dan menentukan jadwal perawatan komponen kritis mesin EAF5. Metode yang digunakan adalah Diagram Pareto untuk menentukan komponen kritis pada mesin EAF5 kemudian mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan fungsi komponen kritis pada mesin EAF5 menggunakan Fault Tree Analysis, selain itu juga menggunakan metode simulasi Monte Carlo yang digunakan untuk mendapatkan nilai waktu menuju kerusakan pada komponen kritis mesin EAF5 sebagai dasar penentuan jadwal perawatan. Hasil yang didapat untuk penentuan komponen kritis mesin EAF5 adalah vibro car, roof, elektroda ph1, weight feader1, dedusting plant dan id fan. Penyebab dasar terjadinya kegagalan pada komponen kritis adalah ada potongan plat menggantung di roda, kebocoran di slang hydrolic, seal gearbox pecah, roda belt conveyor terganjal material, debu menumpuk dan temperatur bearing tinggi. Untuk nilai reliability komponen vibro car 0,1368, roof 0,2331, elektroda ph1 0,1385, weight feader1 0,2673, dedusting plant 0,2494 dan id fan 0,1304. Jadwal perawatan untuk mesin vibro car adalah setiap 17 hari, roof setiap 5 hari, electrode ph1 dan dedusting plant setiap 10 hari, weight feader1 setiap 7 hari dan id fan setiap 8 hari.*

**Kata kunci :** Penjadwalan, Komponen Kritis, Reliability, Fault Tree Analysis, Simulasi Monte Carlo

### PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan industri baja terbesar di Asia Tenggara dengan 6 unit produksi yang saling terintegrasi. Keenam buah pabrik tersebut menghasilkan berbagai jenis produk baja dimana salah satu produknya adalah baja lembaran yang diproduksi oleh pabrik *Slab Steel Plant* yang terdiri atas 2 pabrik yaitu *SSP1* dengan kapasitas 1juta ton/tahun dan *SSP2* dengan kapasitas 800ribu ton/tahun. Pada penelitian ini difokuskan pada *SSP1* karena memiliki kapasitas yang besar dan juga memiliki usia mesin yang lebih tua sehingga *SSP1* sering mengalami kerusakan. Sistem produksi pada mesin yang digunakan *SSP1* adalah *continuous process*. Sistem *continuous* adalah sistem yang memproduksi produk secara terus-menerus dan dalam *volume* besar. Pada proses produksi sistem *continuous*, kerusakan pada salah satu komponen akan dapat menyebabkan terhentinya keseluruhan fungsi sistem. Hal tersebut akan menyebabkan menurunnya kemampuan dari mesin yang dimiliki, karena semakin lama mesin digunakan maka akan menurunkan nilai keandalan dari mesin tersebut.

Untuk menghindari terjadinya hal tersebut maka perlu dilakukannya penjadwalan yang optimal, dengan melakukan penentuan penjadwalan yang optimal dan tindakan perawatan yang tepat dapat mempertahankan performansi mesin yang dimiliki.

Penelitian dilakukan pada pabrik *SSP1* yang di dalam pabrik tersebut terdapat 8 unit mesin yaitu *Electric Arc Furnace5 (EAF5)*, *Electric Arc Furnace6 (EAF6)*, *Electric Arc Furnace7 (EAF7)*, *Electric Arc Furnace8 (EAF8)*, *Laddle Furnace1 (LF1)*, *Laddle Furnace2 (LF2)*, *Continuous Casting Machine1 (CCM1)*, dan *Continuous Casting Machine2 (CCM2)*. Dari delapan unit tersebut mesin *EAF5* merupakan mesin yang sering mengalami *downtime*. Berdasarkan data kerusakan mesin, *EAF5* memiliki *downtime* sebesar 13011 menit pada tahun 2012 yang disebabkan oleh gangguan seperti *gearbox* pecah, ada kebocoran di *connection slang hydrolic*, kebocoran oli, material yang menggantung dan lain-lain.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis keandalan terhadap komponen kritis mesin *Electric Arc Furnace5* dengan menggunakan data waktu menuju kerusakan kemudian data tersebut digunakan untuk mencari parameter distribusi dengan mencari pola distribusi yang sesuai dengan pola data waktu menuju kerusakan. Parameter distribusi tersebut digunakan untuk mencari nilai *reliability* dan *mean time to failure* (MTTF). Peneliti juga menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan fungsi mesin. Peneliti juga menggunakan simulasi monte carlo, simulasi monte carlo digunakan untuk mendapatkan nilai waktu menuju kerusakan atau *time to failure* (TTF) pada masing-masing komponen kritis sebagai dasar penentuan jadwal perawatan yang optimal. Metode simulasi monte carlo memakai bilangan acak yang digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang mencakup keadaan ketidakpastian, dalam penelitian ini yang dimaksud dalam keadaan ketidakpastian adalah kerusakan mesin yang tidak diketahui kapan akan terjadinya kerusakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat usulan jadwal perawatan untuk meningkatkan nilai *reliability*. Yang kemudian dibandingkan dengan penjadwalan eksisting yang ada di perusahaan.

## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder yang diantaranya terdiri dari data waktu *downtime* pada divisi *slab steel plant1* periode bulan Januari-Desember tahun 2012.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan komponen kritis menggunakan diagram pareto. komponen yang termasuk dalam 80% penyebab kerusakan utama akan dianggap sebagai komponen kritis dan akan diteliti lebih lanjut. Kemudian dari waktu *downtime* dikelompokkan berdasarkan jenis komponen yang ada dan dihitung waktu menuju kerusakan (TTF). Dari data waktu menuju kerusakan kemudian menghitung *index of fit* dengan metode *least square* atau kuadrat terkecil.

Setelah dilakukan identifikasi untuk distribusi lognormal, normal, eksponensial dan weibull kemudian dilakukan uji *goodness of fit* untuk mengetahui distribusi yang terpilih sesuai atau tidak. Uji ini dilakukan dengan memilih nilai *index of fit* terbesar. Jika hasil uji hipotesa menunjukkan pola data yang diuji bukan termasuk distribusi yang terpilih maka lakukan pemilihan pola distribusi dengan nilai *index of fit* terbesar kedua dan lakukan pengujian hipotesa sesuai distribusi yang terpilih. Uji *goodness of fit* yang digunakan untuk keempat distribusi tersebut adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk distribusi Normal dan Lognormal, uji *Bartlett* untuk distribusi Eksponensial dan uji *Mann's Test* untuk distribusi Weibull.

Setelah diketahui pola distribusi kemudian melakukan perhitungan parameter. sesuai pola distribusi yang terpilih pada masing-masing komponen tersebut

dengan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Setelah parameter didapat, langkah selanjutnya melakukan perhitungan *mean time to failure* dan *reliability* pada masing-masing komponen kritis.

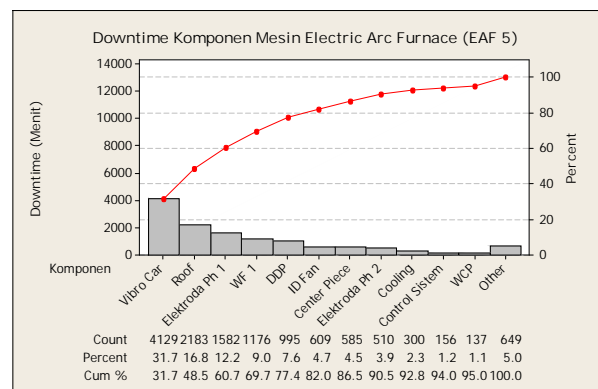
Selanjutnya mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan menggunakan *fault tree analysis* dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas
- b. Pengkonstruksian *fault tree*
- c. Menentukan *minimal cut set*
- d. Perhitungan probabilitas terjadinya kerusakan

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai waktu menuju kerusakan atau *time to failure* menggunakan simulasi monte carlo sebagai dasar penentuan jadwal perawatan. Simulasi ini dilakukan dengan cara membangkitkan bilangan *random*, unsur dasar dalam pembangkitan bilangan *random* adalah berdistribusi *uniform* (0,1) sehingga harus dikonversi ke distribusi *non-uniform* dengan metode *transformasi invers* dengan menggunakan *cumulative distribution function* ( $F(t)$ ). Dengan mengkonversi ke distribusi *non-uniform* dengan menggunakan *cumulative distribution function*, maka akan mendapatkan nilai waktu menuju kerusakan. Nilai tersebut kemudian dihitung kembali parameter sesuai distribusi yang terpilih. Setelah mendapatkan nilai parameter pada masing-masing komponen kritis selanjutnya adalah menghitung kembali nilai MTTF dan *reliability* nya. Nilai MTTF tersebut digunakan sebagai acuan penentuan usulan jadwal perawatan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penentuan komponen kritis mesin *Electric Arc Furnace5* langkah yang dilakukan adalah dengan mengukur *downtime* yang terjadi bulan Januari sampai bulan Desember tahun 2012 menggunakan diagram pareto.



