
UPAYA MENURUNKAN *BREAKDOWN* PADA PERALATAN *CHAIN GRATE BOILER* DENGAN KOMBINASI METODE *FMEA* DAN *FTA* PT. ANGLP

Tatan Zakaria¹, Anita Dyah Juniarti²,
Saefudin³, Arif Budi Sulisty⁴

^{1,2,3,4}*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru Raya II No. 73, Kel. Cipare, Kec. Serang, Kota Serang 42117*

*Tizet.tasmal@gmail.com¹, anitadyahjuniarti@unbaja.co.id², saefudin.01@gmail.com³,
arif.b.sulistyo@gmail.com⁴*

ABSTRACT

Chain Grate Boiler is a vital production engine driver in a factory environment, steam boilers are highly expected for their performance and reliability. Based on history in 2018-2021 boilers in the power plant division experienced an increase in damage or breakdown from the previous year as much as 16 times. Components in chain grate boilers such as chain grate, electric motors, slage conveyors and steam pipelines on the preheater and superheater lines, the main problem of this research is how to reduce the breakdown of Chain Grate Boiler equipment, how to repair and maintain it by analyzing using the FMEA and FTA methods that aims to determine the highest damage value or Risk Priority Number. Based on the results of the analysis, it was found that the highest value of damage to the chain grate boiler equipment was in the chain grate part which produced an RPN value of 486 points which was the highest value of the other equipment analyzed. Furthermore, to find out the root of the problem using the FTA method where four problems were found, namely: understanding of each operator is different, fuel scarcity, purchasing of spare parts indented, and regulation of budget constraints. From these results the researchers got suggestions for improvements using 5W + 1H, namely by evaluating and retraining boiler operators, using different fuels such as household waste, purchasing spare parts with good quality that does not take long and focusing the purchase budget for chain grate boiler equipment.

Keywords: *Power plant, Chain Grate Boiler, FMEA, FT*

ABSTRAK

Chain Grate Boiler merupakan penggerak mesin produksi yang vital dalam lingkungan pabrik, ketel uap sangat diharapkan peforma dan kehandalannya. Berdasarkan histori pada tahun 2018-2021 boiler di divisi power plant mengalami peningkatan kerusakan atau breakdown dari tahun sebelumnya sebanyak 16 kali. Komponen pada chain grate boiler seperti chain grate, motor listrik, slage conveyor dan jalur pipa steam pada line preheater dan superheater, permasalahan utama penelitian ini adalah bagaimana cara menurunkan breakdown peralatan Chain Grate Boiler, cara perbaikan serta perawatannya dengan menganalisa menggunakan metode FMEA dan FTA yang bertujuan untuk mengetahui nilai kerusakan tertinggi atau Risk Priority Number. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan ditemukan bahwa nilai tertinggi kerusakan pada peralatan chain

grate *boiler* yaitu pada chain grate part yang menghasilkan nilai RPN sebesar 486 poin yang merupakan nilai tertinggi dari peralatan lain yang dianalisa. Selanjutnya untuk mengetahui akar permasalahan menggunakan metode FTA dimana ditemukan empat masalah yaitu: pemahaman setiap operator berbeda, kelangkaan bahan bakar, pembelian sparepart inden, dan regulasi keterbatasan budget. Dari hasil tersebut peneliti mendapatkan usulan perbaikan dengan menggunakan 5W+1H, yaitu dengan melakukan evaluasi dan pelatihan ulang terhadap operator *boiler*, menggunakan bahan bakar yang berbeda seperti limbah rumah tangga, melakukan pembelian sparepart dengan kualitas baik yang tidak memakan waktu lama dan memfokuskan budget pembelian untuk peralatan chain grate *boiler*.

Kata kunci : *Power plant, Chain Grate Boiler, FMEA, FTA*

1. PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah pabrik gula menyebabkan persaingan semakin ketat. Untuk tetap kompetitif, PT. AGL Products berupaya mengoptimalkan produksi tanpa menurunkan kualitas. Dalam lima tahun terakhir, produksi harian meningkat dari 1.200 ton menjadi 1.500 ton, namun masih belum mencapai target 1.750 ton per hari.

