



Penentuan Strategi Perencanaan Pemeliharaan Mesin *Pulverizer Boiler* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II* (Studi Kasus : PT. TJB Power Services)

Determination of Maintenance Planning Strategy On Pulverizer Boiler Machine Using Reliability Centered Maintenance (RCM) II Method (Case Study: PT. TJB Power Services)

Akhmad Syakhroni^{*1}, Arifin Edo Kurniawan¹, Nuzulia Khoiriyah¹, M. Sagaf¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima 07-04-2020
Diperbaiki 12-04-2021
Disetujui 21-06-2021

Kata Kunci:

Strategi Perencanaan
Pemeliharaan, Reliability
Centered Maintenance
(RCM) II, Pulverizer

ABSTRAK

Produksi yang terus menerus menyebabkan mesin-mesin bekerja tanpa henti yang mengakibatkan risiko penurunan produktivitas mesin di PT. TJB Power Services. Perusahaan tersebut merupakan perusahaan Operation and Maintenance PLTU Tanjung Jati B Unit 1 dan 2. Pada tahun 2018 tingkat Equivalent Availability Factor (EAF) Unit 1 sebesar 89,45% dan Unit 2 sebesar 93,76% yang semula targetnya 100%. Sedangkan tahun 2019 Unit 1 meningkat menjadi 95,60% dan Unit 2 mengalami penurunan menjadi 88,12%. Secara umum proses produksi dimulai dari penggilingan batubara yang digunakan untuk bahan bakar memanaskan air menjadi uap kering yang dialirkan ke turbin untuk menggerakkan generator yang menghasilkan listrik. Oleh sebab itu dilakukan penelitian pada mesin pulverizer unit 2 karena mengalami penurunan tingkat availability dan merupakan mesin yang kritis dalam proses produksi yang akan mempengaruhi produktivitas secara keseluruhan. Berdasarkan analisa RCM II pada tahap FMEA diperoleh nilai RPN tertinggi pada equipment coal pipe dan pyrite. Setelah dianalisa dengan fishbone diagram diperoleh akar penyebab kegagalan antara lain udara primer dan udara luar mengandung kadar air laut dan tidak dilapisi anti karat mengakibatkan korosi, benda asing yang menumpuk dan tidak terfilter di silo serta kurang pemeliharaan. Dari hasil analisa permasalahan tersebut, didapatkan usulan perbaikan dalam bentuk RCM II Decision Worksheet.

ABSTRACT

Continuous production causes machines to work without stopping which results in the risk of decreasing machine productivity at PT. TJB Power Services. The company is an Operation and Maintenance company for PLTU Tanjung Jati B Units 1 and 2. In 2018, the level of Equivalent Availability Factor (EAF) Unit 1 was 89.45% and Unit 2 was 93.76%, which was originally targeted at 100%. Meanwhile, in 2019 Unit 1 increased to 95.60% and Unit 2 decreased to 88.12%. In general, the production process starts from grinding coal, which is used for fuel heating water into dry steam, which is flowing into a turbine to drive a generator that produces electricity. Therefore, research was carried out in the pulverizer unit 2 because it has decreased its availability and is a critical machine in the production process that will affect overall productivity. Based on the RCM II analysis at the FMEA stage, the highest RPN value was obtained for coal pipe and pyrite equipment. After analyzing with the Fishbone diagram, it is found that the root causes of failure include primary air and outside air containing seawater content and not coated with anti-rust resulting in corrosion, accumulating foreign objects that are not filtered in the silo and lack of maintenance. From the results of the analysis of these problems, it was found that the proposed improvements were made in the form of the RCM II Decision Worksheet.

Keywords:

Maintenance Planning
Strategy, Reliability Centered
Maintenance (RCM) II,
Pulverizer

1. Pendahuluan

Pada *pendahuluan* memuat tentang latar belakang masalah dan kajian literatur dari penelitian sejenis yang terdahulu.

1.1 Latar Belakang

Adanya kegiatan produksi yang terus menerus dan dituntut untuk tidak berhenti produksi atau berproduksi secara *continue* akan menyebabkan mesin-mesin bekerja tanpa henti yang akan mengakibatkan risiko penurunan efektifitas kinerja mesin bahkan terjadi kerusakan ataupun kegagalan pada mesin-mesin pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). PT. TJB Power Services Unit 1 dan 2 merupakan perusahaan *Operation and Maintenance* (OM) untuk mengoperasikan dan melakukan tindakan pemeliharaan pada mesin-mesin PLTU Tanjung Jati B Unit 1 dan 2. Pembangkit listrik tenaga uap yang berbahan bakar batu bara untuk mengubah air menjadi uap kering untuk menggerakkan turbin yang akan menghasilkan listrik. Pembangkit ini menggunakan banyak mesin atau aset yang harus bekerja secara *full time*, maka diperlukan strategi perencanaan pemeliharaan agar tidak terjadi *breakdown* yang akan mengakibatkan sistem produksi terganggu dan akan mengakibatkan masalah pada pendistribusian listrik.

Secara umum proses dari pembangkit ini dimulai dari penggilingan atau penghalusan batu bara yang akan digunakan untuk bahan bakar memanaskan air menjadi uap kering yang kemudian uap tersebut dialirkan ke turbin untuk menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik. Yang menjadi fokus penelitian ini adalah penggilingan batu bara pada mesin *pulverizer boiler* yang sering mengalami kegagalan dan pada mesin tersebut merupakan mesin yang kritis dalam proses produksi yang akan mempengaruhi efektifitas produksi secara keseluruhan. Maka penerapan strategi perencanaan pemeliharaan sangat penting untuk perusahaan agar setiap aset tetap bekerja secara *continue*.

Pada tahun 2018 tercatat bahwa tingkat *Equivalent Availability Factor* (EAF) Unit 1 sebesar 89,45% dan Unit 2 sebesar 93,76% yang semula targetnya 100%. Sedangkan pada tahun 2019 tingkat *Equivalent Availability Factor* (EAF) pada Unit 1 meningkat menjadi 95,60% dan pada Unit 2 mengalami penurunan menjadi 88,12%. Hal ini terjadi disebabkan oleh lamanya *outage* (lamanya mesin tidak dapat beroperasi sebagian maupun keseluruhan). Yang mana EAF merupakan faktor ketersediaan mesin untuk berproduksi dalam jumlah waktu tertentu sedangkan *outage* yaitu dimana mesin tidak dapat beroperasi karena kegagalan maupun adanya tindakan pemeliharaan (*maintenance*). Data tahun 2018 tersebut dihitung sampai tanggal 27 Desember 2018 sedangkan data tahun 2019 dihitung sampai tanggal 21 November 2019. Berdasarkan data tersebut pada unit 1 mengalami peningkatan dan pada unit 2 mengalami penurunan. Maka dalam penelitian ini lebih fokus menyelesaikan permasalahan pada unit 2 untuk meningkatkan tingkat *availability* dan menurunkan lamanya *outage*. Jadi harus ada peningkatan tindakan pemeliharaan agar mesin berjalan dengan maksimal.

Pemeliharaan (*maintenance*) mesin produksi ini berguna untuk menjamin setiap aset tetap bekerja secara *continue*

sehingga dapat memaksimalkan produktivitas mesin *pulverizer* dan meminimalkan waktu yang terbuang saat proses produksi (*downtime*) karena adanya penurunan produktivitas mesin yang akan mengakibatkan kendala pada proses produksi dan kerugian pada perusahaan. Oleh sebab itu, pentingnya strategi perencanaan pemeliharaan untuk mengurangi bahkan dapat mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada proses produksi karena adanya kegagalan mesin-mesin produksi. Strategi perencanaan pemeliharaan ini berguna untuk menjamin setiap aset tetap bekerja secara *continue* sehingga dapat memaksimalkan produktivitas mesin *pulverizer*.