Gambar 1. Diagram pareto frekuensi kerusakan komponen mesin *Electric arc furnace 5*

Berdasarkan diagram pareto terlihat bahwa dari 20 komponen mesin *Electric Arc Furnace5* terdapat 6 komponen yang memiliki *downtime* terbesar dan persentase kumulatif *downtime* mendekati 80% adalah *vibro car*, *roof*, *elektroda phasa1*, *weight feader1*, *dedusting plant* dan *id fan*. Berdasarkan prinsip pareto, dengan mengatasi 20% dari *item* komponen mesin *Electric Arc Furnace5* bisa mewakili 80% penyebab

kerusakan yang berdampak signifikan. Dengan mengetahui penyebab-penyebab yang dominan yang seharusnya pertama kali diatasi maka akan bisa menetapkan prioritas perbaikan. Perbaikan pada faktor penyebab terjadinya kerusakan pada mesin *electric Arc Furnace5* ini akan membawa akibat atau pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penyelesaian penyebab yang tidak berarti. Biasanya jumlah komponen kritis lebih sedikit dari komponen non kritis, namun biaya untuk pergantian komponennya lebih besar dari komponen non kritis.

Selanjutnya adalah pengujian pola distribusi kerusakan dilakukan dengan menggunakan data waktu menuju kerusakan (TTF) pada tiap-tiap komponen kritis dan didapat nilai *index of fit*. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan *index of fit* :

**Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan *index of fit***

Komponen	Distribusi			
	Lognormal	Normal	Eksponensial	Weibull
Vibro Car	0,959	0,857	0,952	0,949
Roof	0,976	0,707	0,881	0,935
Electroda Ph1	0,997	0,831	0,932	0,999
Weight Feader1	0,943	0,958	0,988	0,965
Dedusting Plant	0,989	0,787	0,943	0,969
ID Fan	0,966	0,794	0,904	0,965

Setelah dilakukan perhitungan *index of fit* selanjutnya adalah uji *goodness of fit* untuk mengetahui apakah distribusi yang terpilih sesuai atau tidak dengan menggunakan metode *Least Square* yaitu berdasarkan nilai *index of fit* terbesar. Jika hasil hipotesa menunjukkan pola data yang diuji bukan termasuk distribusi yang terpilih maka lakukan pemilihan distribusi dengan nilai *index of fit* terbesar kedua.

**Tabel 2. Rekapitulasi hasil uji *goodness of fit* distribusi**

Komponen	Distribusi
Vibro Car	Eksponensial
Roof	Weibull
Electroda Ph 1	Weibull
Weight Feader 1	Weibull
Dedusting Plant	Weibull
ID Fan	Weibull

Setelah dilakukan uji *goodness of fit* pada setiap komponen kritis 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* (MLE). Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan parameter distribusi waktu antar kerusakan pada tiap-tiap komponen :

**Tabel 3. Rekapitulasi parameter distribusi**

Komponen	Parameter Distribusi		
	Eksponensial	Weibull	
Vibro Car	0,00001627	-	-
Roof	-	0,475486	12335,76
Electroda Phasa 1	-	0,294283	10198,12
Weight Feader 1	-	0,563814	10387,98
Dedusting Plant	-	0,51431	11923,88
ID Fan	-	0,28179	2051,42

Setelah didapat distribusi yang sesuai dan parameter pada setiap komponen langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai *mean time to failure* (MTTF) atau rata-rata waktu menuju kerusakan dan nilai *reliability* pada masing-masing komponen kritis. Untuk mendapatkan rata – rata waktu menuju kerusakan dilakukan perhitungan yang berbeda dikarenakan perbedaan distribusi dan parameter yang digunakan berbeda. Berikut adalah rumus yang digunakan :

$$\text{Weibull : } MTTF = \theta \Gamma(x) = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (1)$$

$$\text{Eksponensial : } MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

Kemudian menghitung *reliability* untuk komponen kritis mesin *Electric Arc Furnace 5*. *Reliability* ini menunjukkan seberapa mampu mesin berfungsi tanpa terjadinya kegagalan. Berikut rumus yang dipakai.

