

ANALISA KEGAGALAN DAN PERAWATAN MESIN *ELECTRIC ARC FURNACE* METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* DI PT X

S. Sulthoni¹, I K. A. Widi², T. A. Sutrisno³

Jurusan Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email : sofwansulthoni1@gmail.com

ABSTRAK

Dalam kegiatan produksi terdapat kerugian-kerugian yang dihindari yaitu *downtime*, *changeover*, perlambatan mesin, *idle*, *stoppage*, *startup*, *defect* (cacat) dan *rework* (pengerjaan ulang) Saat ini, yang menjadi kendala dalam produksi yang sering terjadi di PT. X adalah tidak berjalannya kegiatan produksi akibat adanya kerusakan mesin produksi. Data satu tahun terakhir yaitu bulan Januari 2021 - Maret 2022, frekuensi kegagalan dan juga menyebabkan stop produksi paling tinggi adalah pada Mesin *Electric Arc Furnace*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa jenis-jenis kegagalan penyebab *downtime* pada mesin EAF, faktor-faktor penyebab terjadinya kegagalan pada mesin *Electric Arc Furnace* dan cara mencegah kegagalan pada mesin *Electric Arc Furnace*. Dengan melakukan analisa terhadap kegiatan perawatan di PT X dengan metode *reliability centered maintenance (RCM)*.

Dari hasil analisa data penelitian ini terdapat beragam jenis kegagalan di mesin EAF yang faktor kegagalannya disebabkan mulai dari faktor manusia, mesin, metode, lingkungan (*environment*) dan material. Cara pencegahan kegagalan mesin EAF adalah dengan melakukan perawatan berbasis pemilihan tindakan metode RCM yaitu terdapat 8 komponen yang termasuk pada perawatan berbasis kondisi (C.D), dan 2 komponen berbasis waktu (T.D).

Kata kunci : *Downtime*, Kegagalan, Perawatan, *Reliability Centered Maintenance*, *Electric Arc Furnace*.

Karya ilmiah : Studi kasus

PENDAHULUAN

PT. X merupakan produsen baja pertama di Indonesia yang memproduksi *special steel* yaitu *Billet*, *Flat Bar* dan *Round Bar*. Perusahaan ini memiliki dua unit produksi. Unit Produksi ada di *Plant I* khusus untuk *steel making* pembuatan *billet*. Unit *Rolling Mill* ada di *plant II* khusus pembuatan *Flat Bar* dan *Round Bar*.

Dalam kegiatan produksi terdapat kerugian-kerugian yang dihindari yaitu *downtime*, *changeover*, perlambatan mesin, *idle*, *stoppage*, *startup*, *defect* (cacat) dan *rework* (pengerjaan ulang) Saat ini, yang menjadi kendala dalam produksi yang sering terjadi di PT. X adalah tidak berjalannya kegiatan produksi akibat adanya kerusakan mesin produksi. Mesin memiliki performansi yang dapat meningkat maupun menurun dan sewaktu-waktu dapat mengalami kerusakan sehingga mesin membutuhkan pemeliharaan (Jon Bokrantz et al, 2017). Kerusakan mesin-mesin produksi menyebabkan tingkat *downtime* mesin yang tinggi.

Kebijakan *maintenance* yang saat ini diberlakukan adalah dengan melakukan pemeriksaan rutin pada mesin dan peralatan di pagi hari sebelum dimulainya proses produksi untuk memastikan mesin dapat beroperasi dengan baik. Kegiatan perawatan yang dilakukan yaitu seperti pemberian pelumas atau *grease*, pemeriksaan minyak pada *gearbox* dan pembersihan daerah sekitar mesin. Namun kebijakan tersebut belum cukup efektif karena masih sering terjadi kerusakan secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi sehingga perbaikan dilakukan jika terjadi kerusakan (*corrective maintenance*).

Sistem perawatan *corrective maintenance* tidak memperhatikan faktor *reliability* (keandalan) dari mesin produksi sehingga pihak perusahaan hanya mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan keandalannya (Tondang, 2016). Oleh karena itu, penelitian diperlukan untuk menganalisis keandalan mesin-mesin, meminimisasi *downtime* dan mengusulkan jadwal perawatan serta SOP perawatan mesin produksi. Pendekatan yang digunakan adalah metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. RCM adalah sebuah metode untuk menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang akan menjamin sebuah perancangan sistem keandalan. RCM berfungsi untuk mengatasi penyebab dominan dari kegagalan yang nantinya akan membawa pada keputusan *maintenance* yang berfokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi. RCM dapat menampilkan sebuah kerangka kerja berdasarkan informasi keadaan untuk perencanaan yang efisien, aplikatif dan mampu sebagai pilihan terbaik dalam penyesuaian atau pengembangan model pemeliharaan yang optimal (Moubrey:1997). Kelebihan metode RCM antara lain menghasilkan jadwal perawatan yang paling efisien dengan mengeliminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan, minimisasi frekuensi *overhaul*, minimisasi *downtime*, minimisasi peluang kegagalan peralatan secara mendadak, memfokuskan perawatan pada komponen-komponen kritis, dan meningkatkan *reliability* (keandalan) komponen (Tondang, 2016).

