

ANALISIS PREVENTIVE MAINTENANCE DENGAN PENDEKATAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* (Studi Kasus Pada Pt. Jatim Taman Steel)

Sandra Miftakul Khoir

e-mail : sandra.miftakul.k@gmail.com

Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia

ABSTRAK

PT. Jatim Taman Steel adalah salah satu perusahaan yang memproduksi billet baja di Indonesia. Mesin-mesin produksi pada awalnya berjalan dengan baik dan dapat memenuhi target produksi perusahaan. Tetapi setelah beberapa tahun sering terjadi *downtime* dan apabila perawatan dilakukan setelah kerusakan terjadi maka akan menimbulkan kerugian. Oleh karena itu perlu dilakukan tindakan *preventive maintenance* dan salah satu metode yang dapat digunakan untuk merencanakan perawatan tersebut adalah dengan menggunakan metode RCM. Dengan metode tersebut dapat menentukan komponen kritis, menentukan faktor kegagalan mesin dengan metode FMEA, menentukan kebijakan perawatan mesin dengan metode RCM, menentukan pola distribusi komponen mesin EAF, menentukan interval waktu perawatan guna meningkatkan kehandalan. Hasil penelitian diperoleh bahwa ada 4 komponen kritis pada mesin EAF 20 ton dan dari hasil analisis interval perawatan menunjukkan bahwa Interval waktu perawatan yang tepat pada komponen *Water cable* selama 19,463 jam, *Hose Water Cooling* selama 4,302 jam, *Temperatur* selama 3,559 jam, *Dioda CT* selama 2,244 jam dan biaya perawatan yang optimal sebesar Rp2.032.244.108 biaya tersebut jauh lebih efisien dari pada biaya *breakdown maintenance* yang selama ini dijalankan.

Kata kunci: *Preventive Maintenance*, RCM, FMEA.

PENDAHULUAN

PT. Jatim Taman *Steel Mfg* merupakan Produsen *Special Steel* yang memproduksi *Billet*, *Flat Bar* dan *Round Bar Special Steel* untuk industri dan komponen industri *Otomotif* yang memiliki Akreditasi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Japan *Industrial Standard (JIS)*.

PT. Jatim Taman *Steel Mfg* beroperasi 24 jam secara terus menerus setiap harinya. Mesin-mesin produksi antara lain *Electric Arc Furnace 20 Ton*, *Electric Arc Furnace 18 Ton*, *Ladle Furnace 25 Ton*, *Vacum Degassing 25 Ton*, *Continuous Casting Machine*, *Shot Blasting*, *Magnetic Particle Test*, *Grinding M/C* dan mesin penunjang lainnya. Pada awalnya, mesin produksi ini berjalan dengan baik dan dapat memenuhi target produksi perusahaan. Tetapi setelah beberapa tahun, kondisi mesin mulai banyak mengalami kerusakan dan sering terjadi *downtime*.

Total frekuensi kerusakan mesin selama kurun waktu 1 tahun mencapai 188 kali dan total *downtime* seluruh mesin dalam kurun waktu 1 tahun mencapai 14593 jam. Jumlah ini signifikan mengurangi hasil produksi perusahaan karena mesin berhenti saat proses perbaikan. Sebagaimana diketahui perawatan yang dilakukan

setelah kerusakan terjadi dan penggantian komponen yang berlebihan akan menimbulkan kerugian karena biaya perawatan yang dikeluarkan akan jauh lebih besar.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan suatu rencana kegiatan yang dibuat oleh penelitian untuk memecahkan masalah sehingga akan diperoleh data yang valid sesuai dengan tujuan tersebut (Maghfiroh, 2019). Dalam penelitian ini digunakanlah metode (RCM) *Reliability Centered Maintenance*. Di dalam RCM sendiri terdapat enam tahapan yang harus dikerjakan berurutan yaitu :

1. Penentuan Komponen Kritis
2. Penjelasan Sistem Dan *Functional Block Diagram*
3. Identifikasi Fungsi Sub Sistem dan Kegagalan Fungsional
4. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*
5. Perhitungan MTTF dan MTTR
6. Perhitungan Total Minimum *Downtime*

HASIL DAN PEMBAHASAN

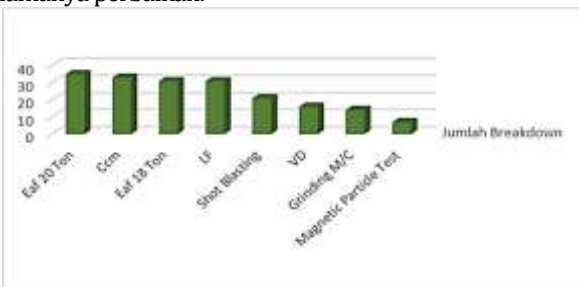
Pengolahan data dan analisis data dengan menggunakan metode (RCM) *reliability centered*

maintenance, yakni sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya (Lucya dan Hakim, 2019). Pengolahan data dan analisis data sebagai berikut :

Tabel 1 Frekuensi *Breakdown* Mesin Produksi Januari 2019 – Desember 2019

Mesin	Jumlah Breakdown
Eaf 20 Ton	35
Ccm	33
Eaf 18 Ton	31
LF	31
Shot Blasting	21
VD	16
Grinding M/C	14
Magnetic Particle Test	7
Total	188

Dari keseluruhan data diatas merupakan aset milik PT Jatim Taman Steel Mfg. Segala bentuk perawatan dan perbaikan merupakan tanggung jawab PT Jatim Taman Steel Mfg. Sistem *maintenance* yang selama ini pun masih menerapkan *breakdown maintenance*. Mengingat banyaknya *frekuensi breakdown* pada mesin EAF 20 Ton, tentu hal ini banyak menimbulkan kerugian pada PT. Jatim Taman Steel Mfg. Lamanya *idle* mesin pun juga bervariasi tergantung keparahan kerusakan mesin dan lamanya perbaikan.