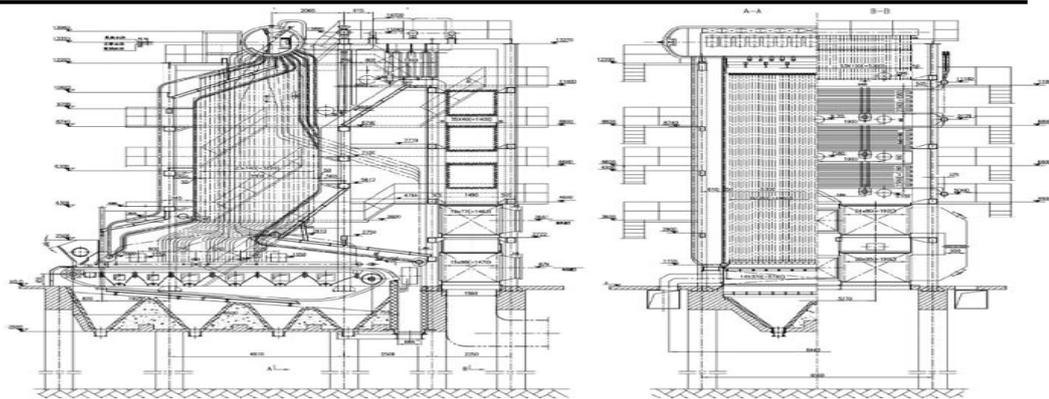
Chain Grate Boiler (CGB) merupakan mesin vital dalam proses produksi, sehingga performa dan keandalannya sangat penting. Kerusakan kecil pada komponen dapat menghentikan operasi dan menurunkan output produksi.

Data operasional menunjukkan lonjakan kerusakan *boiler* pada 2021 sebanyak 16 kali, meningkat dibanding tahun 2018 (4 kali), 2019 (8 kali), dan 2020 (10 kali). Kerusakan mencakup chain grate menabrak casing, rel bengkok, pecahnya pipa uap akibat abrasi debu, dan overheating.

Gangguan pada *boiler* menghambat proses produksi dan menyebabkan target produksi tidak tercapai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Boiler atau ketel uap adalah bejana tertutup yang berfungsi mengubah air dalam pipa menjadi uap panas (*steam*) melalui proses pembakaran di ruang bakar (*furnace*). Peran *boiler* sangat penting sebagai mesin konversi energi penghasil uap bertekanan (*steam*), baik sebagai energi untuk pembangkit listrik maupun uap bertekanan sebagai uap proses produksi (*extracted steam*). Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya bahwa untuk menghasilkan energi listrik dari PLTU dibutuhkan penghasil uap bertekanan yang terus-menerus dapat menggerakkan atau memutar turbin uap (Zakaria, 2021).



(Sumber: Manual Books Wuxi Zosen Ltd Type ZZ-40/3.82-AIII XA 0701, 2010)

ZZ-40/3.82-AIII XA 0701 adalah salah satu ketel uap tipe *Chain Grate Boiler* (*stokker grate*) yang digunakan di PT. ANGLP, diproduksi oleh Wuxi Zosen Ltd. *Boiler* ini memiliki kapasitas produksi uap 40 ton per jam dengan tekanan 28,0 Bar dan suhu 380°C. *Boiler Chain Grate* diklasifikasikan berdasarkan metode pengumpanan bahan bakar dan jenis grate-nya. Tipe ini, seperti *spreader stoker* dan *chain grate*, membakar batubara di atas *grate* yang digerakkan motor listrik. Batubara diumpankan terus-menerus ke dalam furnace dan terbakar di atas *bed* pembakaran pada suhu sekitar 500°C–750°C sebelum menjadi abu bawah (*bottom ash*). Pengoperasian *boiler* ini memerlukan keahlian khusus dalam mengatur kecepatan *grate*, *dumper* udara, dan *baffle* agar pembakaran berlangsung efisien dan karbon tak terbakar seminimal mungkin.