Data satu tahun terakhir yaitu bulan Januari 2021 - Maret 2022, frekuensi kegagalan dan juga menyebabkan stop produksi paling tinggi adalah pada Mesin *Electric Arc Furnace*. Hal itu mendasari perlunya analisa kegagalan dan perawatan EAF di PT. X. Masalah *downtime* dari kerusakan mesin *Electric Arc Furnace* yang terjadi di PT. X diharapkan dapat dikurangi secara efektif menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

TINJAUAN PUSTAKA

Electric Arc Furnace

Electric Arc furnace (EAF) atau Tanur Busur Listrik adalah peralatan / alat mesin yang digunakan untuk proses pembuatan logam / peleburan logam, di mana besi bekas (*scrap*) dipanaskan dan dicairkan dengan busur listrik yang berasal dari elektroda ke besi bekas di dalam tanur. Tanur ini digunakan untuk proses peleburan, pemurnian dan untuk proses penahanan cairan logam pada temperatur tertentu (*holding furnace*).

Pengertian Dasar Perawatan

Menuut Kurniawan perawatan adalah aktivitas pemeliharaan, perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetelan dan pemeriksaan terhadap objek yang dirawat. Konsep ini berawal dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan terhadap objek yang dimilikinya, sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia, dapat berfungsi dengan baik dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang diinginkan. Selain itu perawatan juga berawal dari keinginan manusia untuk memiliki sistem yang lebih teratur, rapi bersih, dan fungsional.

Reliability Centered Maintenance

RCM merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap aset fisik dapat terus melakukan apa yang diinginkan oleh penggunaanya dalam konteks operasionalnya .

Metode RCM terdapat 7 tahapan, yaitu:

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi,
2. Definisi batasan sistem,
3. Deskripsi sistem,
4. Penentuan fungsi dan kegagalan fungsional,
5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ,
6. *Logic Tree Analysis* (LTA),
7. *Task Selection* (Pemilihan Kebijakan Perawatan).

Risk Priority Number

Risk Priority Number merupakan salah satu metode untuk mengidentifikasi *criticality* dari suatu sistem. Perhitungan *Risk Priority Number* didasarkan pada nilai *severity*, *occurrence* dan *detection*.

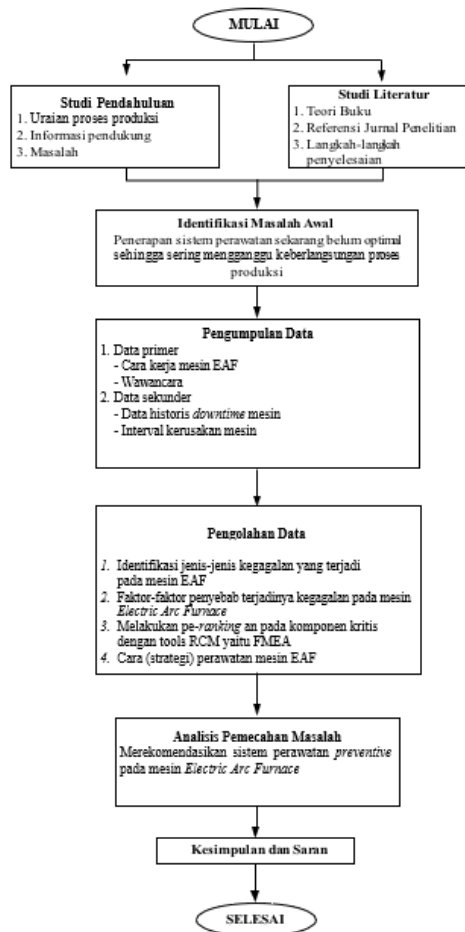
Pola Distribusi

Pola distribusi kerusakan mesin atau komponennya biasanya merupakan distribusi *Weibull*, *Lognormal*, Eksponensial dan Normal. Pola-pola berikut ini merupakan pola yang umum menggambarkan distribusi kerusakan komponen mesin.

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan skema berupa urutan kegiatan yang dilakukan penulis dalam kegiatan penelitian dan penyusunan laporan :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. X yang berlokasi di Jawa Timur. Penelitian dilakukan pada bulan September – Januari 2023.

C. Objek Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini, objek yang diamati adalah mesin *Electric Arc Furnace* yang mengalami kerusakan tertinggi dalam proses produksi di PT X dan sistem perawatan aktual PT X.

PEMBAHASAN

Macam Kegagalan Pada Mesin *Electric Arc Furnace*

Selama berlangsungnya proses produksi ada beberapa kegagalan telah terjadi, berikut ini dideskripsikan jenis kegagalan pada mesin tanur busur listrik di PT X