1.2 Studi Literatur

Pada kajian literatur ini akan membahas mengenai hasil dari penelitian yang sudah ada atau penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Ratna Bhakti P S, dan Sudiyono Kromodiharjo dengan judul penelitian “Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada *Pulverizer* (Studi Kasus : PLTU Paiton Unit 3)” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah dari hasil analisa dan *brainstorming* dengan pihak perusahaan, maka dipilih kegiatan *preventive maintenance* setiap 2600 jam dengan mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan apabila pemeliharaan terlalu sering dilakukan, yaitu tiap 1600 jam dan 2000 jam maka biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan akan lebih besar. Selain itu, kerugian yang ditimbulkan apabila *pulverizer* mengalami *shutdown* untuk perbaikan *grinding roller* selama 20 hari dapat menurunkan beban listrik yang dihasilkan oleh PLTU dari 850 [1].

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Herry Christian Palit, Winny Sutanto dengan judul penelitian “Perancangan RCM Untuk Mengurangi *Downtime* Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Aluminium” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah menghasilkan usulan perancangan RCM berupa keputusan RCM dari masing-masing komponen mesin dan disertai dengan MTBF. Perancangan RCM juga dilengkapi dengan membuat software sederhana untuk mengingatkan operator jadwal pemeliharaan komponen yang didasarkan pada nilai MTBF. Berdasarkan analisis perbandingan, didapatkan bahwa usulan perbaikan dengan perancangan RCM dapat menurunkan *downtime* sebesar 58,07% [2].

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Hamim Rachman, Annisa Kesy Garside, Heri Mujayin Kholik dengan judul penelitian “Usulan Pemeliharaan Sistem *Boiler* dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah hasil pemilihan tindakan pemeliharaan RCM terdapat satu komponen kritis yang direncanakan dengan pemeliharaan CD (*condition directed*), yaitu El Bow, dan 2 komponen kritis yang direncanakan dengan pemeliharaan TD (*time directed*) yaitu *gland seal steam* dan *check valve*. Interval penggantian optimum komponen dengan *Total Minimum Downtime* yaitu *gland seal steam* sebesar 37 hari dan *check valve* 58 hari. Dengan mengusulkan metode RCM sebagai metode pemeliharaan. Perbandingan pemeliharaan dapat dilihat adanya potensi penurunan rata –

rata *downtime* sebesar 11,33% dari pemeliharaan yang dilakukan perusahaan sekarang dengan usulan peneliti [3].

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Dyah Ika Rinawati, Nadia Cynthia Dewi dengan judul penelitian “Analisis Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) Menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Dan *Six Big Losses* Pada Mesin Cavitec Di PT. ESSENTRA Surabaya” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah berdasarkan hasil perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin Cavitec VD-02 PT. Essentra Surabaya selama periode Agustus 2013-Januari 2014 diperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berkisar antara 12,7074541% sampai 44,327957%. Nilai efektivitas ini tergolong sangat rendah karena standar nilai OEE untuk perusahaan kelas dunia idealnya adalah 85%. Kerugian dominan yang menyebabkan rendahnya nilai OEE pada mesin Cavitec VD-02 selama periode Agustus 2013-Januari 2014 adalah *idling and minor stoppages loss*, dengan *total time losses* 952,99 jam atau 41,077 % dari keenam faktor *six big losses* [4].

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Hery Suliantoro, Novie Susanto, Heru Prastawa, Iyain Sihombing, Anita M. dengan judul penelitian “Penerapan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Dan *Fault Tree Analysis* (FTA) Untuk Mengukur Efektifitas Mesin RENG” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk meningkatkan tingkat efektivitas mesin reng yaitu eliminasi *six big losses* mesin reng melalui perbaikan yang diberikan terhadap penyebab dasar dari masing-masing *six big losses*, mengembangkan program pemeliharaan untuk menjaga dan mempertahankan agar mesin tetap berada pada kondisi terbaiknya., dan meningkatkan kemampuan pengoperasian dan pemeliharaan mesin dengan cara melakukan pelatihan kepada semua operator mesin [5].

Berdasarkan studi literatur terdahulu yang dijabarkan diatas, penyelesaian permasalahan yang sesuai dengan studi kasus pada PT. TJB *Power Services* adalah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II untuk menganalisa penyebab dan akibat dari kegagalan yang terjadi pada mesin *Pulverizer* yang pada akhirnya didapatkan solusi pemeliharaan yang sesuai dengan mempertimbangkan berbagai faktor dalam analisa RCM agar dapat memaksimalkan produktivitas mesin *Pulverizer*.

2. Metode Penelitian

Dalam metode penelitian terdapat tiga tahapan antara lain sebagai berikut :

2.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian antara lain :

1. Data Primer

Data primer yaitu data yang didapatkan secara langsung dari sumber aslinya (tanpa perantara). Data tersebut dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu objek (benda fisik), kejadian atau kegiatan hasil pengujian. Data primer diperoleh dari metode-metode wawancara kepada pihak-pihak yang kompeten di PT.

TJB *Power Services* tentang permasalahan yang terjadi serta sebab dan akibat permasalahan tersebut.

2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang didapatkan secara tidak langsung. Data tersebut pada umumnya berbentuk dokumen, file, arsip atau catatan-catatan perusahaan serta dapat diperoleh dari dokumentasi perusahaan dan literatur yang berhubungan dengan penelitian selama periode tertentu. Data sekunder dalam penelitian ini adalah data-data kerusakan atau kegagalan pada mesin yang diteliti selama 1 tahun terakhir

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Dalam teknik pengumpulan data pada penelitian ini dengan cara observasi langsung pada keadaan lapangan, studi pustaka dengan kajian dari literatur dan identifikasi masalah.

1. Observasi

Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya di perusahaan di bagian perencanaan dan pemeliharaan mesin, dengan didaparkannya gambaran tersebut diharapkan dapat mengetahui pendekatan yang sesuai dalam efektifitas pada mesin saat proses produksi yang sedang berjalan yang dapat diterapkan di perusahaan. Observasi dilakukan pada bulan Oktober sampai Desember pada tahun 2019. Kegiatan observasi bertujuan untuk mendapatkan informasi-informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai tempat observasi adalah PT. TJB *Power Services* yang berlokasi di Desa Tubanan, Kecamatan Kembang, Kabupaten Jepara dengan objek pada mesin *Pulverizer Boiler*.

2. Studi Pustaka

Pada studi pustaka dilakukan dengan mencari referensi dari berbagai sumber berupa buku-buku, jurnal, artikel ilmiah, dan lain-lain yang dapat mendukung dan dapat digunakan dalam penelitian untuk menyelesaikan masalah sesuai dengan apa yang sedang dibahas (topik). Studi literatur berguna sebagai acuan penelitian untuk menganalisa permasalahan dan penyelesaian dengan metode-metode analisis.