Gambar 1 Frekuensi *Breakdown* mesin produksi

Gambar 1 merupakan data berdasarkan presentasi kumulatif dalam menggambarkan pareto diagram yang diperoleh dengan menggunakan data pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2 Frekuensi *Breakdown*

Mesin	Jumlah Break down	Kumulatif	Prosentase	Prosentase Kumulatif
Eaf 20 Ton	35	35	19%	19%
Ccm	33	68	18%	36%
Eaf 18 Ton	31	99	16%	53%
LF	31	130	16%	69%
Shot Blasting	21	151	11%	80%
VD	16	167	9%	89%
Grinding M/C	14	181	7%	96%
Magnetic Particle Test	7	188	4%	100%
Total	188			

Dari data tabel diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa mesin dengan jumlah *breakdown* tertinggi adalah mesin EAF 20 Ton dengan prosentase kumulatif 19%.

Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram*

1. Deskripsi Sistem

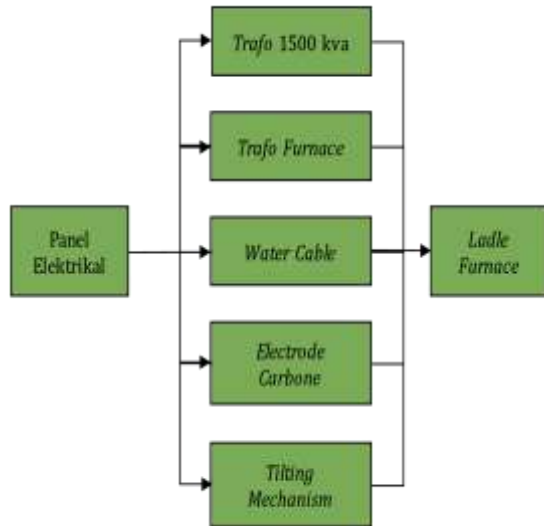
Deskripsi sitem digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen yang ada dalam desain sistem dan bagaimana komponen-komponen tersebut dapat beroperasi (Prasetya dan Widya, 2018). Fungsi dari mesin EAF 20 Ton adalah satu proses utama dalam rangkaian proses produksi baja billet. Adapun sistem kerja dari mesin EAF 20 Ton adalah sebagai berikut :

a. *Elektrikal*, merupakan gabungan dari beberapa perangkat *electrical* sebagai sumber utama *power supply* dan komponen pengontrol seperti, kontaktor, *thermo control*, *inverter*, *Mcb*, *push button*, lampu indikator, dsb. Melalui panel *electrical* ini *user* melakukan perintah untuk menyalakan dan mematikan mesin EAF 20 Ton.

b. *Mechanical*, Sistem naik/turun *roof lifting* bergerak ke atas dan ke bawah sebagai penutup dapur. *Roof lifting* ini juga digerakkan oleh piston tenaga *hidrolik* yang dipompa oleh motor *hidrolik* yang sama dengan yang menggerakkan piston *roof swing*. Syarat *roof lifting* siap dioperasikan adalah *roof swing* posisi *close* hingga menyentuh LS *roof swing close*; elektroda no. 1, 2, dan 3 dalam posisi naik hingga menyentuh LS *roof swing up*; *lock pin* posisi ke atas hingga menyentuh LS *lock pin up*; dan *lock push* ke atas hingga menyentuh LS *lock push up*.

2. *Functional Block Diagram*

Suatu sistem dapat dideskripsikan dengan berdasarkan fungsi dari subsistem (Ansory, 2019). Fungsi dari mesin EAF 20 Ton adalah untuk proses pembuatan baja billet / peleburan baja, dimana besi bekas dipanaskan dan dicairkan dengan busur listrik yang berasal dari *electroda* ke besi bekas di dalam tanur, dimana EAF menghasilkan baca cair dari bahan baku berupa besi *spons*, besi *scrap* dan kapur untuk mengkontrol kandungan fosfor dan sulfur. Listrik yang digunakan ada dua macam arus proses peleburan dengan mesin EAF, yaitu *alternating current* (arus bolak balik), *direct current* (arus searah). Dan proses yang dapat digunakan dalam peleburan adalah dengan menggunakan *electroda graphite* arus bolak balik *fase*.



Gambar 2 Block diagram mesin EAF

Mesin EAF 20 ton ini memiliki beberapa sub mesin antara lain: Panel Elektrikal, Trafo 1500 kva, Trafo Furnace, Water Cable, Electrode Carbone, Tilting Mechanism, Ladle Furnace. Sub sistem dalam mesin Eaf 20 ton ini saling berkaitan untuk membentuk sebuah proses produksi baja *billet*.

Fungsi Sub Sistem dan Kegagalan Fungsional

Fungsi sub sistem dan kegagalan fungsional ditentukan berdasarkan informasi mengenai jenis kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada sistem yang diamati (Ansory, 2019). Pada tahap ini penting dilakukan untuk selanjutnya dapat dianalisis dengan FMEA, fungsi sub sistem dan kegagalan fungsional dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Fungsi Dan Kegagalan Fungsi Mesin

Sistem	Komponen	Fungsi	Kegagalan Fungsional
Elektrikal	Trafo 1500 Kva	Peleburan baja scrap dengan dialiri listrik pada carbon elektroda	Terjadi high temperature pada Trafo 1500 KVA EAF 20 Ton
	VCB	Memutus aliran arus setelah kesalahan terdeteksi	VCB EAF 20 Ton tidak bisa di onkan ketika akan start
	Relay	Menyambung dan memutuskan arus listrik	Relay Proteksi EAF 20 Ton Trip