1. *Furnace Shell*



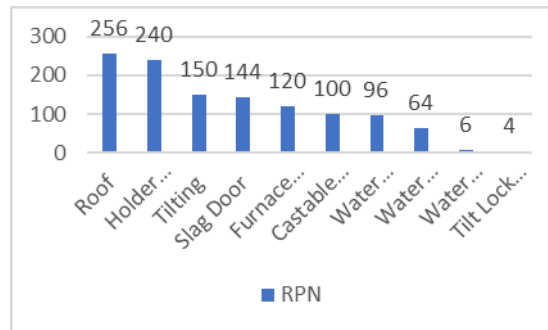
FMEA

No	Komponen	Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect	Severity	Occurance	Detection	RPN	Current Controls	Recommendation
1	Furnace Shell body	Komponen pembawa beban (fondasi) untuk bottom lining dan lapisan dinding tahan api(refraktori).	Kebocoran pada shell body	- Inspeksi kondisi dapur kurang detail karena ada beberapa bagian dapur yang tidak dapat dilihat dari pintu dapur (slag door) - Working lining (refraktori) sudah habis - Tertimpa scrap berdimensi besar saat proses charging - Holding cairan mempercepat erosi pada refraktori (pengaruh Sn tinggi).	-Membahayakan operator produksi. -Mengakibatkan terhentinya proses produksi. -Membahayakan mesin EAF, cairan baja dapat merusak komponen komponen yang lain seperti komponen tilting yang berada di bawah Furnace	10	2	6	120	Mematikan Mesin	-Melakukan inspeksi lebih menyeluruh pada refraktori untuk mencegah terjadinya kerusakan shell akibat kerusakan termal yang lebih dari kondisi operasi
2	Roof	Penutup electric arc furnace	Tidak dapat membuka/mengangkat roof. Tidak bisa bergerak (Swing)	-Tekanan Hidrolik sistem roof rendah - Terjadi Kebocoran oli pada sistem hidrolik -Level oli pada tank side tidak sesuai (kurang), menyebabkan adanya udara masuk pada sistem. -scrap yang jatuh pada saat proses charging menghalangi pergerakan roda pada rel-nya	- Menghambat proses Produksi -Membahayakan Operator	8	8	4	256	Mematikan Mesin Memeriksa scrap setelah proses charging	-Lakukan inspeksi hidrolik roof lebih detail untuk menghindari terjadi kegagalan
			Kebocoran roof (Retak)	Usia Pakai berkurang karena thermal shock						Pengelasan	
3	Slag Door	Pintu untuk membuang slag (pengotor cairan)	-Tidak dapat membuka dan menutup	-Tekanan Hidrolik sistem slag door rendah -Terjadi Kebocoran oli pada sistem hidrolik	-Menghambat proses Produksi	6	4	4	144		Lakukan inspeksi hidrolik roof lebih detail untuk menghindari terjadi kegagalan
4	Holder Electrode	Dudukan elektroda	- Pendingin tidak bekerja (air tidak mengalir) - Terjadi Kebocoran pipa pendingin clamp holder elektroda - Terjadi hubung singkat -Roller holder putus	- Adanya timbunan kerak yang menghambat laju aliran - Baut isolator tidak kencang dan tebal isolator - Tebal Pelat isolator sudah tipis	-Menghambat proses Produksi -Membahayakan Operator	6	10	4	240	Mematikan Mesin	Pergecekan tebal pipa pendingin dan standarisasi penggantian bila sudah mencapai ambang batas
5	Castable refractory	Batu tagan panas untuk melapisi shell/body sebagai pelindung dari suhu yang tinggi serta sebagai isolator elektroda	-Working Line sudah habis	-Life time sudah melebihi batas. - Holding cairan menyebabkan erosi pada refraktori	-Menghambat proses Produksi - -Membahayakan Operator	10	2	5	100	Pengecekan visual	-Melakukan percobaan dengan vendor baru untuk memperpanjang usia pakai refraktori
6	Water Jacket-Roof	Mendinginkan roof furnace (mempertahankan roof agar tidak terjadi ekspansi termal/pemuaiian/menjaga material tetap	-Kebocoran pada pipa air roof furnace	- Erosi pada pipa - Korosi pada pipa - Retak akibat beban termal melebihi batas desain. -Pendinginan tidak berjalan karena ada endapan pengotor/kerak	-Menghambat proses Produksi -Membahayakan Operator	8	3	4	96	Mematikan Mesin	-Melakukan predictive maintenance dengan alat NDT contohnya alat ukur tebal pipa. -Melakukan analisa DT dengan memotong spesimen panel yang sudah gagal untuk
8	Water hose-Holder Electrode	Sebagai penyalur air pendingin holder elektroda (mencegah terjadinya thermal shock)	-Kebocoran	Lapisan insulasi termal terkupas/begesakan dengan scrap saat proses swing roof, sehingga hose telang terekspos.	-Menghambat proses Produksi - -Membahayakan Operator	2	1	3	6	Mematikan Mesin	inspeksi barian insulasi termal hose
9	Tilting	Menastikan dan menurunkan furnace saat proses penuangan/fapping	-Tilting tidak dapat menaik/turunkan EAF	- Rantai terlepas dari sprocket - U-Jolte patah -Banyak scrap di area EAF menambah beban sehingga tilting tidak	-Menghambat proses Produksi - -Membahayakan Operator	6	5	5	150	Mematikan Mesin	-Memasukkan pengecekan kondisi rantai dan sprocket ke dalam kegiatan preventive

Risk Priority Number (RPN). RPN merupakan hasil perhitungan matematis dari keseriusan effect (*severity*), kemungkinan terjadinya *cause* yang menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan effect (*occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap berisiko tinggi sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan.



Analisa Sebab Akibat (*Fishbone Diagram*)



Logic Tree Analysis

Logic Tree Analysis (LTA) mengandung informasi nomor, nama kegagalan fungsi, komponen yang mengalami kegagalan, fungsi komponen dan mode kerusakan komponen dan analisis kekritisan. Analisis kekritisan menempatkan setiap kerusakan komponen menjadi 4 kategori.