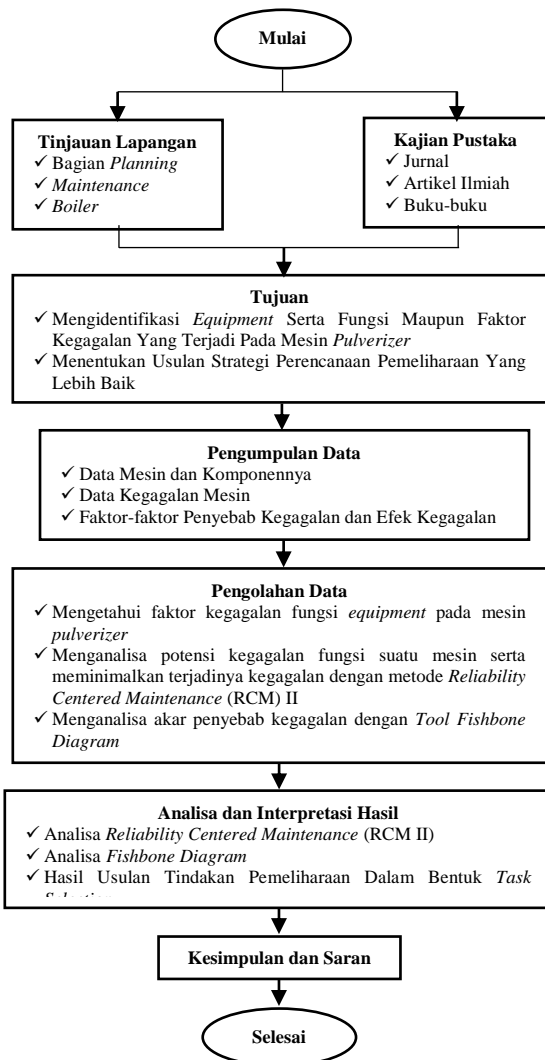
3. Wawancara

Dalam wawancara ini dilakukan untuk pengumpulan data yang diperoleh dari hasil wawancara dengan *engineer* di lapangan produksi, serta manajer dan staf di bagian *planning development* PT. TJB *Power Services*. Teknik ini didapatkan untuk memperoleh data kegagalan mesin, pemeliharaan mesin, data waktu kerja mesin dan alur kerja mesin pada mesin *Pulverizer Boiler* maupun data lainnya.

2.3 Diagram Alir

Pada diagram alir ini menggambarkan proses penelitian yang dilakukan, dimulai dari peninjauan lapangan di bagian *planning, maintenance* dan *boiler* serta mengkaji literatur-literatur terkait pada penelitian ini seperti jurnal, artikel ilmiah dan buku-buku. Selanjutnya merumuskan masalah dan tujuan dari hasil observasi tersebut. Setelah itu memulai pengumpulan data-data yang diperlukan dan mengolah data agar dapat menganalisa dan interpretasi hasil. Tahap terakhir

adalah penarikan kesimpulan dan saran. Gambaran jelasnya terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari penelitian adalah sebagai berikut :

3.1 System Description and Functional Block Diagram (FBD)

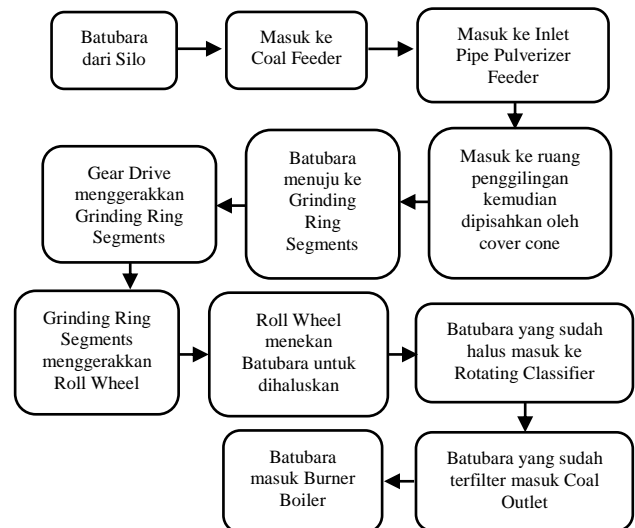
Pada deskripsi sistem, data yang sudah dikumpulkan pada tahap sebelumnya dimasukkan ke dalam formulir analisis sistem seperti pada tabel 1. Informasi dasar ini juga berfungsi sebagai catatan yang akan membantu dalam perbandingan selama perubahan dan peningkatan dalam desain atau operasi. Ini juga mengidentifikasi desain kunci dan parameter operasional yang secara langsung mempengaruhi kinerja fungsi sistem. *Functional Block Diagram* merupakan diagram yang berbentuk blok-blok yang menjelaskan mengenai fungsi dari setiap komponen beserta hubungan dari komponen satu dengan yang lainnya sehingga dapat terlihat dengan jelas pengaruh antar komponen [6].

Setelah semua data terkumpul, maka dapat dianalisa dari data-data tersebut. Dalam *system description* merupakan

penjelasan dari sistem yang akan dianalisa seperti pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1.
Typical RCM Analysis Form

RCM System Analysis (System Description)		
Date: Januari-November 2019	Plant: Unit 2	Location: Boiler
System Name: Proses Penggilingan Batubara	RCM Analyst(s):	
System ID: -	1.	
System Location: Mesin Pulverizer	2.	
Functional Description	Mesin yang digunakan untuk menghaluskan batu bara sampai berukuran 200 mesh yang akan digunakan sebagai bahan bakar pada boiler untuk memanaskan air menjadi uap kering untuk menggerakkan turbin.	
Key Parameters	Mencari solusi pemeliharaan yang lebih baik untuk mengurangi terjadi kegagalan pada mesin pulverizer.	
Key Equipment	Komponen-komponen mesin pulverizer.	
Redundancy Features	Kegagalan yang sering terjadi berulang-ulang.	
Safety Features	Menjaga mesin pulverizer agar tetap bekerja supaya proses produksi tidak berhenti.	



Gambar 2 Functional block diagram (FBD) mesin pulverizer

3.2 System Function And Functional Failure

Function (Fungsi) adalah kinerja yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi. *Sedangkan Functional Failure* (FF) merupakan ketidakmampuan suatu komponen atau sistem untuk memenuhi standar kinerja (*performance standard*) yang diharapkan. Data tersebut dimasukkan ke dalam formulir fungsi dan kegagalan fungsi yang ditunjukkan pada tabel 2 [7].

Dalam *system function and functional failure* ini untuk menganalisa fungsi serta kegagalan fungsi dari komponen-komponen mesin pulverizer yang dianalisa dalam Tabel 2.