Sistem	Komponen	Fungsi	Kegagalan Fungsional
Elektrikal	Inverter	Menstabilkan tegangan dari keluaran arus listrik yang dihasilkan	Indikasi over current pada motor tilting
	Selector Switch Carbon	Pengecekan besarnya tegangan listrik yang ada serta tegangan di display volt meter	Selector switch otomatis carbon EAF 20 Ton aus
	Temperatur	Pengatur suhu cairan saat proses produksi	Test temperatur error
	Motor CT	Mengukur arus yang mengalir dalam sebuah rangkaian	Motor terbakar
	VS	Pemutus dan penyambung tegangan tinggi pada saat online didalam tabung vacuum	VS Tidak bisa di on-kan
	Dioda CTD	Menghantarkan arus listrik ke satu arah	Dioda short
	Trafo Furnace	Menaikkan maupun menurunkan tegangan listrik	Perbaikan busbar trafo furnace 20 ton
	Water Cable	Pendingin EAF	Kabel bocor karena gesekan antar water kabel
	Motor Carbon	Menaikkan dan menurunkan electrode carbon	Brake Motor Carbon aus
	NFB	Pemutus/pelindung beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat	NFB Pompa CT EAF No. 2 trip, Lilitan motor putus 1 fasa
Mekanikal	Electrode Carbone	Peleburan besi dengan mengeluarkan percikan bunga api yang dialiri listrik	Atap electrode carbone pecah
	Hose Water Cooling	Pendinginan tabung EAF	Pipa pendingin bocor
	Refractories	Pengisolasi panas agar tidak keluar, juga debu yang dihasilkan dari proses peleburan tidak keluar.	Refractories roof kecil retak
	Driving Chain	Memuangkan cairan besi setelah proses produksi	Indikasi bagian rantai sudah ada yang retak

Hasil analisa pada tabel 3 menunjukkan dimana fungsi sistem dan kegagalan fungsi mesin Eaf 20 ton terdapat 17 fungsi dengan 17 kegagalan fungsional yang dapat terjadi.

Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Hasil analisa FMEA untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan suatu komponen mesin *wheel loader* yang tidak mampu melaksanakan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan dan mengetahui komponen dengan nilai 4 RPN yang tertinggi untuk dilakukan kegiatan penjadwalan perawatan yang optimal (Abidin dan Rizal, 2019). Hasil dari tabel analisis FMEA dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Major Subsystem	No.	Komponen	Fungsi	Jenis Kegagalan		Penyebab	Efek yang ditimbulkan	Sev	Occ	Det	RPN	Rank
		Equipment	Fungsional	Failure Mode	Failure Causes	Failure Effect						
Elektrikal	1	Trafo 1500 Kva	1 Pelebur baja scrap	A	Trip	1 Trafo panas	Proses produksi terhenti karena suhu melewati batas	8	4	2	64	10
	2	VCB	1 Pemutus aliran listrik	A	Rusak	1 Usia komponen	VCB tidak bisa start	4	4	3	48	12
						2 Tegangan tidak stabil						
	3	Relay	1 Membuka dan menutup aliran arus listrik	A	Aus	1 Usia komponen	Relay Proteksi EAF 20 Ton Trip	4	5	3	60	11
					Rusak							
	4	Inverter	1 Menstabilkan tegangan dari keluaran arus listrik	A	Trip	1 Short Circuit Kabel	Over curen pada motor tilting	3	4	3	36	16
						2 Motor Body						
	5	Selector Switch Carbon	1 Mengetahui besarnya tegangan listrik yang ada	A	Patah	1 Usia komponen	Tidak dapat mengetahui tegangan saat produksi	4	3	3	36	17
	6	Temperatur	1 Pengatur suhu cairan	A	Rusak	1 Terkena percikan baja cair	Temperatur error	7	7	5	245	3
					Terbakar							
	7	Motor CT	1 Mengukur arus yang mengalir dalam sebuah rangkaian	A	Terbakar	1 Usia komponen	Motor tidak dapat start	8	3	2	48	13
					Trip							
	8	VS	1 Pemutus dan penyambung tegangan	A	Kabel putus	1 Kualitas kabel kurang bagus	VS Tidak bisa di on-kan	4	3	4	48	14
					2 Usia komponen							
9	Dioda CT	1 Menghantarkan arus listrik ke satu arah	A	Terbakar	1 Komponen bekas	Dioda short	7	5	6	210	4	
				Patah								
10	Trafo Furnace	1 Menaikkan dan menurunkan tegangan	A	Trip	1 Baut busbar trafo renggang	Trafo tidak bisa start	8	3	2	48	15	
11	Water Cable	1 Pendingin Eaf	A	Aus	1 Kabel bocor	Tidak dapat meratakan suhu dalam mesin eaf	8	8	6	384	1	
					2 Usia komponen							
12	Motor Carbon	1 Menaikan dan menurunkan electrode carbon	A	Kampas habis	1 Usia komponen	Brake Motor Carbon aus	8	4	3	96	7	
13	NFB	1 Pemutus/pelindung beban arus yang berlebihan	A	Trip	1 Lilitan motor putus 1 fasa	NFB Pompa tidak dapat sirkulasi air pendingin	7	3	4	84	8	
Mekanikal	14	1 Electrode Carbone	1 Pemanasan dan pencairan skrap baja	A	Carbone retak	1 Atap electrode carbone pecah	Penggantian carbone yang pecah	7	5	4	140	6
					B	Patah						
	15	Hose Water Cooling	1 Pendingin tabung EAF	A	Aus	1 Pipa pendingin bocor	Aliran air pendingin tidak dapat sirkulasi	6	7	6	252	2
	16	Refractories	1 Pengisolasi panas	A	Refractories retak	1 Usia komponen	Produksi terhenti karena perlu penambalan semen tahan panas	8	6	4	192	5
17	1 Driving Chain	1 Penuang cairan besi	A	Aus	1 Rantai retak	Apabila rantai retak, maka tidak dapat beroperasi	8	3	3	72	9	
					2 Garnis kering							

Dari hasil analisis pada tabel 4 diketahui bahwa terdapat 22 mode kegagalan dari 17 kegagalan fungsional yang terjadi pada mesin Eaf 20 ton. Dari hasil perhitungan terdapat 4 komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu komponen *water*

cable Rank 1 dengan nilai RPN 384, komponen *hose water cooling Rank 2* dengan nilai RPN 252, komponen *temperatur* dengan *Rank 3* mendapatkan nilai RPN 245 dan komponen *dioda CT* dengan *Rank 4* memiliki nilai RPN 210.