No.	Komponen	Evident	Safety	Outage	Category
1.	<i>Furnace Shell (Body)</i>	Y	Y	-	A
2.	<i>Water Jacket-Furnace</i>	Y	T	Y	B
3.	<i>Roof</i>	Y	T	Y	B
4.	<i>Water Jacket-Roof</i>	Y	Y	-	A
5.	<i>Holder Electrode</i>	Y	Y	-	A
6.	<i>Hose Holder Electrode</i>	Y	T	Y	B
7.	<i>Tilting</i>	Y	T	Y	B
8.	<i>Slag Door</i>	Y	-	T	B
9.	<i>Castable Refractory</i>	T	T	Y	D/B
10.	<i>Tilt Lock Pust Air Cylinder</i>	Y	T	T	C

Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan didasarkan dengan menjawab pertanyaan penuntun (*selection guide*) yang disesuaikan pada *road map* pemilihan tindakan. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu.

No.	Komponen	Selection Guide							Selection Task
		1	2	3	4	5	6	7	
1.	<i>Furnace Shell (Body)</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D
2.	<i>Water Jacket-Furnace</i>	Y	Y	Y	T	-	Y	-	T.D
3.	<i>Roof</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D
4.	<i>Water Jacket-Roof</i>	Y	Y	Y	T	-	Y	-	T.D
5.	<i>Holder Electrode</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D
6.	<i>Hose Holder Electrode</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D
7.	<i>Tilting</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D
8.	<i>Slag Door</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D
9.	<i>Castable Refractory</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D
10.	<i>Tilt Lock Pust Air Cylinder</i>	T	-	Y	T	-	Y	-	C.D

Prosedur Perawatan Berdasarkan Pemilihan Tindakan RCM

Berdasarkan hasil pemilihan tindakan untuk komponen-komponen yang mengalami kegagalan di mesin EAF maka dapat diperoleh beberapa tindakan pemilihan yaitu:

Tindakan Perawatan CD (*Condition Directed*)

No.	Komponen	Tindakan CD (<i>Condition Directed</i>)
1.	<i>Furnace shell</i>	<p>a. Pemeriksaan visual kondisi fisik <i>furnace shell</i> (mengetahui ada tidak nya kerusakan/retak termal)</p> <p>b. Pemeriksaan kondisi suhu <i>furnace shell</i> (suhu yang tinggi melebihi kondisi operasi dapat menyebabkan kerusakan termal secara ekponensial)</p>
2.	<i>Roof</i>	<p>a. Pemeriksaan visual kondisi fisik <i>roof</i> (mengetahui ada tidak nya kerusakan/retak termal)</p> <p>b. Pemeriksaan kondisi suhu <i>furnace shell</i> (suhu yang tinggi melebihi kondisi operasi dapat menyebabkan kerusakan termal secara ekponensial)</p> <p>c. Pemeriksaan tekanan hidrolik <i>roof</i> setiap kegiatan operasi (tekanan rendah dapat menyebabkan kegagalan hidrolik dapat mengangkat <i>roof</i>)</p> <p>d. Pemeriksaan sambungan dan pipa hidrolik untuk mengetahui ada tidaknya kebocoran pada sambungan dan pipa</p> <p>e. Memeriksa <i>level</i> oli pada <i>tank side</i> untuk menghindari adanya udara masuk jika <i>level</i> oli tidak sesuai/standar.</p> <p>f. Memeriksa kondisi oli hidrolik dan melakukan penggantian secara periodik</p> <p>g. Memeriksa kondisi filter hidrolik dan melakukan penggantian secara periodik.</p> <p>h. Memeriksa kecepatan <i>stroke</i>, untuk dapat mengetahui ada tidaknya kebocoran maupun udara masuk dalam hidrolik</p> <p>g. Membersihkan rel <i>roof</i> untuk <i>swing, scrap</i> bisa mengganjal laju roda pada rel.</p> <p>h. Mengecek kondisi bearing roda <i>swing roof</i> dan melakukan pelumasan secara periodik.</p>
3.	<i>Holder Electrode</i>	<p>a. Pengecekan pipa pendingin <i>holder electrode</i>, ada tidaknya kerusakan pada lapisan insulasi dan pengecekan kebocoran pada pipa pendingin.</p> <p>b. Pengecekan tebal pelat isolator secara periodik</p>
4	<i>Hose Holder Electrode</i>	<p>a. Inspeksi insulasi termal untuk melihat ada tidaknya bagian selang yang ter ekspos dan dapat menyebabkan kebocoran.</p> <p>b. menambal insulasi termal jika ada bagian yang rusak.</p>
5	<i>Tilting</i>	<p>a. Pemeriksaan tebal ulir <i>nut</i> dan <i>screw</i> tilting. Jika ketebalan ulir sudah di luar toleransi maka segera jadwalkan penggantian <i>nut</i> atau <i>screw</i> tilting</p> <p>b. Pemeriksaan <i>seal</i> tilting dengan melihat ada tidaknya oli yang merembes pada <i>body</i> atau lokasi. Segera lakukan penjadwalan dan penggantian bila ada rembesan yang terlihat</p> <p>c. Pemeriksaan pelumasan pada <i>body</i> tilting, rantai-<i>sprocket</i> dan pemberian <i>grease</i> pada <i>pillow block</i>.</p> <p>d. Memeriksa kondisi rantai, kekencangan rantai harus dijaga untuk menghindari rantai keluar dari jalur. Selain itu <i>elongation</i> harus di inspeksi dan lakukan penggantian jika panjang <i>elongation</i> rantai melebihi standar.</p> <p>e. Lakukan pemeriksa kondisi shaft penghubung dan kopleng.</p>
6	<i>Slag Door</i>	<p>a. Pemeriksaan tekanan hidrolik <i>roof</i> setiap kegiatan operasi (tekanan rendah dapat menyebabkan kegagalan hidrolik dapat mengangkat <i>roof</i>)</p> <p>b. Pemeriksaan sambungan dan pipa hidrolik untuk mengetahui ada tidaknya kebocoran pada sambungan dan pipa</p> <p>c. Memeriksa <i>level</i> oli pada <i>tank side</i> untuk menghindari adanya udara masuk jika <i>level</i> oli tidak sesuai/standar.</p> <p>d. Memeriksa kondisi oli hidrolik dan melakukan penggantian secara periodik</p> <p>e. Memeriksa kondisi filter hidrolik dan melakukan penggantian secara periodik.</p> <p>f. Memeriksa kecepatan <i>stroke</i>, untuk dapat mengetahui ada tidaknya kebocoran maupun udara masuk dalam hidrolik</p>
7	<i>Castable Refractory</i>	<p>a. Periksa kondisi refraktori EAF setiap <i>tap to tap</i>.</p> <p>b. Lakukan hot repair dengan menyempatkan <i>gunning</i> material.</p>
8	<i>Tilt Loc Pust Air Cylinder</i>	<p>a. Periksa tekanan pneumatik tilt lock pust air cylinde</p>