2.1. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) merupakan metode yang banyak digunakan untuk menganalisis kegagalan fungsi mesin dan penurunan produktivitas. Metode ini bertujuan mengidentifikasi potensi kegagalan serta dampaknya, guna merencanakan proses produksi yang lebih baik dan mencegah kerugian (Zuraida et al., 2012). FMEA juga membantu mengantisipasi kerusakan dengan memberikan rekomendasi perbaikan sebelum masalah berdampak pada pelanggan.

2.2. TAHAPAN PEMBUATAN FMEA

Untuk menentukan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dalam analisis FMEA, kuisisioner diisi oleh individu yang memiliki pengalaman, otoritas, dan pemahaman mendalam terhadap proses di dalam organisasi. Nilai keparahan (*Severity/S*), kemungkinan terjadi (*Occurrence/O*), dan deteksi (*Detection/D*).

Proses penyusunan FMEA terdiri dari sepuluh langkah berikut:

1. Menganalisis dan mempelajari proses.
2. Mengidentifikasi mode kegagalan potensial (*potential failure modes*).
3. Menentukan dampak potensial dari setiap kegagalan.
4. Menilai tingkat keparahan (*severity*) dari masing-masing kegagalan.
5. Menentukan tingkat kemungkinan terjadinya (*occurrence*).
6. Menentukan kemampuan deteksi (*detection*) atas kegagalan atau dampaknya.
7. Menghitung nilai RPN untuk setiap kegagalan.

8. Menyusun prioritas berdasarkan RPN untuk menentukan tindakan perbaikan.
9. Melaksanakan tindakan untuk mengurangi atau menghilangkan kegagalan yang dominan.
10. Melakukan evaluasi ulang dan menghitung kembali nilai RPN setelah tindakan perbaikan.

Kesepuluh tahapan tersebut dituangkan ke dalam lembar kerja *FMEA* yang dapat dilihat pada Tabel 2.1., 2.2, 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.1.Kriteria *Severity FMEA*

Ranking	Kategori	Deskripsi Efek
10	Berbahaya (Tanpa Peringatan)	Dapat membahayakan konsumen; tidak sesuai peraturan pemerintah; tanpa peringatan.
9	Berbahaya (Dengan Peringatan)	Dapat membahayakan konsumen; tidak sesuai peraturan; ada peringatan.
8	Sangat Tinggi	Mengganggu 100% produksi; semua produk menjadi <i>scrap</i> ; pelanggan sangat tidak puas.
7	Tinggi	Gangguan sebagian besar produksi; sebagian besar produk <i>scrap</i> ; pelanggan tidak puas.
6	Sedang	Sebagian kecil produk <i>scrap</i> ; sisanya baik tanpa perlu dipilih; pelanggan tidak puas.
5	Rendah	100% produk bisa diperbaiki; pasti dikembalikan oleh konsumen.
4	Sangat Rendah	Sebagian besar produk bisa diperbaiki sisanya baik; kemungkinan dikembalikan.
3	Kecil	Hanya sedikit yang diperbaiki; sisanya baik; rata-rata pelanggan komplain.
2	Sangat Kecil	Komplain hanya dari pelanggan tertentu.
1	Tidak Ada	Tidak ada efek sama sekali bagi konsumen.

(Sumber: Robin E. McDermot, *The Basic of FMEA*)

Berikut ini adalah hal-hal yang diidentifikasi menurut Rusmiati, E. (2014) dikutip dari (McDermott, 2009) dalam proses FMEA yaitu : **Tahapan Utama dalam FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)**

1. ***Process Function Requirement***
Mendeskripsikan secara lengkap dan jelas proses yang dianalisis, termasuk semua operasi yang terlibat.
2. ***Potential Failure Mode***
Mengidentifikasi cara-cara proses bisa gagal, baik dari proses itu sendiri, akibat proses sebelumnya, atau yang berdampak pada proses selanjutnya.
3. ***Potential Effect of Failure***
Menjelaskan dampak kegagalan terhadap konsumen, termasuk aspek keselamatan atau pelanggaran peraturan.