Analisis Komponen Kritis

Analisis komponen kritis didasarkan dari jumlah tabel rangking RPN dan tabel FMEA sebelumnya. Hasil perhitungan RPN sendiri didapat dari perkalian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. Setelah mendapatkan mode kegagalan dengan menggunakan metode ABC selanjutnya ditentukan prioritas rangking perhitungan RPN untuk dilakukan perbaikan. Berikut ini hasil rekap RPN dari analisis FMEA.

Tabel 5 Rpn Komponen mesin

No.	Komponen	Sev	Occ	Det	RPN	Rank	Presentase	Kumulatif %	Grade
1	Water Cable	8	8	6	384	1	19%	19%	A
2	Hose Water Cooling	6	7	6	252	2	12%	31%	A
3	Temperatur	7	7	5	245	3	12%	43%	A
4	Dioda CT	7	5	6	210	4	10%	53%	A
5	Refractories	8	6	4	192	5	9%	63%	B
6	Electrode Carbone	7	5	4	140	6	7%	69%	B
7	Motor Carbon	8	4	3	96	7	5%	74%	B
8	NFB	7	3	4	84	8	4%	78%	B
9	Driving Chain	8	3	3	72	9	3%	82%	B
10	Trafo 1500 Kva	8	4	2	64	10	3%	85%	B
11	Relay	4	5	3	60	11	3%	88%	B
12	VCB	4	4	3	48	12	2%	90%	C
13	Motor CT	8	3	2	48	13	2%	92%	C
14	VS	4	3	4	48	14	2%	95%	C
15	Trafo Furnace	8	3	2	48	15	2%	97%	C
16	Inverter	3	4	3	36	16	2%	99%	C
17	Selector Switch Carb	4	3	3	36	17	2%	100%	C

Dari hasil analisa dengan metode ABC didapatkan 5 komponen mesin grade A dengan presentase kumulatif sebesar 60% yang dianggap sebagai komponen kritis dari keseluruhan total jumlah RPN komponen mesin. Adapun empat komponen tersebut antara lain : *Water Cable*, *Hose Water Cooling*, *Temperatur*, *Dioda CT*.

Waktu Kerusakan dan Perbaikan

Data kerusakan berupa tanggal dan jam terjadi kerusakan dan perbaikan berupa waktu *downtime* digunakan untuk menentukan parameter distribusi waktu *time to repair* (TTR) dan *time to failure* (TTF). Perhitungan *time to repair* memperhitungkan komponen yang selesai diperbaiki dan jumlah waktu ketika komponen rusak kembali. Perhitungan *time to failure* menghitung jumlah waktu ketika komponen selesai diperbaiki hingga komponen rusak kembali.

Tabel 6 Waktu Perbaikan Water Cable

Komponen Equipment	Tanggal	Waktu Kerusakan		Downtime	TTR	TTF
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
Water Cable	21-Nov	00:00	02:45	165	2,75	0
	22-Nov	19:00	21:00	120	2	24
	25-Nov	06:00	19:45	825	13,75	72
	27-Nov	20:00	21:45	105	1,75	48
	29-Nov	16:00	22:00	360	6	48
	03-Dec	01:00	07:00	360	6	96

Tabel 6 memperoleh data waktu perbaikan pada komponen *water cable* memiliki nilai *downtime* tertinggi pada tanggal 25 november 2019 memperoleh 825 menit dengan TTR 13,75 jam dan TTF 72 jam, sedangkan pada tanggal 27 november 2019 komponen *water cable* memiliki *downtime* terendah 105 menit dengan TTR 1,75 jam dan TTF 48 jam.

Tabel 7 Waktu Perbaikan Hose Water Cooling

Komponen Equipment	Tanggal	Waktu Kerusakan		Downtime	TTR	TTF
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
Hose Water Cooling	01-Feb	09.15	10.20	65	1,08	0
	04-Feb	05.04	06.19	75	1,25	72
	08-Feb	00.05	05.00	295	4,91	96
	03-Apr	07.00	10.00	180	3	552
	05-Sep	05.03	08.00	177	2,95	768

Tabel 7 memperoleh data waktu perbaikan pada komponen *hose water cooling* memiliki nilai *downtime* tertinggi pada tanggal 08 februari 2019 memperoleh 295 menit dengan TTR 4,9 jam dan TTF 96 jam, sedangkan pada tanggal 01 februari 2019 komponen *hose water cooling* memiliki *downtime* terendah 5 menit dengan TTR 0,08 jam dan TTF 0 jam.