$$\text{Weibull : } R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (3)$$

$$\text{Eksponensial : } R(t) = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Dengan t = rata – rata waktu antar kerusakan

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan *mean time to failure* (MTTF) dan *reliability* pada masing-masing komponen kritis :

**Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan MTTF dan *reliability***

Komponen	MTTF (menit)	Reliability	Jadwal Perawatan Eksisting (hari)
Vibro Car	61452,26	0,1368	14
Roof	27192,95	0,2331	7
Electroda Phasa 1	103369	0,1385	7
Weight Feader 1	16984,97	0,2673	14
Dedusting Plant	22579,46	0,2494	7
ID Fan	25620,18	0,1304	14

Berdasarkan tabel 4, didapat nilai MTTF dan *reliability* untuk masing-masing komponen kritis. Nilai MTTF pada komponen *vibro car* sebesar 61452.26 menit, artinya rata-rata waktu menuju kerusakan pada komponen *vibro car* sebesar 61452.26 menit dengan kata lain komponen *vibro car* akan mengalami kegagalan setelah 61452.26 menit. Dan nilai *reliability* nya sebesar 13.68% artinya komponen *vibro car* setelah beroperasi sebesar 61452.26 menit komponen tersebut melakukan fungsinya sebesar 13,68% dengan periode perawatan setiap 14 hari, begitupun untuk komponen lainnya.

Selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan menggunakan *fault tree analysis*, sebelum membuat *fault tree*, langkah pertama adalah mendefinisikan masalah dan kondisi batas. *TOP event* dari masalah yang ada adalah “kerusakan (*trip*) yang terjadi pada komponen mesin *electric arc furnace5* (*vibro car, roof, elektroda phasa1, weight feader1, dedusting plant* dan *Id fan*) pada saat pengoperasian normal“ dan masalah yang ada terbatas pada penyebab-penyebab yang bersifat umum atau *failure* yang sering terjadi. *TOP event* yang dihasilkan harus memiliki *secondary failure* dan *basic event*. *Secondary failure* didasarkan pada *event-event* penyebab yang memiliki

penyebab lanjutan sedangkan *basic event* didasarkan pada penyebab yang tidak memiliki penyebab lanjutan. *TOP event* adalah kegagalan suatu sistem (*system failure*) sedangkan *basic event* adalah penyebab dasar yang apabila terjadi akan mengakibatkan terjadinya *TOP event*.

*Basic event* yang mampu menyebabkan *TOP event* terjadi pada komponen *vibro car* yaitu ada potongan plat dan batu yang mengganjal di roda, *car* lepas dari jalurnya, rantai kendor, roda rusak atau macet, kabel putus dan *problem off track belt* dengan nilai probabilitas terjadinya kerusakan sebesar 0.115 atau 11.5 %.

*Basic event* yang mampu menyebabkan *TOP event* terjadi pada komponen *roof* yaitu ada kebocoran di *connection slang hydrolic*, *stabilizer* belum posisi *off*, *roof lower alarm*, *pressure* kurang, *hydrolic off* dan *problem hydrolic* atau silinder bocor dengan nilai probabilitas terjadinya kerusakan sebesar 0.133 atau 13.3 %.

*Basic event* yang mampu menyebabkan *TOP event* terjadi pada komponen *electrode phasal* yaitu *seal gearbox* pecah, *gear* pecah dan kabel kendor dan lepas dengan nilai probabilitas terjadinya kerusakan sebesar 0.053 atau 5.3 %.

*Basic event* yang mampu menyebabkan *TOP event* terjadi pada komponen *weight feader1* yaitu ada material yang mengganjal di roda, *speed conveyor* tidak teratur, roda *belt conveyor* terganjal material dan *motor short ground* dengan nilai probabilitas terjadinya kerusakan sebesar 0.094 atau 9.4 %.

*Basic event* yang mampu menyebabkan *TOP event* terjadi pada komponen *dedusting plant* yaitu ada material yang mengganjal di roda dan ada debu yang menumpuk dengan nilai probabilitas terjadinya kerusakan sebesar 0.174 atau 17.4 %.