Tabel 2.
System Function and Functional Failure

RCM							
Step 4 : System Function and Functional Failure							
Info : Function and Functional Failure							
Plant : Unit 2 Analyst : Kegagalan Fungsi							
System : Penggilingan Batubara Date : Januari-November 2019							
Komp. : Mesin Pulverizer							
No	Kode	Nama Item	Functions (F) Kode Fungsi	Failure Function (FF) Kode Kegagalan Fungsi			
1.	2PA	Yoke Seal	1.1 Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer.	1.1.1 Kebocoran pada yoke seal			
			Gear Box	1.2 Sebagai motor grinding ring segments.	1.2.1 Level indikasi oli pada gear box rendah		
					1.2.2 Pondasi motor rusak		
	Pyrite	1.3 Untuk memisahkan material asing yang tidak dihaluskan.	1.3.1 Line pyrite bocor				
			1.3.2 Manhole pyrite flow bocor				
	Coal Pipe	1.4 Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.	1.4.1 Coal pipe A6 bocor				
			1.4.2 Coal pipe outlet feeder bocor				
			1.4.3 Coal finnest bocor pada coal pipe A1 di area classifier				
			1.4.4 Coal pipe A3 bocor				
			1.4.5 Coal pipe A2 dan A6 bocor coal finnest pada coupling				
	2.	2PB	Pyrite	2.1 Untuk memisahkan material asing yang tidak dapat dihaluskan.	2.1.1 Line pyrite box bocor		
					2.1.2 Pyrite pipe line menuju pulverizer bocor		
Coal Pipe		2.2 Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.	2.2.1 Coal pipe B2 dan B3 bocor				
3.	2PC	Pyrite	3.1 Untuk memisahkan material asing yang tidak dapat dihaluskan.	3.1.1 Pipa pyrite ejector bocor			
			Hydraulic	3.2 Untuk penyetelan spring	3.2.1 Hydraulic stand mill no. 2 macet		
					3.2.2 Shaft O ring loading road bocor di sisi barat		
Coal Pipe	3.3 Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.	3.3.1 Coal pipe C1 bocor di area classifier					
		3.3.2 Coal finnest pipe C3 bocor di coupling pipe					
		3.3.3 Coal pipe C3 bocor					
4.	2PD	Pyrite	4.1 Untuk memisahkan material asing yang tidak dapat dihaluskan.	4.1.1 Pipa outlet/keluaran pada pyrite box bocor			
				4.1.2 Pyrite line bocor			
				4.1.3 Pyrite line pipe bocor dekat ejector			
	Upper Gate	4.2 Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer bagian atas.	4.2.1 Instrument air seal actuator upper gate bocor				
	Lower Gate	4.3 Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer bagian bawah.	4.3.1 Lower gate seal bocor				
	Coal Pipe	4.4 Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.	4.4.1 Coal finnest bocor pada swing V/V D5				
4.4.2 Coal finnest bocor pada swing valve D1							
4.4.3 Coal pipe D6 bocor							

Tabel 2.
Lanjutan

No	Kode	Nama Item	Functions (F) Kode Fungsi	Failure Function (FF) Kode Kegagalan Fungsi		
		Hydraulic	4.5 Untuk penyetelan spring	4.5.1 Hydraulic stand mill sisi selatan kebocoran pada selang		
				4.5.2 Filter B hydraulic unit kotor		
				4.5.3 Hydraulic stand mill sisi barat posisinya tidak seimbang		
				4.5.4 Tekanan hydraulic stand mill rendah sebesar 143 bar (tekanan normal saat full load sebesar 200 bar)		
5.	2PE	Hydraulic	5.1 Untuk penyetelan spring	5.1.1 Hydraulic stand no. 2 bocor		
				5.1.2 Hydraulic stand mill no. 1 bocor		
				5.1.3 Hydraulic stand mill filter B kotor		
	Coal Pipe	5.2 Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.	5.2.1 Coal finnest bocor pada plat yang aus di sisi barat			
			5.2.2 Coal finnest bocor pada coal pipe E2			
			5.2.3 Coal finnest bocor pada coal pipe E2			
Gear Box	5.3 Sebagai motor grinding ring segments.	5.3.1 Kebocoran oli dari poros gearbox				
		5.3.2 Pondasi motor rusak				
6.	2PF	Gear Box	6.1 Sebagai motor grinding ring segments.	6.1.1 Pondasi motor rusak		
				Pyrite	6.2 Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer bagian bawah.	6.2.1 Lower gate pyrites box gland packing bocor
6.2.2 Pyrite box limit switch lower gate rusak						
6.2.3 Fabrication lock actuator lower gate pyrite rusak						
6.2.4 Lower gate pyrite gland packing bocor						
6.2.5 Lower gate pyrite bocor						
6.2.6 Sealing lower gate pyrite box bocor						
Hydraulic	6.3 Untuk mengontrol tekanan pada hydraulic	6.3.1 Pelumas Hydraulic power unit bocor pada tabung konektor untuk mengukur tekanan				
		6.3.2 Pelumas Hydraulic power unit bocor pada tabung konektor untuk mengukur tekanan				
Hydraulic	6.4 Untuk penyetelan spring	6.4.1 Servo hydraulic stand bocor				

3.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mengidentifikasi mode kegagalan dari setiap komponen dari sistem dan menganalisis pengaruhnya terhadap *reliability* sistem tersebut. FMEA merupakan alat yang dapat digunakan untuk menganalisis *reliability* dari sebuah sistem dan penyebab terjadinya kegagalan sehingga dapat mencapai keandalan, keamanan sistem desain beserta proses [8].

Setelah diketahui fungsi dan kegagalan fungsi dari setiap mesin *pulverizer* pada unit 2, maka tahap selanjutnya menganalisa fungsi dan kegagalan fungsi tersebut dengan analisa metode FMEA pada Tabel 3.

Tabel 3.
Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)
 Sistem : Penggilingan Batubara Pada Mesin Pulverizer

No	Kode Pulverizer	Equipment	Function	Kode	Functional Faillure	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN		
1	2PA	Yoke Seal	Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer.	1.1.1	Kebocoran pada yoke seal	Terjadi gesekan pada yoke seal.	Batubara keluar dari pulverizer dan udara primer terbuang sehingga tekanan menurun dan tidak maksimal.	7	3	3	63		
		Gear Box	Sebagai motor penggerak grinding ring segments.	1.2.1	Level indikasi oli pada gear box rendah	Grear bor mengalami kebocoran pada oli Waktunya ganti oli	Dapat mengakibatkan rusaknya gear karena gesekan sebab kurangnya pelumas	5	2	1	10		
				1.2.2	Pondasi motor rusak	Baut rusak dan beton dudukan rusak karena getaran.	Gear box rumbuling, kinerjanya tidak maksimal.	6	4	2	48		
	Pyrite	Untuk memisahkan material asing yang tidak dapat dihaluskan.	1.3.1	Line pyrite bocor	Pengkaratan dan tidak dapat memisahkan material asing dengan sempurna karena adanya material asing yang menumpuk.	Pemisahan benda asing tidak maksimal sehingga mengganggu penggilingan batu bara menjadi lebih lama dan tidak efektif	7	5	3	105			
			1.3.2	Manhole pyrite flow bocor			7	5	3	105			
	Coal Pipe	Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner.	1.4.1	Coal pipe A6 bocor	Udara primer yang masih mengandung air dan pengaruh lingkungan sehingga terjadi pengkaratan, selain itu pemasangan coal pipe sudah mulai kendur karena adanya getaran dari pulverizer.	Batubara keluar dari pulverizer sehingga pengiriman batubara ke burner berkurang/tidak maksimal.	7	5	3	105			
			1.4.2	Coal pipe outlet feeder bocor			7	5	3	105			
			1.4.3	Coal finnest bocor pada coal pipe A1 di area classifier			7	5	3	105			
			1.4.4	Coal pipe A3 bocor			7	5	3	105			
			1.4.5	Coal pipe A2 dan A6 bocor coal finnest pada coupling			7	5	3	105			
	2	2PB	Pyrite	Untuk memisahkan material asing yang tidak dapat dihaluskan.	2.1.1	Line pyrite box bocor	Pengkaratan dan tidak dapat memisahkan material asing dengan sempurna karena adanya material asing yang menumpuk.	Pemisahan benda asing tidak maksimal sehingga mengganggu penggilingan batu bara menjadi lebih lama dan tidak efektif.	7	5	3	105	
					2.1.2	Pyrite pipe line menuju pulverizer bocor			7	5	3	105	
		Coal Pipe	Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.	2.2.1	Coal pipe B2 dan B3 bocor		Udara primer yang masih mengandung air dan pengaruh lingkungan sehingga terjadi pengkaratan, selain itu pemasangan coal pipe sudah mulai kendur karena adanya getaran dari pulverizer.	Batubara keluar dari pulverizer sehingga pengiriman batubara ke burner berkurang/tidak maksimal.	7	5	3	105	
Hydraulic	Untuk penyetelan spring	2.3.1	Hydraulic stand mill sisi selatan tidak seimbang	Hydraulic seal aus dan hydraulic oil bocor keluar dari cylinder.	Spring dan roll wheel tidak seimbang sehingga penggilingan tidak maksimal.	8	4	3	96				
3	2PC	Pyrite	Untuk memisahkan material asing yang tidak dapat dihaluskan.	3.1.1	Pipa pyrite ejector bocor	Pengkaratan dan tidak dapat memisahkan material asing dengan sempurna karena adanya material asing yang menumpuk.	Pemisahan benda asing tidak maksimal sehingga mengganggu penggilingan batu bara menjadi lebih lama dan tidak efektif.	7	5	3	105		
				Hydraulic	Untuk penyetelan spring	3.2.1	Hydraulic stand mill no. 2 macet	Hydraulic seal aus dan hydraulic oil bocor keluar dari cylinder.	Spring dan roll wheel tidak seimbang sehingga penggilingan tidak maksimal.	8	4	3	96
	3.2.2	Shaft O ring loading road bocor di sisi barat					8	4	3	96			
	Coal Pipe	Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.	3.3.1	Coal pipe C1 bocor di area classifier		Udara primer yang masih mengandung air dan pengaruh lingkungan sehingga terjadi pengkaratan, selain itu pemasangan coal pipe sudah mulai kendur karena adanya getaran dari pulverizer.	Batubara keluar dari pulverizer sehingga pengiriman batubara ke burner berkurang/tidak maksimal.	7	5	3	105		
					3.3.2	Coal finnest pipe C3 bocor di coupling pipe			7	5	3	105	
					3.3.3	Coal pipe C3 bocor			7	5	3	105	
	4	2PD	Pyrite	Untuk memisahkan material asing yang tidak dapat dihaluskan.	4.1.1	Pipa outlet/keluaran pada pyrite box bocor	Pengkaratan dan tidak dapat memisahkan material asing dengan sempurna karena adanya material asing yang menumpuk.	Pemisahan benda asing tidak maksimal sehingga mengganggu penggilingan batu bara menjadi lebih lama dan tidak efektif.	7	5	3	105	
					4.1.2	Pyrite line bocor			7	5	3	105	
					4.1.3	Pyrite line pipe bocor dekat ejector			7	5	3	105	
Upper Gate		Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer bagian atas.	4.2.1	Instrument air seal actuator upper gate bocor		Air seal upper gate aus	Batubara keluar dari pulverizer sehingga pengiriman batubara ke burner berkurang/tidak maksimal dan tekanan menurun	7	3	3	63		