Tabel 8 Waktu Perbaikan Temperatur

Komponen Equipment	Tanggal	Waktu Kerusakan		Downtime	TTR	TTF
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
Temperatur	05-Apr	10.30	12.30	120	2	0
	30-Sep	16:00	17:30	90	1,5	1320
	06-Nov	20:30	22:00	90	1,5	144
	04-Dec	10:30	11:30	60	1	672

Tabel 8 memperoleh data waktu perbaikan pada komponen *temperatur* memiliki 2 nilai *downtime* tertinggi pada tanggal 04 desember 2019 memperoleh 60 menit dengan TTR 1,3 jam dan TTF 672 jam, sedangkan pada tanggal 06 november 2019 komponen *temperatur* memiliki *downtime* terendah 30 menit dengan TTR 0,83 jam dan TTF 144 jam.

Tabel 9 Waktu Perbaikan Dioda CT

Komponen <i>Equipment</i>	Tanggal	Waktu Kerusakan		Downtime	TTR	TTF
		Mulai	Selesai	Menit	Jam	Jam
Dioda CT	08-Okt	03:00	05:45	45	2,75	0
	11-Okt	05:30	06:55	25	1,41	72
	21-Okt	07:30	08:45	15	1,25	240
	28-Okt	18:45	19:50	65	1,08	168

Tabel 9 memperoleh data waktu perbaikan pada komponen *temperatur* memiliki 2 nilai *downtime* tertinggi pada tanggal 04 desember 2019 memperoleh 60 menit dengan TTR 1,3 jam dan TTF 672 jam, sedangkan pada tanggal 06 november 2019 komponen *temperatur* memiliki *downtime* terendah 30 menit dengan TTR 0,83 jam dan TTF 144 jam.

Biaya Tenaga Kerja C1

Asumsi biaya tenaga kerja untuk perawatan dan perbaikan adalah sama, sebab perbaikan maupun perawatan akan dilakukan oleh tim karyawan PT Jatim Taman Steel. Dalam hal ini proses perawatan dilakukan oleh 2 orang sedangkan untuk perbaikan dilakukan oleh 4 orang sampai dengan 6 orang.

Biaya seorang tenaga kerja dalam sebulan dengan gaji pokok UMR Rp 4.193.581 yang menurut peraturan SDM, nilai gaji pokok dibagi 173, maka dalam satu jamnya untuk tenaga kerja reguler adalah sebesar

$$= \text{Rp } 4.193.581,- / 173 \\ = \text{Rp } 24.240,- / \text{jam}$$

1. Jadi Jika 4 orang melakukan perbaikan maka biayanya sebesar :

$$C1a = \text{Rp } 24.240,- \times 4 \text{ orang} \\ = \text{Rp } 96.960,- / \text{jam}$$

2. Jika 2 orang melakukan perawatan maka biayanya sebesar :

$$C1b = \text{Rp } 24.240,- \times 2 \text{ orang} \\ = \text{Rp } 48.480,- / \text{jam}$$

Biaya Kerugian Produksi C2

Biaya kerugian produksi diperoleh dari keuntungan yang hilang Akibat kerusakan atau perawatan mesin yang mengakibatkan mesin berhenti beroperasi. Mesin EAF dengan kapasitas 20 Ton/jam rata-rata perhari (3 shift)

memproduksi 320 Ton. Sedangkan harga billet *length* 4m, *weight* 1065,94 kg Rp 4.942.000,-

$$C2a = \left(\frac{\text{Kapasitas Produksi}}{\text{Weight}} \right) \text{Harga}/4m \\ = (20.000 / 1065,94) \text{Rp } 4.942.000,- \\ = 18,7627 \times \text{Rp } 4.942.000 \\ = \text{Rp } 92.725.263,- / \text{Jam}$$

Biaya Akibat Kerusakan CF

Jika mesin berhenti beroperasi Akibat kerusakan di luar perkiraan, maka dapat menimbulkan biaya kerusakan. Biaya biaya kehilangan pendapatan Akibat kerusakan dan biaya manpower untuk perbaikan.

Cf = (Biaya man power + biaya kehilangan keuntungan akibat kerusakan) x rata-rata waktu perbaikan + (biaya pengadaan spare part x banyaknya spare part)

$$Cf = (C1a + C2a) \times \text{MTTR} + (\text{biaya pengadaan spare part} \times \text{banyaknya spare part})$$

$$Cf = (\text{Rp } 48.480 + \text{Rp } 92.725.263) \times \text{MTTR} + (\text{Biaya pengadaan spare part} \times \text{banyaknya})$$

Tabel 10 Tabel harga komponen kritis

No	Nama Komponen	Part	Daftar Harga Komponen Kritis
1	Water Cable	Water Cooled Electrical Cable	Rp. 8.400.000
2	Hose Water Cooling	Pipa Water Cooling	Rp. 1.150.000
3	Temperatur	High temperature furnace	Rp. 4.236.150
4	Dioda CT	International Rectifier 3 phase dioda bridge	Rp. 2.393.772

Tabel 10 menunjukan dimana biaya masing-masing komponen kritis pada komponen *water cable* memperoleh nilai paling tinggi yaitu Rp8.400.000, sedangkan untuk komponen *hose water cooling* memiliki nilai terkecil yaitu Rp1.150.000, komponen *temperatur* memiliki nilai Rp. 4.236.150 dan komponen *dioda ct* memiliki nilai Rp. 2.393.772.

Penentuan Distribusi

Untuk menentukan distribusi waktu lamanya perbaikan (*Tr*) dan waktu antar kerusakan (*Tf*) dilakukan dengan pengujian distribusi *weibull* dengan menggunakan *software* minitab 19.