4. **Severity (Keparahan)**
Menilai tingkat keparahan akibat kegagalan, diberi skor dari 1 (tidak parah) hingga 10 (sangat parah atau membahayakan).
5. **Class (Klasifikasi)**
Menandai karakteristik khusus dari produk atau komponen yang memerlukan pengendalian proses tambahan.
6. **Potential Cause (Penyebab Potensial)**
Menyebutkan secara rinci kemungkinan penyebab terjadinya setiap kegagalan.
7. **Occurrence (Kecenderungan Terjadi)**
Menilai seberapa sering kegagalan terjadi, dengan skala 1–10; makin sering terjadi, makin tinggi nilainya.

Kriteria *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2. Kriteria *Occurance FMEA*

Peluang Terjadinya Penyebab Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Ranking
Sangat Tinggi	1 dalam 2	10
	1 dalam 3	9
Tinggi	1 dalam 8	8
	1 dalam 20	7
Sedang	1 dalam 80	6
	1 dalam 400	5
	1 dalam 2.000	4
Rendah	1 dalam 15.000	3
	1 dalam 150.000	2
Sangat Kecil	1 dalam 1.500.000	1

(Sumber: Robin E. McDermot, *The Basic of FMEA*)

8. **Current Process Control**
Merupakan langkah atau sistem pengendalian saat ini yang diterapkan dalam proses untuk :
 - a. Mencegah terjadinya kesalahan sejak awal, atau
 - b. Mendeteksi kesalahan yang mungkin terjadi sebelum sampai ke konsumen.

Pengendalian ini dapat berupa inspeksi, pengujian otomatis, alarm, sensor, atau SOP kerja tertentu.

9. **Detection (D)**
Detection menunjukkan kemampuan sistem untuk mendeteksi penyebab kegagalan sebelum sampai pada pengguna akhir. Semakin sulit terdeteksi, nilai D semakin tinggi (10 = tidak bisa dideteksi, 1 = sangat mudah terdeteksi).

Tabel 2.3 Kriteria *Detection Desain FMEA*

Ranking Deskripsi Kemampuan Deteksi

Ranking Deskripsi Kemampuan Deteksi

10	Tidak dapat dideteksi
9	Kemungkinan besar tidak dapat dideteksi
8	Diperlukan inspeksi & pembongkaran kompleks
7	Diperlukan inspeksi & pembongkaran
6	Diperlukan bantuan alat / pembongkaran sederhana
5	Inspeksi sangat hati-hati dengan indera manusia
4	Inspeksi hati-hati dengan indera manusia
3	Memerlukan inspeksi
2	Jelas terlihat oleh indera manusia
1	Selalu jelas, sangat mudah untuk diketahui

(Sumber: Robin E. McDermot, *The Basic of FMEA*)

10. **RPN (*Risk Priority Number*)** adalah metode kuantitatif yang digunakan untuk menilai dan memprioritaskan potensi kegagalan berdasarkan tiga faktor utama:
- Severity (S) : Tingkat keparahan akibat kegagalan.
 - Occurrence (O) : Kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan.
 - Detection (D) : Kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum berdampak.

Rumus perhitungan RPN:

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots (2.1)$$

Nilai RPN berkisar antara 1 hingga 1000, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan risiko yang lebih serius. RPN digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan, dengan fokus pada kegagalan yang memiliki nilai tertinggi.

Recommended Action

Adalah tindakan yang disarankan untuk menurunkan nilai RPN dengan cara mengurangi salah satu atau beberapa faktor pembentuknya, yaitu *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, atau *Detection (D)*.

- Penurunan nilai *Detection* dapat dicapai melalui peningkatan metode inspeksi atau validasi proses.
- Penurunan *Occurrence* dilakukan dengan mengendalikan penyebab utama kegagalan, seperti perbaikan proses atau pemilihan material yang lebih andal.
- Penurunan *Severity* hanya bisa dicapai melalui perubahan desain, karena ini berkaitan langsung dengan dampak kegagalan terhadap keselamatan atau fungsi utama produk.