Sedangkan *basic event* yang mampu menyebabkan *TOP event* terjadi ada komponen *id fan* yaitu *alarm temperatur bearing* tinggi, *control analog interlocking* tidak bekerja dan *limit switch open* dengan nilai probabilitas terjadinya kerusakan sebesar 0.053 atau 5.3 %.

Dengan mengetahui *basic event* atau penyebab dasar pada masing-masing komponen kritis akan lebih memudahkan identifikasi penyebab kegagalan yang terjadi pada komponen kritis tanpa harus mengidentifikasi seluruhnya.

Selanjutnya adalah mencari nilai waktu menuju kerusakan (TTF) pada komponen kritis dengan simulasi monte carlo. Simulasi monte carlo dilakukan dengan cara membangkitkan bilangan *random*, dalam penelitian ini menggunakan *software microsoft excel* dengan mengetikkan [=rand()], sebelum proses simulasi dilakukan unsur dasar yang dibutuhkan dalam pembangkitan bilangan *random* adalah berdistribusi *uniform* (0,1) sehingga harus dikonversi ke distribusi *non-uniform* dengan metode *transformasi invers* dengan

menggunakan *cumulative distribution function* (Priyanta, 2000)

$$F(t) \text{ untuk distribusi eksponensial} = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$U = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$e^{-\lambda t} = 1 - U$$

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

$$-\lambda t = \ln(1 - U)$$

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - U)$$

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln(U)$$

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln(U)$$

$$F(t) \text{ untuk distribusi weibull} = 1 - e^{-\frac{t^\beta}{\theta}}$$

$$U = 1 - e^{-\frac{t^\beta}{\theta}}$$

$$e^{-\frac{t^\beta}{\theta}} = 1 - U$$

$$\ln e^{-\frac{t^\beta}{\theta}} = \ln(1 - U)$$

$$\ln e^{-\frac{t^\beta}{\theta}} = \ln(1 - U)$$

$$\left(-\frac{t}{\theta}\right)^\beta = \ln(1 - U)$$

$$\left(-\frac{t}{\theta}\right)^\beta = \ln(1 - U)$$

$$t = \theta (-\ln(1 - U))^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t = \theta (-\ln(U))^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t = \theta (-\ln(U))^{\frac{1}{\beta}}$$

Berikut adalah atau waktu menuju kerusakan (TTF) hasil dari simulasi monte carlo.

**Tabel 5. Waktu menuju kerusakan (TTF) hasil simulasi monte carlo**

Waktu Menuju Kerusakan (TTF)					
<i>Vibro Car</i>	<i>Roof</i>	<i>Electroda Phl</i>	<i>Weight Feader1</i>	<i>Dedusting Plant</i>	<i>ID Fan</i>
14328.13886	5530.11	33630.18	938.45	15558.07	4264.19
37143.00538	658.86	7402.10	8780.03	21931.23	396.44
13366.70445	19366.77	2682.37	14650.61	386.97	23442.52
6337.836078	2283.04	1126.32	865.53	5262.70	970.86
54349.40412	5343.81		5661.25	15091.71	
8599.420994	1050.59		2415.66	2714.70	
46988.92654	6149.46		30315.98	130.31	
9091.789463	8726.17		543.23	15585.62	
17315.43513	26154.57			2034.85	
22835.73068	412.12			4282.37	
	2413.96			52498.67	
	1851.34			5923.06	
				871.32	
				22869.09	
				15544.77	
				6887.12	

Berdasarkan tabel 5. Didapatkan nilai waktu menuju kerusakan (TTF) hasil simulasi monte carlo, nilai tersebut dihitung kembali nilai parameternya sesuai distribusi yang terpilih pada masing-masing komponen kritis, parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai *reliability* dan *mean time to failure* yang digunakan sebagai acuan penentuan jadwal perawatan.

Sebelum menghitung kembali nilai *reliability* dan *mean time to failure* hasil simulasi, diperlukan uji validitas antar model simulasi dengan aktual yang ada. Uji validitas dilakukan untuk melihat apakah model simulasi yang dibuat sudah mewakili aktual yang ada. Uji

validitas menggunakan uji *Mann-Whitney* dengan *software SPSS*. Berikut adalah contoh untuk komponen *vibro car*.