Tabel 3.
Lanjutan

No	Kode Pulverizer	Equipment	Function	Kode	Functional Faillure	Failure Mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN			
4.	2PD	Lower Gate	Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer bagian bawah.	4.3.1	Lower gate seal bocor	Air seal lower gate aus	Batubara keluar dari pulverizer pengiriman ke burner maksimal.	7	3	3	63			
				4.4.1	Coal finest pada swing V/V D5	Udara primer yang masih mengandung air dan pengaruh lingkungan sehingga terjadi pengkaratan, selain itu pemasangan coal pipe sudah mulai kendur karena adanya getaran dari pulverizer.	Batubara keluar dari pulverizer pengiriman ke burner maksimal.	7	5	3	105			
								4.4.2	Coal finest bocor pada swing valve D1	7	5	3	105	
		4.4.3	Coal pipe D6 bocor	7	5	3	105							
		Hydraulic	Untuk penyetelan spring	4.5.1	Hydraulic stand mill sisi selatan kebocoran pada selang	Tekanan oli turun karena karena supply oli ke hydraulic berkurang	Spring dan roll wheel tidak seimbang sehingga penggilingan tidak maksimal.	8	4	3	96			
								4.5.2	Filter B hydraulic unit kotor	Belum dilakukan cleaning	5	4	3	60
								4.5.3	Hydraulic stand mill sisi barat posisinya tidak seimbang	Tekanan oli turun karena oil seal bocor	8	4	3	96
		5.	2PE	Hydraulic	Untuk penyetelan spring	5.1.1	Hydraulic stand no. 2 bocor	Oil seal rusak	Spring dan roll wheel tidak seimbang sehingga penggilingan tidak maksimal.	8	4	3	96	
						5.1.2	Hydraulic stand mill no. 1 bocor	Oil seal rusak		8	4	3	96	
						5.1.3	Hydraulic stand mill filter B kotor	Belum dilakukan cleaning		5	4	3	60	
5.1.4	Tekanan hydraulic stand mill rendah sebesar 143 bar (tekanan normal saat full load 200 bar)					Hydraulic seal aus dan hydraulic oil bocor keluar dari cylinder.	8	4		3	96			
Coal Pipe	Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke burner boiler.			5.2.1	Coal finest bocor pada plat yang aus di hydraulic sisi barat	Udara primer yang masih mengandung air dan pengaruh lingkungan sehingga terjadi pengkaratan, selain itu pemasangan coal pipe sudah mulai kendur karena adanya getaran dari pulverizer.	Batubara keluar dari pulverizer pengiriman ke burner maksimal.	7	5	3	105			
				5.2.2	Coal finest bocor pada coal pipe E2			7	5	3	105			
Gear Box	Sebagai motor penggerak grinding ring segments.			5.3.1	Kebocoran oli dari poros gearbox	Poros gearbox rusak	Dapat mengakibatkan rusaknya gearbox keseluruhan karena gesekan sebab kurangnya pelumas.	8	2	3	48			
				5.3.2	Pondasi motor rusak	Baut rusak dan beton dudukan rusak karena getaran.	Gear box rumberling, kinerjanya tidak maksimal.	6	4	2	48			
6.	2PF			Gear Box	Sebagai motor penggerak grinding ring segments.	6.1.1	Pondasi motor rusak	Baut rusak dan beton dudukan rusak karena getaran.	Gear box rumberling, kinerjanya tidak maksimal.	6	4	2	48	
				Pyrite	Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer bagian bawah.	6.2.1	Lower gate pyrites box gland packing bocor	Pengkaratan dan tidak dapat memisahkan material asing dengan sempurna karena adanya material asing yang menumpuk serta air seal lower gate aus.	Pemisahan benda asing tidak maksimal sehingga mengganggu penggilingan batu bara menjadi lebih lama dan tidak efektif serta batubara keluar dari pulverizer sehingga pengiriman ke burner berkurang/tidak maksimal..	7	5	3	105	
		6.2.2	Pyrite box limit switch lower gate rusak			7	5			3	105			
		6.2.3	Fabrication lock actuator lower gate pyrite rusak			7	5			3	105			
		6.2.4	Lower gate pyrite gland packing bocor			7	5			3	105			
		6.2.5	Lower gate pyrite bocor			7	5			3	105			
		6.2.6	Sealing lower gate pyrite box bocor			7	5			3	105			
		Hydraulic Power Unit	Untuk mengontrol tekanan pada hydraulic	6.3.1	Pelumas Hydraulic unit bocor pada tabung konektor untuk mengukur tekanan	Tabung konektor lepas	Tekanan oli pada hydraulic tidak seimbang karena tidak terkontrol	8	1	3	24			
		Hydraulic	Untuk penyetelan spring	6.4.1	Servo hydraulic stand bocor	Hydraulic seal aus	Hydraulic tidak seimbang, tekanan tidak terkontrol.	8	4	3	96			

Di dalam tabel di atas terdapat kode mesin seperti 2PA yang artinya mesin *pulverizer* A pada unit 2. Selain itu terdapat nilai S (*Severity*) yang mendefinisikan dampak terburuk akibat dari adanya kegagalan atau tingkat kerusakan, O (*Occurency*) atau tingkatan seberapa sering komponen mengalami kegagalan, D (*Detection*) atau tingkat pengukuran terhadap kemampuan dalam pengendalian atas kegagalan yang terjadi dan nilai RPN (*Risk Priority Number*) yaitu hasil perkalian dari nilai S,O,D untuk mengukur tingkat prioritas resiko yang diutamakan terlebih dahulu guna dilakukan pemeliharaan. Berdasarkan perhitungan RPN di atas diperoleh 6 *equipment* mesin *pulverizer* yang menjadi prioritas dilakukan pemeliharaan. Data tersebut kemudian dianalisa menggunakan LTA untuk dianalisa kekritisannya.