Kriteria pemilihan distribusi ini adalah dengan melihat *goodness of fit* terlebih dahulu, kemudian memilih nilai statistik *anderson-darling* yang paling kecil untuk menentukan nilai MTTR dan MTTF. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian distribusi :

Tabel 11 Hasil pengujian distribusi waktu lamanya perbaikan TTR

No	Komponen	Ket	Distribusi	Parameter	
				h (Shape)	η (Scale)
1	Water Cable	Tr (Time repair)	Weibul	1,4089	5,95652
2	Hose Water Cooling	Tr (Time repair)	Weibul	2,02527	2,99255
3	Temperatur	Tr (Time repair)	Weibul	4,81981	1,63963
4	Dioda CT	Tr (Time repair)	Weibul	2,612	1,83442

Tabel 11 dengan hasil uji distribusi waktu lamanya perbaikan pada komponen *water cable* dengan berdistribusi *weibul* memperoleh parameter β (Shape) 1,4089 dan parameter dengan nilai tertinggi η (Scale) 5,95652, sedangkan untuk komponen *hose water cooling* memiliki nilai terendah pada parameter β (Shape) 0,838416 dan parameter η (Scale) 2,07275.

Tabel 12 Hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan TTF

No	Komponen	Ket	Distribusi	Parameter	
				h (Shape)	η (Scale)
1	Water Cable	Tf (Time failure)	Weibul	2,56846	65,0932
2	Hose Water Cooling	Tf (Time failure)	Weibul	1,13748	389,614
3	Temperatur	Tf (Time failure)	Weibul	1,40447	779,621
4	Dioda CT	Tf (Time failure)	Weibul	2,59518	180,889

Tabel 12 dengan hasil uji distribusi waktu antar kerusakan pada komponen *temperatur* dengan berdistribusi *weibul* memperoleh nilai parameter β (Shape) 1,65393 dan parameter dengan nilai tertinggi η (Scale) 957,739 sedangkan untuk komponen *hose water cooling* memiliki nilai terendah pada parameter β (Shape) 1,02191 dan parameter η (Scale) 314,984.

Tabel 13 nilai MTTR

No	Komponen	Distribusi	Anderson-Darling	MTTF (Mean)
1	Water Cable	Weibull	2,243	5,42358
		Lognormal	2,245	5,33509
		Exponential	2,325	5,375
		Normal	2,45	5,375
2	Hose Water Cooling	Weibull	2,565	2,65152
		Lognormal	2,618	2,66254
		Exponential	2,81	2,638
		Normal	2,59	2,638

Tabel 13 nilai MMTR (Lanjutan)

No	Komponen	Distribusi	Anderson-Darling	MTTF (Mean)
3	Temperatur	Weibull	3,033	1,50226
		Lognormal	3,052	1,50152
		Exponential	3,593	1,5
		Normal	3,04	1,5
4	Dioda CT	Weibull	3,119	1,62957
		Lognormal	3,124	1,61258
		Exponential	3,37	1,6225
		Normal	3,221	1,6225

Tabel 13 Menunjukkan distribusi *weibull* dengan komponen *water cable* memiliki nilai *anderson darling* 2,243 dan nilai *MTTF mean* 5,42358, *Hose water cooling* nilai *anderson darling* 2,565 dan nilai *MTTF mean* 2,65152, *Temperatur* nilai *anderson darling* 3,033 dan nilai *MTTF mean* 1,50226, untuk komponen *Dioda CT* nilai *anderson darling* 3,119 dan nilai *MTTF mean* 1,62957.

Tabel 14 nilai MTTF

No	Komponen	Distribusi	Anderson-Darling	MTTF (Mean)
1	Water Cable	Weibull	2,506	57,796
		Lognormal	2,532	58,0635
		Exponential	2,998	57,6
		Normal	2,531	57,6
2	Hose Water Cooling	Weibull	3,061	371,998
		Lognormal	3,124	399,846
		Exponential	3,098	372
		Normal	3,082	372
3	Temperatur	Weibull	3,657	710,211
		Lognormal	3,701	774,086
		Exponential	3,688	712
		Normal	3,672	712
4	Dioda CT	Weibull	3,659	160,658
		Lognormal	3,705	162,05
		Exponential	3,831	160
		Normal	3,676	160

Tabel 14 Menunjukkan distribusi *weibull* dengan komponen *water cable* memiliki nilai *anderson darling* 2,506 dan nilai *MTTF mean* 57,796, *Hose water cooling* nilai *anderson darling* 3,061 dan nilai *MTTF mean* 371,998, *Temperatur* nilai *anderson darling* 3,657 dan nilai *MTTF mean* 710,211, Untuk komponen *Dioda CT* nilai *anderson darling* 3,659 dan nilai *MTTF mean* 160,658.

Biaya Perawatan CM

Biaya untuk perawatan adalah biaya yang timbul karena adanya perawatan. Biaya untuk perawatan meliputi biaya tenaga yang melakukan perawatan, Biaya *downtime* ditetapkan oleh perusahaan sebesar 5% dari biaya kerugian produksi) dan biaya sparepart. Biaya perawatan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CM = \text{Biaya tenaga kerja} \times \text{MTTR} + \text{biaya material}$$

Tabel 15 Biaya untuk perawatan

No	Nama Komponen	Harga (Rupiah)	MTTR (jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)	CM (Rupiah)
1	Water Cable	Rp8.400.000	5,42358	Rp48.480	Rp8.662.935
2	Hose Water Cooling	Rp1.150.000	2,65152	Rp48.480	Rp1.278.546
3	Temperatur	Rp4.236.150	1,50226	Rp48.480	Rp4.308.980
4	Dioda CT	Rp2.393.772	1,62957	Rp48.480	Rp2.472.774

Tabel 15 diatas menunjukkan bahwa perawatan *Water Cable* memiliki biaya tertinggi dengan jumlah Rp8.662.935 karena komponen memiliki harga yang cukup mahal dengan nilai MTTR tertinggi sebesar 5,42358. Sedangkan *Temperatur* memiliki nilai MTTR terendah sebesar 1,50226 dan biaya perawatan yang dikeluarkan sebesar Rp4.308.980.