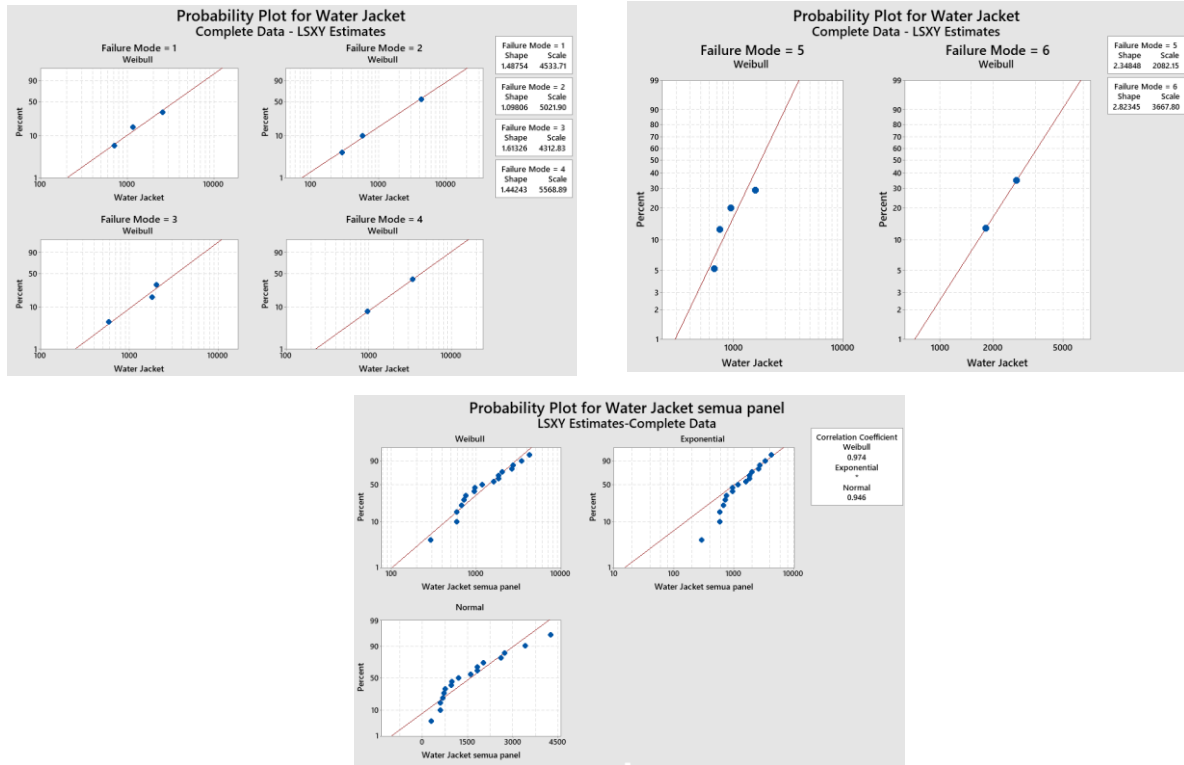
Time Directed

Berdasarkan hasil analisis RCM pada mesin EAF, maka komponen yang akan diuji pola distribusinya dan kemudian ditentukan nilai *Reliability* adalah komponen yang tindakan perawatannya bersifat waktu *Time Directed* (TD).