3.4 Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) dapat menunjukkan jenis kegiatan pemeliharaan (*maintenace task*) yang mana yang layak dan optimal yang digunakan untuk mengatasi masing-masing pada *failure mode*. Tujuan tahap ini adalah memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dari fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Proses RCM menggunakan tiga pertanyaan logika yang sederhana atau struktur keputusan untuk mempermudah analis secara akurat menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Analisis kekritisan dari mode kegagalan ditempatkan dalam satu dari empat kategori penting [8].

Setelah melakukan analisa menggunakan metode FMEA, langkah selanjutnya dianalisa menggunakan metode LTA. Berdasarkan kesimpulan analisa dari FMEA maka diperoleh 6 kegagalan yang terjadi pada mesin *pulverizer* yang menjadi prioritas dilakukan pemeliharaan. Analisa LTA tersebut dianalisa dalam bentuk tabel. Di dalam tabel tersebut terdapat *critically analysis* atau analisa kekritisan dari kegagalan yang terjadi. Analisa tersebut terdiri dari *evident*, *safety*, *outage* serta *category*. Untuk analisa *evident*, *safety*, dan *outage* berisikan pertanyaan tentang kegagalan yang dianalisa dan dijawab dengan *Yes* (Y) yang artinya ya terdapat analisa kekritisan tersebut atau *No* (N) yang artinya tidak terdapat analisa kekritisan tersebut. Pertanyaannya antara lain untuk *evident* yaitu apakah operator dalam kondisi normal dapat mengetahui bahwa telah terjadi adanya kegagalan? Dan untuk *safety* yaitu apakah adanya kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan? Serta untuk *outage* yaitu apakah mode kegagalan ini dapat mengakibatkan seluruh atau sebagian sistem terhenti?. Sedangkan *category* terdiri dari 4 kasifikasi, antara lain yaitu kategori A atau *safety problem* yang artinya apabila mode kegagalan mempunyai konsekuensi membahayakan keselamatan bahkan menyebabkan kematian pada seseorang, yang kedua kategori B atau *outage problem* yang artinya mode kegagalan dari suatu komponen dapat menyebabkan sistem kerja komponen terhenti sebagian atau keseluruhan, yang ketiga kategori C atau *economic problem* yang artinya apabila mode kegagalan tidak mempunyai konsekuensi *safety* maupun operasional hanya mempengaruhi biaya perbaikan, dan terakhir kategori D atau *hidden failure* yang artinya apabila mode kegagalan dapat memicu kegagalan

lainnya. Berikut merupakan analisa menggunakan metode LTA pada Tabel 4.

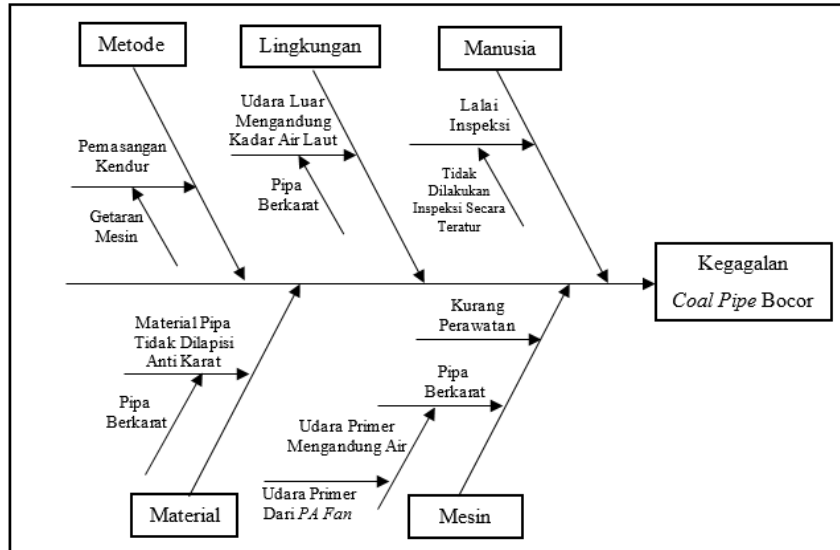
Tabel 4.
Logic Tree Analysis

No.	Equipment	Function	Failure Mode	Critically Analysis			
				Evidents	Safety	Outage	Category
1.	Coal Pipe	Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke <i>burner boiler</i> dan batubara dari <i>coal feeder</i> ke ruang penggilingan.	Udara primer yang masih mengandung air dan pengaruh lingkungan sehingga terjadi pengkaratan, selain itu pemasangan <i>coal pipe</i> sudah mulai kendur karena adanya getaran dari <i>pulverizer</i> .	Y	Y	N	A
2.	Pyrite	Untuk memisahkan material asing dan batubara yang tidak dapat dihaluskan.	Pengkaratan dan tidak dapat memisahkan material asing dengan sempurna karena adanya material asing yang menumpuk.	Y	N	N	D
3.	Hydraulic	Untuk penyetelan <i>spring</i> .	<i>Hydraulic seal</i> aus dan <i>hydraulic oil</i> bocor keluar dari <i>cylinder</i> .	Y	Y	Y	B
4.	Upper Gate	Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari <i>pulverizer</i> bagian atas.	<i>Air seal upper gate</i> aus.	Y	Y	N	D
5.	Lower Gate (Yoke Seal)	Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari <i>pulverizer</i> bagian bawah.	<i>Air seal lower gate</i> aus.	Y	Y	N	D
6.	Gear Box	Sebagai motor penggerak <i>grinding ring segments</i> .	Baut rusak dan beton dudukan rusak karena getaran dan kurangnya oli karena mengalami kebocoran oli.	Y	N	Y	B

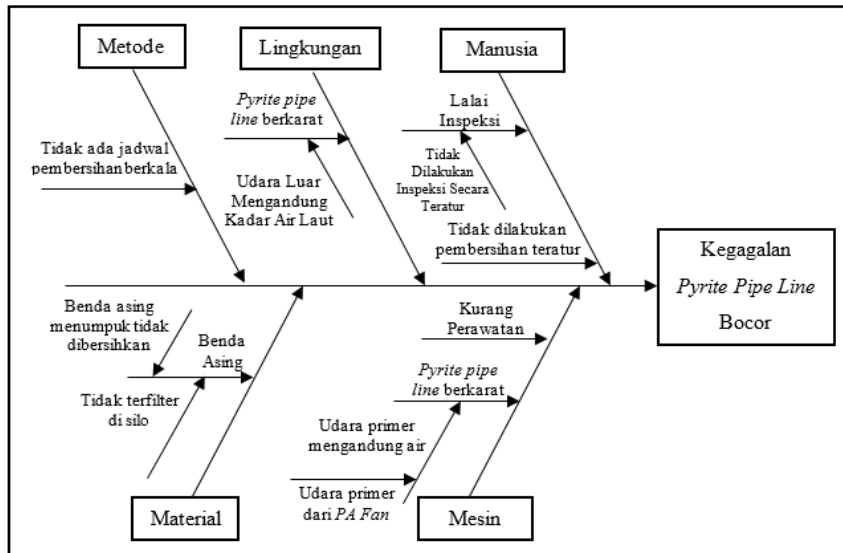
3.5 Fishbone Diagram

Menurut [9] diagram *fishbone* berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang mempengaruhi kualitas dan akibat dari masalah yang diteliti serta mengidentifikasi faktor-faktor secara detail atau terperinci yang digambarkan dalam bentuk panah-panah seperti tulang ikan. Prinsip yang digunakan dalam membuat diagram ini adalah *brainstorming* atau sumbang saran.