Biaya Kerusakan Setiap Siklus Perawatan CF

Biaya perbaikan yang berakibat kerusakan pada komponen setiap siklus perawatan adalah biaya yang timbul akibat adanya kerusakan komponen. Biaya ini meliputi biaya kerugian produksi biaya Tenaga Kerja dan biaya material. Hasil rekap perhitungan biaya perbaikan Akibat kerusakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini dengan rumus :

$$C_F = [(\text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Downtime (jam)} \times \text{MTTR (jam)})]$$

Contoh perhitungan biaya penggantian karena kerusakan pada komponen *water cable* :

$$C_F = [(Rp96.960 + Rp92.725.263) \times 5,42358] = Rp 502.999.842$$

Tabel 16 Biaya perbaikan akibat kerusakan komponen setiap siklus perawatan

No	Nama Komponen	Harga (Rupiah)	MTTR (jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rupiah)	Biaya Kerugian (Rupiah)	CF (Rupiah)
1	Water Cable	Rp8.400.000	5,42358	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp502.999.842
2	Hose Water Cooling	Rp1.150.000	2,65152	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp245.959.849
3	Temperatur	Rp4.236.150	1,50226	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp139.394.414
4	Dioda CT	Rp2.393.772	1,62957	Rp96.960	Rp92.725.263	Rp151.199.267

Tabel 16 diatas menunjukkan bahwa perbaikan *Dioda CT* memiliki nilai MTTR terendah sebesar 1,50226 dan memakan biaya perawatan sebesar Rp139.394.414,-

Water Cable memiliki biaya tertinggi yaitu sebesar Rp502.999.842,- karena komponen ini memiliki harga yang cukup mahal dengan nilai MTTR sebesar 5,42358.

Interval Perawatan Optimal TM

Dalam menentukan interval perawatan yang tepat pada tiap komponen, maka diperlukan parameter distribusi antar waktu kerusakan yang sesuai, biaya penggantian karena kerusakan dan biaya penggantian karena perawatan pada komponen mesin EAF. Sebelum menentukan interval perawatan, maka dilakukan perhitungan biaya dengan menggunakan rumus :

$$TM = \theta = \left(\frac{C_m}{(C_f - C_m)} \cdot \frac{1}{(\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

Perhitungan untuk Komponen *water cable* adalah sebagai berikut :

$$= 59,0284 \left(\frac{Rp8.662.935}{Rp502.999.842 - Rp8.662.935} \cdot \frac{1}{2,56846^{-1}} \right)^{\frac{1}{2,56846}}$$

$$= 19,463 \text{ jam}$$

Tabel 17 Interval perawatan optimal

No	Nama Komponen	h (Shape)	k (Scale)	CM (Rupiah)	CF (Rupiah)	TM (jam)
1	Water Cable	2,56846	65,0932	Rp8.662.935	Rp502.999.842	19,46343238
2	Hose Water Cooling	1,13748	389,614	Rp1.278.546	Rp245.959.849	4,302581896
3	Temperatur	1,40447	779,621	Rp4.308.980	Rp139.394.414	85,42344142
4	Dioda CT	2,59518	180,889	Rp2.472.774	Rp151.199.267	53,87943271

Pada tabel 17 menunjukkan komponen *Temperatur* memiliki interval perawatan paling lama dengan 85,42344142 jam atau 3 hari, dan komponen *Hose Water Cooling* dengan interval perawatan paling rendah dengan 4,302581896 jam atau 1 hari.

Biaya Sebelum Adanya Perawatan Terencana (TP)

Perhitungan total biaya perawatan sebelum dan sesudah adanya program perawatan terencana dalam 1 periode. Dari perhitungan interval waktu perawatan, maka langkah selanjutnya mencari total biaya perawatan dalam masa 1 periode.

$$\text{Perhitungan 1 Periode} = (8 \text{ jam} \times 6 \text{ hari}) + (5 \text{ jam} \times 1 \text{ hari}) \times 52 \text{ minggu} = 2756 \text{ jam}$$

Berikut adalah perhitungan total biaya perawatan untuk komponen *water cable*, yaitu:

Dimana, Banyaknya kerusakan =

$$N = \frac{t}{MTTF} = \frac{2756}{57,796} = 47,684$$

Total biaya sebelum adanya perawatan

$$= \text{Biaya Kerusakan (CF)} \times \text{Banyaknya Kerusakan}$$

$$= Rp. 502.999.842 \times 47,684$$

$$= Rp. 23.985.527.792$$

Tabel 18 Perhitungan biaya sebelum adanya perawatan terencana (TP)

No	Nama Komponen	MTTF (jam)	CF (Rupiah)	Biaya Sebelum Adanya Perawatan (TP)
1	Water Cable	57,796	Rp502.999.842	Rp23.985.527.792
2	Hose Water Cooling	371,998	Rp245.959.849	Rp1.822.228.466
3	Temperatur	710,211	Rp139.394.414	Rp540.925.167
4	Dioda CT	160,658	Rp151.199.267	Rp2.593.740.613

Tabel 18 Menunjukkan komponen *water cable* memiliki nilai tertinggi dengan perhitungan biaya sebelum adanya perawatan dengan memperoleh nilai Rp 23.985.527.792, sedangkan komponen *temperatur* memiliki nilai terendah dengan memperoleh Rp 540.925.167.