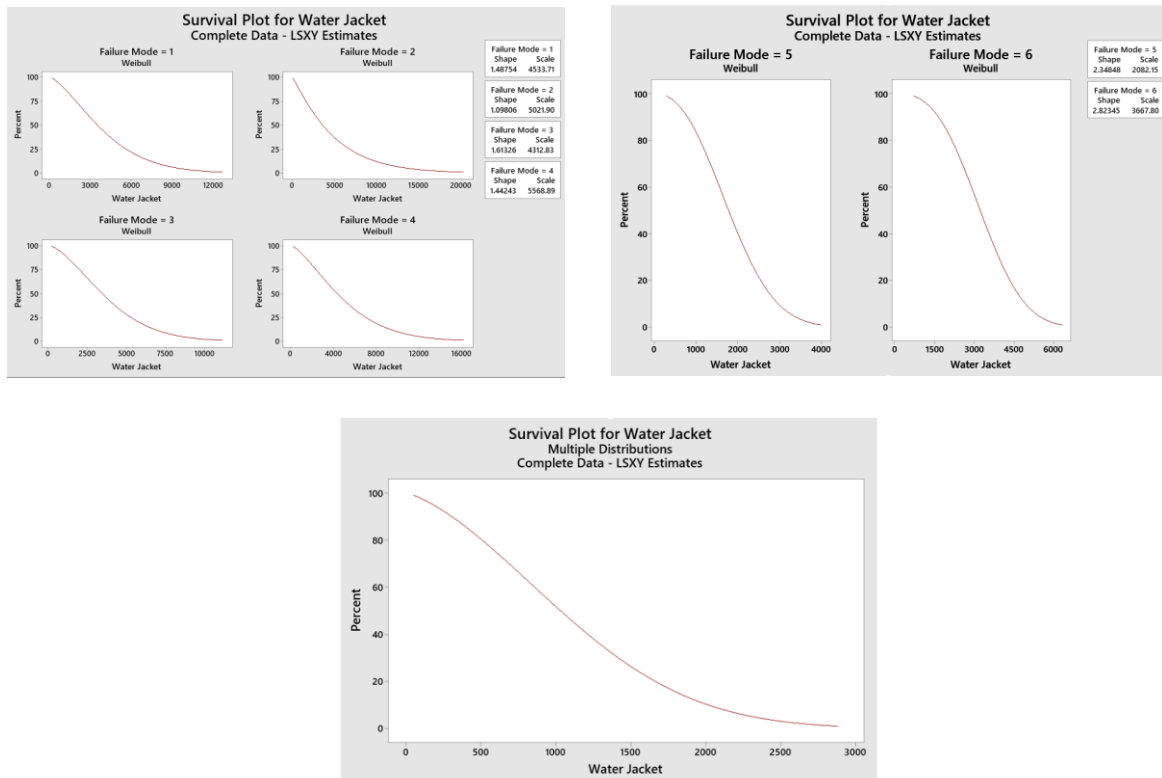
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Distribusi *Time to Failure Water Jacket* Mesin EAF

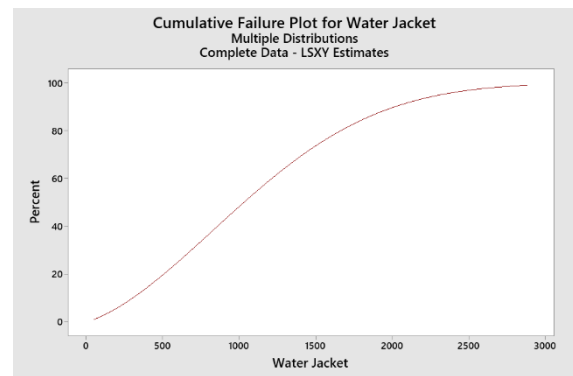
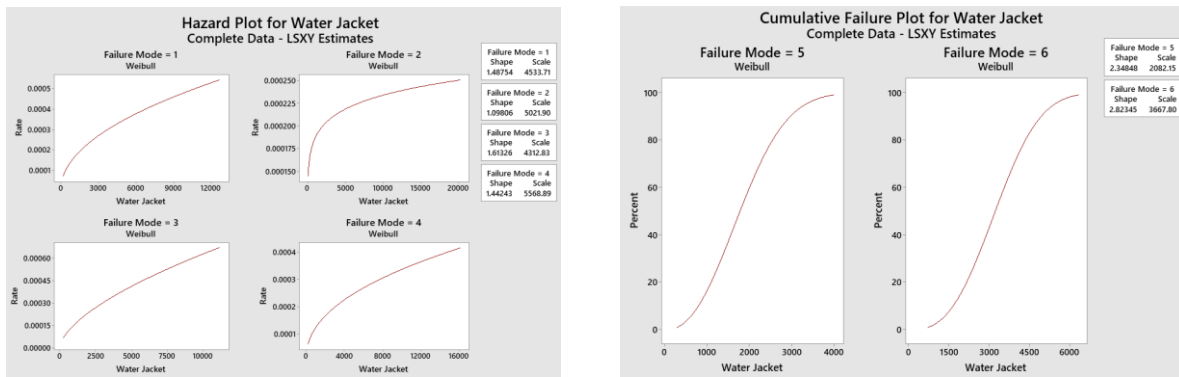
Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	1.173	0.974
Exponential	1.971	*
Normal	1.374	0.946