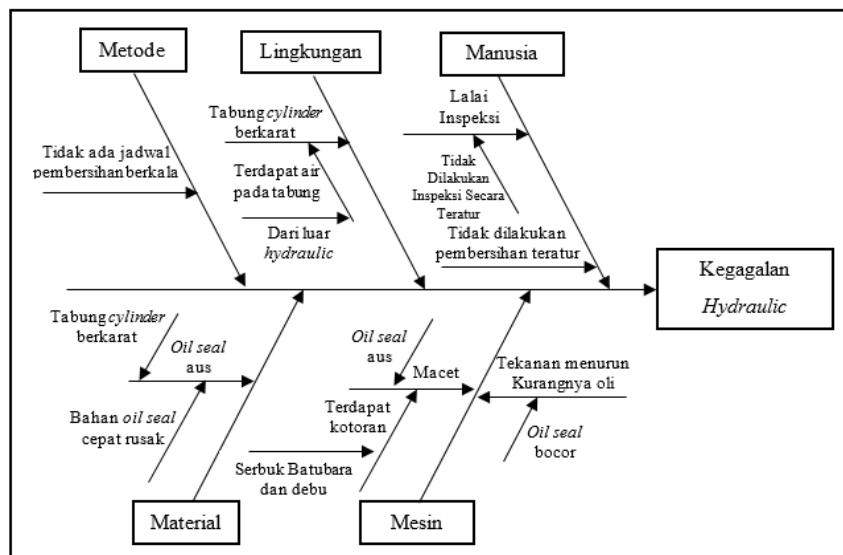
Dari analisa kegagalan yang sudah dilakukan, ada beberapa kegagalan yang masih belum dianalisa akar penyebabnya. Oleh sebab itu, langkah terakhir dalam penelitian ini adalah menganalisa akar penyebab kegagalan dengan menggunakan *fishbone* diagram yang digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan yang tepat dalam Gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3 Fishbone Diagram Kegagalan Coal Pipe Bocor



Gambar 4 Fishbone Diagram Kegagalan Pyrite Pipe Line Bocor



Gambar 5 Fishbone Diagram Kegagalan Hydraulic Bocor

3.6 Task Selection

Setelah dilakukan analisa menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*, langkah selanjutnya yaitu interpretasi data yang bertujuan membandingkan hasil pengolahan data atau analisa data dengan konsep yang digunakan dalam penelitian. Berdasarkan analisa RCM II, langkah pertama adalah menentukan sistem yang akan dianalisa beserta *functional block diagram (FBD)* dari sistem mesin yang dianalisa tersebut. Kedua menganalisa fungsi dan kegagalan fungsi dari sistem yang dianalisa. Setelah teridentifikasi sistem yang akan dianalisa beserta fungsi dan kegagalan fungsi dari sistem tersebut, maka diidentifikasi menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk menganalisa mode kegagalan dan efek kegagalan dari setiap kegagalan yang terjadi di masing-masing *equipment*, serta dicari tingkat prioritas risiko atau

Risk Priority Number (RPN) yang tertinggi yang akan dilakukan tindakan pemeliharaan karena merupakan komponen yang kritis.

Selanjutnya berdasarkan hasil analisa FMEA akan dianalisa dengan menggunakan metode *Logic Tree Analysis (LTA)* untuk menganalisa kekritisan kegagalan dan yang terakhir menggunakan *tool fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan secara detail yang akan digunakan sebagai salah satu dasar menentukan tindakan pemeliharaan yang tepat pada setiap *equipment*. Kemudian setelah dilakukan analisa RCM II maka dihasilkan *Task Selection* atau tindakan pemeliharaan yang tepat untuk setiap kegagalan dari masing-masing *equipment* [10]. Jadi usulan pemeliharaan yang tepat atau strategi perencanaan pemeliharaan berdasarkan pengolahan data dan analisa dalam bentuk RCM II *Decision Worksheet* pada Tabel 5.

Tabel 5. Usulan Strategi Perencanaan Pemeliharaan RCM II *Decision Worksheet* Mesin *Pulverizer* Unit 2

No Equipment	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure Mode (FM)	Consequence Evaluation				Faktor Proses	Maintenance Task	Maintenance Category
				H	S	E	O			
1. Coal Pipe	Untuk menghubungkan batubara hasil penggilingan ke <i>burner boiler</i> dan batubara dari <i>coal feeder</i> ke ruang penggilingan.	<i>Coal pipe inlet</i> dan <i>outlet</i> bocor	Udara primer yang masih mengandung air dan pengaruh lingkungan sehingga terjadi pengkaratan, selain itu pemasangan coal pipe sudah mulai kendur karena adanya getaran dari <i>pulverizer</i> .	N	Y	Y	N	Manusia Lingkungan Metode Mesin Material	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi dan memakai APD lengkap agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam melakukan tindakan pemeliharaan.	PdM
				Dilakukan tindakan <i>cleaning</i> secara berkala dan teratur pada <i>equipment coal pipe</i> agar tidak terdapat kotoran maupun air yang dapat merusak <i>equipment</i> tersebut.	PM					
				Dilakukan pengecekan secara berkala apakah <i>equipment</i> dalam keadaan yang sesuai atau tidak agar dapat diketahui sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar.	PdM					
				Melakukan optimalisasi pada udara primer dari <i>primary air heater</i> agar tidak mengandung air yang dapat merusak <i>equipment coal pipe</i> pada mesin <i>pulverizer</i> .	CM					
				<i>Coal pipe</i> dilapisi cat anti karat agar tidak terjadi proses korosi pada <i>equipment</i> tersebut yang dapat memperpanjang umur <i>equipment</i> .	PM					
2. Pyrite	Untuk memisahkan material asing dan batubara yang tidak dapat dihaluskan.	<i>Pyrite pipe line inlet</i> dan <i>outlet</i> bocor	Pengkaratan dan tidak dapat memisahkan material asing dengan sempurna karena adanya material asing yang menumpuk.	Y	N	Y	N	Manusia Lingkungan dan Metode Mesin Material	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk membersihkan material yang sudah dipisahkan oleh <i>pyrite</i> agar tidak menumpuk dan mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi.	PdM
				Dilakukan tindakan <i>cleaning</i> atau pembersihan secara berkala dan teratur pada <i>equipment pyrite</i> agar tidak terdapat kotoran maupun air yang dapat merusak <i>equipment</i> tersebut karena udara luar mengandung kadar air laut.	PM					
				Melakukan optimalisasi pada udara primer dari <i>primary air heater</i> agar tidak mengandung air yang dapat merusak <i>equipment pyrite</i> pada mesin <i>pulverizer</i> .	CM					
				Melakukan optimalisasi kembali pada <i>equipment filter silo</i> agar tidak terdapat benda asing yang masuk ke dalam <i>pulverizer</i> selain batubara.	PM					
3. Hydraulic	Untuk penyetelan spring.	<i>Hydraulic Stand Mill</i> tidak seimbang, macet, kurang oli dan <i>seal</i> bocor.	<i>Hydraulic seal</i> aus dan <i>hydraulic oil</i> bocor keluar dari <i>cylinder</i> .	N	Y	Y	Y	Manusia Lingkungan dan Metode Mesin dan Material	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi.	PdM
				Dilakukan tindakan <i>cleaning</i> secara berkala dan teratur pada <i>equipment hydraulic</i> agar tidak terdapat kotoran, serbuk batubara maupun air yang dapat menimbulkan korosi dan macet pada <i>equipment</i> tersebut.	PM					
				Dilakukan penggantian <i>oil seal</i> dengan kualitas yang lebih baik.	CM					
4. Upper Gate	Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari <i>pulverizer</i> bagian atas.	<i>Air seal upper gate</i> bocor.	<i>Air seal upper gate</i> aus.	Y	Y	Y	N	Manusia dan Mesin Metode	Dilakukan tindakan <i>cleaning</i> saat mesin tidak beroperasi pada <i>equipment air seal</i> agar tidak terdapat kotoran yang dapat memicu gesekan dan merusak <i>equipment</i> tersebut dan memakai APD lengkap agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam melakukan tindakan pemeliharaan.	PM
				Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi.	PdM					