Biaya Setelah Adanya Perawatan Terencana TC

Biaya total perawatan dihitung berdasarkan pada biaya penggantian komponen karena perawatan (C_M), biaya penggantian komponen karena kerusakan (C_F) dan interval perawatan (TM). Sehingga untuk data berdistribusi *Weibull*, maka biaya total perawatan perjamnya adalah :

$$T_C = \frac{C_F}{\eta^\beta} T M^{\beta-1} + \frac{C_M}{T M}$$

Contoh perhitungan biaya total perawatan pada komponen *water cable* adalah sebagai berikut:

$$T_C = \frac{C_F}{\eta^\beta} T M^{\beta-1} + \frac{C_M}{T M}$$

$$T_C = \frac{Rp502.999.842}{59,0284^{2,19313}} 19,46343238^{2,19313-1} + \frac{Rp8.660.576}{19,46343238} = Rp1.608.311\text{perjam}$$

Tabel 19 Perhitungan Total Cost Perjam

No	Nama Komponen	β (Slope)	η (Scale)	CM (Rupiah)	CF (Rupiah)	TM (Jam)	Total Cost Jam
1	Water Cable	2,19313	59,0284	Rp8.660.576	Rp502.999.842	19,46343238	Rp1.608.311
2	Hose Water Cooling	1,02191	314,984	Rp1.258.795	Rp245.959.849	4,302581896	Rp636.935
3	Temperatur	1,65303	957,739	Rp4.282.082	Rp139.394.414	85,42344142	Rp123.548
4	Dioda CT	1,75782	145,25	Rp2.426.191	Rp151.199.267	53,87943271	Rp166.980

Berdasarkan tabel 19 setelah didapat nilai *Total Cost* perjam untuk masing-masing komponen mesin EAF selanjutnya dapat dihitung *total cost* pertahun berdasarkan interval perawatan (TM) Diket : interval perawatan (TM) *Water Cable* = 19,463 jam = 0,8109 hari
1 tahun = 360 hari 360 : 0,8109 = 443,9 kali perawatan.

Contoh Perhitungan *Total Cost* (TC) / tahun berdasarkan nilai TM pada komponen *Water cable* = Rp1.608.311 x 443,9 = Rp713.944.531

Tabel 20 Perhitungan total *cost*/tahun

No	Nama Komponen	TM (Jam)	Total Cost/Tahun
1	Water Cable	19,46343238	Rp713.944.531
2	Hose Water Cooling	4,302581896	Rp1.279.027.078
3	Temperatur	85,42344142	Rp12.495.991
4	Dioda CT	53,87943271	Rp26.776.508

Berdasarkan pada tabel 20 setelah didapat nilai *Total Cost* pertahun untuk masing-masing komponen mesin selanjutnya dapat dibandingkan dengan tabel 20 yaitu biaya sebelum adanya perawatan terencana (TP). Maka hasil rangkuman biaya sebelum adanya perawatan terencana (TP) dan Biaya sesudah adanya perawatan terencana (TC) dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 21 Akumulasi biaya sebelum dan sesudah penjadwalan

No	Nama Komponen	Total Biaya Penggantian Per Periode	
		Sebelum adanya program penggantian	Setelah adanya program penggantian
1	Water Cable	Rp23.985.527.792	Rp713.944.531
2	Hose Water Cooling	Rp1.822.228.466	Rp1.279.027.078
3	Temperatur	Rp540.925.167	Rp12.495.991
4	Dioda CT	Rp2.593.740.613	Rp26.776.508

Berdasarkan tabel 21 setelah didapat nilai total biaya penggantian komponen per periode, maka nilai tertinggi didapatkan pada komponen *water cable* dengan total biaya sebelum adanya program penggantian Rp23.985.527.792 dan total biaya setelah adanya program penggantian didapatkan Rp713.944.531.

PENUTUP

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil identifikasi berdasarkan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* dengan cara penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* komponen yang memiliki *Risk Priority Number* (RPN) terbesar yaitu komponen *Water Cable, Hose Water Cooling, Temperatur, Dioda CT*.
2. Didapatkan data waktu antar kerusakan komponen dan data waktu perbaikan komponen sebagai berikut : *Water Cable* dilakukan perawatan 19,463 jam setiap 1 hari sekali, *Hose Water Cooling* dilakukan perawatan 4,302 jam setiap 1 hari sekali, *Temperatur* dilakukan perawatan 3,559 jam setiap 3 hari sekal, *Dioda CT* dilakukan perawatan 2,244 jam setiap 2 hari sekali.

3. Total biaya perawatan (CM) berdasarkan interval perawatan komponen *Water Cable* Rp8.662.935, *Hose Water Cooling* Rp1.278.935, *Temperatur* Rp4.308.980, *Dioda CT* Rp2.472.774. Dari biaya perawatan tersebut dapat dilihat jauh lebih murah Apabila dibandingkan dengan biaya perbaikan (*breakdown maintenance*) selisih biaya yang didapatkan pun cukup signifikan yaitu *Water Cable* Rp502.999.842, *Hose Water Cooling* Rp245.959.849, *Temperatur* Rp139.394.414, *Dioda CT* Rp151.199.267.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. R. (2019). PERENCANAAN PENJADWALAN PERAWATAN MESIN WHEEL LOADER DENGAN PENDEKATAN RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT. SWADAYA GRAHA. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Farabi, A. R. (2018). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PENGANTONGAN PUPUK NPK PHONSKA DENGAN MENGGUNAKAN STATISTICAL PROCESSING CONTROL (SPC) PADA PENGANTONGAN 02/03 PRODUKSI II A PT. PETROKIMIA GRESIK. *GEMA EKONOMI*, 7(2).
- Laily Maghfiroh, K. (n.d.). Analisis Sistem Pemeliharaan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. Gran Handa Indonesia Di Pasuruan.
- Lucya, F. H. (2019). PENENTUAN TINDAKAN PERAWATAN DAN INTERVAL PENGGANTIAN MESIN VERTICAL TURBINE DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DAN AGE REPLACEMENT. University of Muhammadiyah Malang.
- Prasetya, D., & Ardhyani, I. W. (2019). PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)(Studi Kasus: PT. S). *JISO: Journal of Industrial and Systems Optimization*, 1(1), 7-14.