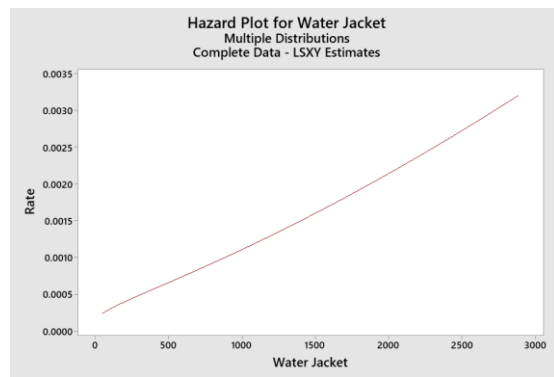
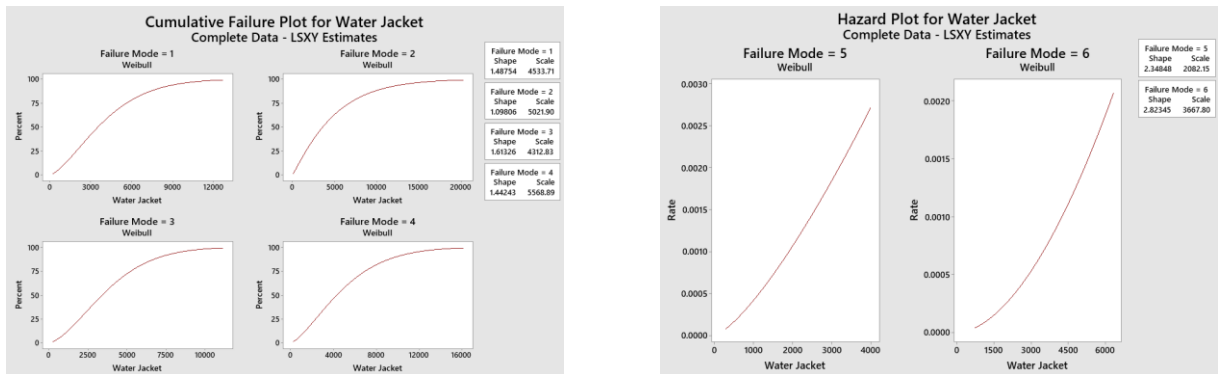
Gambar 4.12 Probability Plot Water Jacket Mesin EAF





Gambar 4.13 Survival Plot Water Jacket Mesin EAF

Gambar 4.13 Survival Plot Water Jacket Mesin EAF



Gambar 4.13 Survival Plot Water Jacket Mesin EAF

Dari analisa data diatas didapatkan parameter weibul adalah :

Tabel 4.9 Data Analisa Parameter

No	Komponen	Pola Distribusi	Parameter
1	Water jacket Panel 1	Weibull	$\beta = 1.48754 \eta = 45533.71$
2	Water jacket Panel 2	Weibull	$\beta = 1.09806 \eta = 5021.90$
3	Water jacket Panel 3	Weibull	$\beta = 1.61326 \eta = 4312.83$
4	Water jacket Panel 4	Weibull	$\beta = 1.4423 \eta = 5568.89$
5	Water jacket Panel 5	Weibull	$\beta = 2.34848 \eta = 2082.15$
6	Water jacket Panel 6	Weibull	$\beta = 2.82345 \eta = 3667.80$

Plot fungsi *cumulative failure*, *suivival* dan *hazard rate* merupakan fungsi dari parameter diatas dengan rumus fungsi ada pada bab II.

Dari parameter diatas dapat disimpulkan bahwa ada panel 1-4 yang memiliki $\beta > 1$ yang menunjukkan bahwa komponen mesin tersebut ada dalam *early wear out period* atau dimana mulai meningkatnya frekuensi kegagalan berhubungan dengan waktu dan panel 5 dan 6 memiki $\beta > 2$ yang berarti komponen memiliki resiko kegagalan aus yang lebih besar atau meningkat selama masa penggunaan, hal ini berbeda dengan komponen yang $\beta = 1$ yang biasa disebut *useful life* pada kurva *bathub* yang memiliki tingkat kegagalannya rendah dan konstan. Kegagalan bersifat acak dan karena kesalahan manusia, penggunaan berlebihan atau kelebihan beban, dan kerusakan yang tidak disengaja.

Dapat dilihat pada *suivival plot* keandalan akan semakin menurun seiring berjalannya waktu, dan juga tingkat kegagalan pada *cumulative failure plot* dan tingkat bahaya pada *hazard plot* semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Untuk mengatasi komponen pada *wear out period*, strategi perawatan *preventive* merupakan yang paling efektif dalam mempertahankan keandalan dan memperpanjang masa manfaat. Idealnya, pada masa ini harus menetapkan langkah-langkah pemeliharaan preventif baru segera setelah melihat peningkatan tingkat kegagalan. Ini dapat memungkinkan untuk menghindari kenaikan tajam. Kegiatan penggantian di rekomendasikan lebih kecil dari η , karena pada saat itu komponen memiliki peluang besar terjadi kegagalan 65% atau pada saat peluang kegagalan 50% atau sering disebut MTBF (*mean time beetwen failure*), contohnya pada panel 1 disarankan dilakukan penggantian panel sebelum 3750 charge. Kegiatan prediktif *maintenance* juga berguna pada masa tersebut karena merupakan kegiatan perawatan berdasar kondisi, yang dapat mengetahui ada tidak-nya deviasi peralatan lebih cepat, hanya saja alat deteksi kegagalan yang cukup mahal. Penggunaan material yang lebih berkualitas juga disarankan pada masa ini.