Tabel 5.
Lanjutan

No	Equipment	Function (F)	Functional Failure (FF)	Failure Mode (FM)	Consequence Evaluation				Faktor Proses	Maintenance Task	Maintenance Category
					H	S	E	O			
5.	Lower Gate (Yoke Seal)	Untuk mencegah udara primer dan serbuk batubara keluar dari pulverizer bagian bawah.	Air seal lower gate bocor.	Air seal lower gate aus.	Y	Y	Y	N	Manusia dan Mesin	Dilakukan tindakan <i>cleaning</i> saat mesin tidak beroperasi pada <i>equipment air seal</i> agar tidak terdapat kotoran yang dapat memicu gesekan dan merusak <i>equipment</i> tersebut dan memakai APD lengkap agar tidak terjadi kecelakaan kerja dalam melakukan tindakan pemeliharaan..	PM
									Metode	Dilakukan inspeksi secara berkala dan teratur untuk mencari indikasi kegagalan yang mungkin dapat terjadi.	PdM

Pada tabel 5 di atas merupakan hasil analisa menggunakan metode FMEA, LTA dan *Fishbone Diagram* yang dimasukkan ke dalam bentuk RCM II *Decision Worksheet*. Mulai dari *equipment* sampai *failure mode* merupakan hasil analisa FMEA. Sedangkan pada *consequence evaluation* merupakan hasil analisa LTA dimana H adalah *hidden failure*, S adalah *safety problem*, E adalah *economic problem*, O adalah *outage problem*. Hasilnya dalam bentuk *maintenance task* yang dikelompokkan dalam beberapa kategori pemeliharaan antara lain yaitu *preventive maintenance* (PM) atau tindakan perawatan yang dilakukan secara langsung terhadap sumber kerusakan, *predictive maintenance* (PdM) atau tindakan perawatan dengan melakukan pemeriksaan dan inspeksi, *corrective maintenance* (CM) atau tindakan perawatan yang dilakukan dengan tujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan di PT. TJB *Power Services* Unit 1 dan 2 pada mesin *Pulverizer* dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diperoleh data kegagalan yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi antara lain pada *equipment coal pipe*, *pyrite*, *hydraulic*, *upper gate* dan *lower gate* yang menjadi prioritas untuk dilakukannya tindakan pemeliharaan lebih lanjut. *Equipment-equipment* tersebut memiliki kekritisannya masing-masing antara lain *coal pipe* pada keselamatan dan operator, sedangkan *pyrite* pada operator dan kegagalan lain, *hydraulic* pada operator, keselamatan dan mesin dapat berhenti bekerja serta *upper gate* dan *lower gate* pada operator, keselamatan dan kegagalan lain. Yang terakhir *gearbox* pada operator dan mesin dapat berhenti bekerja. Akar penyebab dari kegagalan-kegagalan yang terjadi sebenarnya antara lain yaitu penyebab kebocoran karena korosi disebabkan oleh udara primer mengandung air, udara luar mengandung kadar air laut dan tidak adanya inspeksi maupun pembersihan secara berkala pada *equipment coal pipe*. Sedangkan pada *equipment pyrite* terdapat benda asing yang masuk ke *pulverizer* karena tidak terfilter di silo dan tidak dilakukan pembersihan pada benda asing atau tidak dapat dihaluskan yang menumpuk di *pyrite*. Dari hasil analisa permasalahan tersebut dapat diberikan usulan perbaikan tindakan pemeliharaan untuk strategi perencanaan pemeliharaan dalam bentuk *Task Selection RCM II Decision Worksheet*. Mengusulkan tindakan pemeliharaan yang tepat dan sesuai berdasarkan analisa dengan metode *Reliability*

Centered Maintenance (RCM) II sebagai upaya meningkatkan produktivitas mesin yang sebelumnya belum optimal atau maksimal pada saat mesin beroperasi untuk meminimalkan terjadinya kegagalan pada mesin *pulverizer boiler* yang akan meningkatkan keandalan mesin untuk memaksimalkan produktivitas dari mesin tersebut.

Referensi

- [1] R. B. P. Sari and S. Kromodihardjo, "Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (Studi Kasus : PLTU Paiton Unit 3)," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 155–160, 2015.
- [2] H. C. Palit and W. Sutanto, "Perancangan RCM Untuk Mengurangi Downtime Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Aluminium," *Pros. Semin. Nas. Manaj. Teknol. XV*, pp. 1–7, 2012.
- [3] H. Rachman, A. K. Garside, and H. M. Kholik, "Usulan Pemeliharaan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *J. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 01, pp. 86–93, 2017.
- [4] D. I. Rinawati and N. C. Dewi, "Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Six Big Losses Pada Mesin Cavitec Di PT. ESSENTRA Surabaya," *Pros. SNATIF Ke-1*, pp. 21–26, 2014.
- [5] H. Suliantoro, N. Susanto, H. Prastawa, I. Sihombing, and M. Anita, "Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Mengukur Efektifitas Mesin Reng," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 105–118, 2017.
- [6] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, A. Raouf, J. Knezevic, and D. Ait-Kadi, *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. London: British Library Cataloguing, 2009.
- [7] M. T. Azis, M. S. Suprawhardana, and T. P. Purwanto, "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Berbasis Web Pada Sistem Pendingin Primer Di Reaktor Serba Guna GA. SIWABESSY," *JFN*, vol. 4, no. 1, pp. 81–98, 2010.
- [8] A. M. Smith and Glenn R. Hoinchcliffe, *Reliability Centered Maintenance*. New York: Mc Graw-Hill Inc, 2004.
- [9] Heizer, Jay, and B. Render, *Manajemen Operasi*, Edisi Ketu. Jakarta, 2010.
- [10] J. Moubray, *Reliability Centered Maintenance 2nd Edition*. New York: Industrial Press Inc. Madison Avenue, 1997.