**Tabel 6. Perhitungan uji validitas TTF komponen *vibro car* menggunakan uji *man - whitney***

Aktual	Model Simulasi
1440	6338
1440	8599
1868	9092
15205	13367
16940	14328
20402	17315
28153	22836
54700	37143
142943	46989
160600	54349

Berdasarkan hasil *Asymp. Sig (2tailed)* menggunakan uji *Mann-Whitney* dengan *software SPSS* bahwa  $H_0$  diterima atau nilai TTF komponen *vibro car* aktual tidak berbeda signifikan dengan TTF komponen *vibro car* pada model simulasi karena nilai Probabilitas  $> (0.05)$ . berikut adalah rekapitulasi uji validasi pada masing-masing komponen kritis :

**Tabel 7. Rekapitulasi uji validasi**

Komponen	<i>Asymptot Significant (2tailed)</i>	Keterangan
<i>Vibro Car</i>	0,821	$H_0$ diterima
<i>Roof</i>	0,908	$H_0$ diterima
<i>Electroda Phasa 1</i>	0,773	$H_0$ diterima
<i>Weight Feader 1</i>	0,753	$H_0$ diterima
<i>Dedusting Plant</i>	0,763	$H_0$ diterima
<i>ID Fan</i>	0,248	$H_0$ diterima

Berdasarkan tabel 7. Diperoleh kesimpulan yaitu hasil *Asymptot Signifiant (2-tailed)* bahwa nilai Probabilitas  $> (0.05)$  maka  $H_0$  diterima atau nilai TTF komponen kritis aktual tidak berbeda signifikan dengan TTF komponen kritis pada model simulasi.

Setelah *Time To Failure (TTF)* aktual dan *Time To Failure (TTF)* model simulasi dinyatakan tidak berbeda signifikan, kemudian melakukan usulan jadwal perawatan dengan melakukan perhitungan kembali parameter distribusi pada masing-masing komponen kritis dan melakukan perhitungan kembali pada *Mean Time To Failure (MTTF)* dengan meningkatkan frekuensi perawatan untuk meningkatkan nilai *reliability*. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan kembali parameter pada komponen kritis :

**Tabel 8. Rekapitulasi perbaikan parameter distribusi**

Komponen	Parameter	
	Eksponensial	Weibull
<i>Vibro Car</i>	0,00004260	-
<i>Roof</i>	-	0,86506 6261,05
<i>Electroda Phasa 1</i>	-	0,67133 10669,34
<i>Weight Feader 1</i>	-	0,71311 7236,56
<i>Dedusting Plant</i>	-	0,70678 11251,08
<i>ID Fan</i>	-	0,54636 5971,16

Setelah melakukan perhitungan kembali parameter distribusi kemudian menghitung nilai *mean time to failure (MTTF)* dan nilai *reliability* serta menentukan usulan jadwal perawatan. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan *mean time to failure (MTTF)* dan *reliability* pada komponen kritis :

**Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan MTTF dan *Reliability***

Komponen	MTTF (menit)	<i>Reliability</i>	Jadwal Perawatan (hari)
<i>Vibro Car</i>	23472.81	0,3679	17
<i>Roof</i>	6752.98	0,4719	5
<i>Electroda Phasa 1</i>	14084.16	0,2997	10
<i>Weight Feader 1</i>	8989.03	0,3112	7
<i>Dedusting Plant</i>	14160.95	0,3083	10
<i>ID Fan</i>	10268.19	0,2606	8

Setelah dilakukan perhitungan ulang hasil simulasi didapat nilai MTTF dan *reliability* untuk masing-masing komponen kritis. Nilai MTTF pada komponen *vibro car* sebesar 23472,81 menit, artinya rata-rata waktu menuju kerusakan pada komponen *vibro car* sebesar 23472,81 menit dengan kata lain komponen *vibro car* akan mengalami kegagalan setelah 23472,81 menit. Dan nilai *reliability* nya adalah 0,3679 artinya komponen *vibro car* setelah beroperasi sebesar 23472,81 menit komponen tersebut melakukan fungsinya sebesar 0,3679 atau 36,79%, begitupun untuk komponen lainnya.