Menurut analisa, panel 5 dan 6 pada *water Jacket* memiliki laju kerusakan lebih besar karena posisi pendingin berada pada sisi dekat *slag door*. Hal ini menyebabkan pengecekan refraktori dan juga *hot repair* pada sisi ini lebih sulit untuk pengecekan karena harus dilihat dari sisi atas oleh operator dengan menggunakan *full* baju pengaman. Lapisan refraktori yang tidak sandar dapat mempercepat kerusakan termal pada pipa pendingin water panel 5 dan 6.

KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Macam-macam jenis kegagalan penyebab *downtime electric arc furnace* adalah:

Komponen	Failure Mode
Furnace Shell body	Kebocoran pada <i>shell body</i>
Roof	Tidak dapat membuka/mengangkat <i>roof</i> .
	Tidak bisa bergerak (<i>Swing</i>)

	Kebocoran <i>roof</i> (Retak)
<i>Slag Door</i>	Tidak dapat membuka dan menutup
<i>Holder Electrode</i>	Pendingin tidak bekerja (air tidak mengalir)
	Terjadi Kebocoran pipa pendingin <i>clamp holder</i> elektroda
	Terjadi hubung singkat
	<i>Roller holder</i> putus
<i>Castable refractory</i>	<i>Working Line</i> sudah habis
<i>Water Jacket-Roof</i>	Kebocoran pada pipa air <i>roof furnace</i>
<i>Water Jacket-Furnace shell</i>	Kebocoran pipa air
<i>Water Hose-Holder Electrode</i>	Kebocoran <i>water hose</i>
<i>Tilting</i>	<i>Tilting</i> tidak dapat menaik-turunkan EAF
<i>Tilt Lock Pust Air Cylinder</i>	Kurang tekanan pada pneumatik

2. Berdasarkan jenis jenis kegagalan EAF penyebab kegagalan mesin EAF bervariasi mulai dari faktor manusia, mesin, metode, lingkungan (*environment*) dan material.
3. Berdasarkan analisa cara pencegahan kegagalan mesin EAF adalah dengan melakukan perawatan berbasis pemilihan tindakan metode RCM yaitu terdapat 8 komponen yang termasuk pada perawatan berbasis kondisi (C.D), dan 2 komponen berbasis waktu (T.D).

SARAN

1. Perusahaan melakukan pencatatan jarak waktu antar kegagalan agar bisa dilakukan tes pola distribusi untuk mengetahui apakah komponen dalam >1 (*infant mortality*) (*useful life*)
2. Perusahaan mencatat jenis kegagalan dan analisa prediktif sebagai *back log* untuk kegiatan perawatan yang akan direncanakan dilakukan tiap minggu pada saat off operasi. Sehingga kegiatan perawatan dapat berjalan dengan efektif.
3. Membuat perencanaan perawatan yang lebih detail bila komponen telah memasuki periode *wear out*.
4. Menambah alat deteksi kegagalan dalam *predictive maintenance* agar dapat mengetahui kondisi dan sebagai *back log* kegiatan *preventive perawatan* yang akan dijadwalkan. Contohnya alat deteksi tebal pipa, dengan pengecekan NDT dapat dilakukan kegiatan antisipasi/perawatan sebelum terjadi kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., & Stahre, J. (2017). Maintenance in digitalised manufacturing: Delphi-based scenarios for 2030. *International Journal of Production Economics*, 191, 154–169.
- [2] BS EN 13306. 2010. Maintenance terminology. London: British Standard Institution
- [3] Bhakti, R., & Kromodihardjo, S. (2015). Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6(No. 1).
- [4] Fernando, D & Ikhsan, A. (2021). Strategi Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Rh-5 Multi Block Dengan Metode Reliability Maintenance Centered (RCM) Pada. *Jurnal Teknik* Vol. 17 No. 3 (2021)
- [5] Kirana, U. T., Alhilman, J., & Sutrisno, S. (2016). Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin corazza FF100 pada line 3 pt XYZ dengan metode reliability centered maintenance (RCM) II. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(01), 47.
- [6] Kurniawan, Fajar. (2013). Manajemen Perawatan Industri : Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reability Centered Maintenance (RCM). Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [7] Levitt, J. 2008. *Lean maintenance*. New York: Industrial press.
- [8] Media, 4 V. (n.d.). *Perkembangan Ekspor-Impor Produk Baja Indonesia Januari-Juli 2022*. IISIA. Retrieved December 12, 2022, from <https://www.iisia.or.id/post/view/id/eksporimp-or-produk-baja-indonesia-tahun-20172022>
- [9] Manzini, R., Regattieri, A., Pham, H., & Ferrari, E. (2010). Maintenance for industrial systems. *Springer Series in Reliability Engineering*.

- [10] Rachman, H., Garside, A. K., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 86–93.
- [11] Susanto, A. D., & Azwir, H. H. (2018). Perencanaan Perawatan Pada unit Kompresor tipe screw dengan metode RCM di Industri Otomotif. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(1), 21.
- [12] Sugiyono, B., Purwono, A., Rahbini., Suyanta., Mashudi, I., Patma, TS. Manajemen Pemeliharaan. Puncak Permata Sengkaing,, 2013
- [13] Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2004). *Rcm: Gateway to world class maintenance*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [14] Tondang, Adra Judhika (2016). Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan FMEA pada PTPN II PG Kwala Madu