Berdasarkan tabel 9. diperoleh waktu penjadwalan perawatan, pada komponen *vibro car* dengan melakukan waktu perawatan setiap 17 hari mampu meningkatkan nilai *reliability* sebesar 0,3679, *roof* dengan melakukan waktu perawatan setiap 5 hari mampu meningkatkan nilai *reliability* sebesar 04719, *electrode phasal* dengan melakukan waktu perawatan setiap 10 hari mampu meningkatkan nilai *reliability* sebesar 0,2997, *weight feader1* dengan melakukan waktu perawatan setiap 7 hari mampu meningkatkan nilai *reliability* sebesar 0,3112, *dedusting plant* dengan melakukan waktu perawatan setiap 10 hari mampu meningkatkan nilai *reliability* sebesar 0,3083 dan komponen *id fan* dengan melakukan waktu perawatan setiap 8 hari mampu meningkatkan nilai *reliability* sebesar 0,2606

Dengan periode perawatan yang diusulkan pada masing-masing komponen kritis mampu meningkatkan nilai *reliability* aktual.

## KESIMPULAN

Komponen kritis pada mesin *Electric Arc Furnace* yaitu *vibro car*, *roof*, *electroda phasal*, *weight feeder*, *dedusting plant* dan *id fan*. Nilai *reliability* pada komponen *vibro car* sebesar 0.1368 atau 13.68 %, *roof* sebesar 0.2331 atau 23.31 %, *electroda phasal* sebesar 0.1385 atau 13.85 %, *weight feeder* sebesar 0.2673 atau 26.73 %, *dedusting plant* sebesar 0.2494 atau 24.94 % dan *id fan* sebesar 0.1304 atau 13.04 %. Penyebab terjadinya kegagalan pada komponen *vibro car* yaitu ada potongan plat dan batu yang mengganjal di roda, *car* lepas dari jalurnya, rantai kendor, roda rusak atau macet, kabel putus ketarik dan *problem off track belt*. Pada komponen *roof* yaitu ada kebocoran di *connection slang hydrolic*, *stabilizer* belum posisi *off*, *roof lower alarm*, *pressure* kurang, *hydrolic off* dan *problem hydrolic* atau silinder bocor. Pada komponen *electrode phasal* yaitu *seal gearbox* pecah, *gear* pecah dan kabel kendor dan lepas. Pada komponen *weight feeder* yaitu ada material yang mengganjal di roda, *speed conveyor* tidak teratur, roda *belt conveyor* terganjal material dan *motor short ground*. Pada komponen *dedusting plant* yaitu ada material yang mengganjal di roda dan ada debu yang menumpuk dan pada komponen *id fan* yaitu *alarm temperatur bearing* tinggi, *control analog interlocking* tidak bekerja dan *limit switch open*. Penjadwalan waktu perawatan *preventive* pada mesin *vibro car* setiap 17 hari mampu meningkatkan nilai *reliability* menjadi 36.79% , *roof* setiap 5 hari meningkatkan nilai *reliability* menjadi 47.19%, *electrode phasal* setiap 10 hari meningkatkan nilai *reliability* menjadi 29.97%, *weight feeder* setiap 7 hari meningkatkan nilai *reliability* menjadi 31.12%, *dedusting plant* setiap 10 hari meningkatkan nilai *reliability* menjadi 30.83% dan *id fan* setiap 8 hari meningkatkan nilai *reliability* menjadi 26.06%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 2004. *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Dhillon, B. S. 2005. *Reliability, Quality, and Safety for Engineers*. CRC Press LLC. Corporate Blvd. Florida.
- Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.
- Ghozali, I. 2002. *Statistik Non Parametrik Teori Dan Aplikasi Dengan Program SPSS*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- <http://jennyirna.blogspot.com/2010/01/pengujian-mann-whitney.html>, online access 31 Oktober 2013.
- Jardine, A. K. S. 1997. *Maintenance, Replacement, and Reliability*. University of Birmingham.
- Kudin, A. W. 2012. Analisa Penjadwalan Maintenance Komponen Listrik Pada Unit Stand 3 PT. XYZ Dengan Reliability Block Diagram. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Priyanta, D. 2000. *Rekayasa Keandalan Dan Perawatan*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Saputro, D. S. 2013. Usulan Penjadwalan Perawatan Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Mesin SPM 2000 PT. Z. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Sasmito, E & Untung. 2008. Analisa Keandalan Sistem Bahan Bakar Motor Induk Pada KM. Leuser. *Jurnal Teknik Perkapalan*. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wignjosoebroto, S. 2003. *Pengantar Teknik Dan Manajemen Industri*. Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.