Tujuan utama dari *Recommended Action* adalah meminimalkan risiko kegagalan yang paling kritis dan memastikan proses berjalan lebih andal dan aman.

Peringkat Kekritisitas Kegagalan

Dalam menentukan nilai kekritisitas pada masalah kegagalan yaitu dengan cara menghitung nilai *RPN*, dimana kekritisitas tersebut dibagi menjadi tiga kategori yaitu, rendah, sedang, dan tinggi.

Tabel. 2.4 Peringkat Kekritisitas Kegagalan

RPN	Kategori Kekritisitas
501-1000	Tinggi
251-500	Sedang
1-250	Rendah

(Sumber: Antonius Alijoyo dkk. *Pohon Analisa Kesalahan*).

Fault Tree Analysis (FTA)

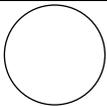
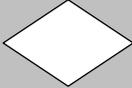
Adalah metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu kegagalan dengan menelusuri hubungan sebab-akibat antara berbagai kejadian. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi keandalan dan keamanan sistem, serta menggambarkan secara visual bagaimana suatu kegagalan utama (*top event*) dapat terjadi melalui diagram pohon logika yang menjelaskan hubungan antar faktor penyebab (Mayangsari et al., 2015). *Fault Tree Analysis* dapat dideskripsikan sebagai teknik analitis, menganalisis lingkungan dan operasi untuk menemukan jalan atau solusi dari masalah-masalah yang muncul. FTA merupakan model grafik dari variasi paralel dan kombinasi kesalahan yang muncul sebagai hasil dari pendefinisian masalah yang ada. Kesalahan bisa disebabkan oleh kesalahan *hardware*, *human error* atau kejadian lainnya. FTA memperlihatkan hubungan logika dari penyebab dasar yang menjadi penyebab masalah yang merupakan penyebab utama yang berada diatas (Windhi et al, 2016).

Kelebihan Metode *FTA*

Menurut Cristea dan Constantinescu (2017), serta Zhang et al. (2019), metode FTA memiliki sejumlah keunggulan, yaitu:

1. Menjelaskan akar masalah secara terstruktur, dengan mengurutkan kejadian penyebab dari yang paling dasar hingga kegagalan utama.
2. Analisis deduktif yang mampu menelusuri penyebab kegagalan dari efek ke sebab.
3. Mendukung analisis kualitatif dan kuantitatif:
 - a. Analisis kualitatif bertujuan mengidentifikasi semua potensi mode kegagalan.
 - b. Analisis kuantitatif dapat digunakan untuk mengukur probabilitas terjadinya kegagalan.
4. Fokus pada masing-masing proses, sehingga memudahkan dalam menelusuri penyebab spesifik dari setiap jenis kegagalan.
5. Visualisasi yang jelas, menggunakan diagram logika untuk menyederhanakan hubungan antar kejadian.

Tabel 2.5. Simbol *FTA*

Simbol	Nama	Deskripsi
	<i>Basic Event</i>	Simbol yang menyatakan penyebab resiko.
	<i>Intermediate Event</i>	Simbol yang memerlukan analisis lanjutan.
	<i>Undevelopment Event Event</i>	Simbol yang menyatakan bahwa peristiwa tersebut tidak dapat dianalisis lebih lanjut karena data dan informasi tidak cukup.
	<i>Transfer Symbol</i>	Simbol dari peristiwa yang masih memerlukan analisa lanjutan diluar dari peristiwa resiko utama.
	Gerbang <i>AND</i>	Simbol peristiwa resiko dapat terjadi apabila seluruh input peristiwa dibawahnya terjadi.
	Gerbang <i>OR</i>	Simbol peristiwa resiko dapat terjadi apabila salah satu atau lebih dari input peristiwa dibawahnya terjadi.

(Sumber: Alijoyo Antonius dkk. 2014)

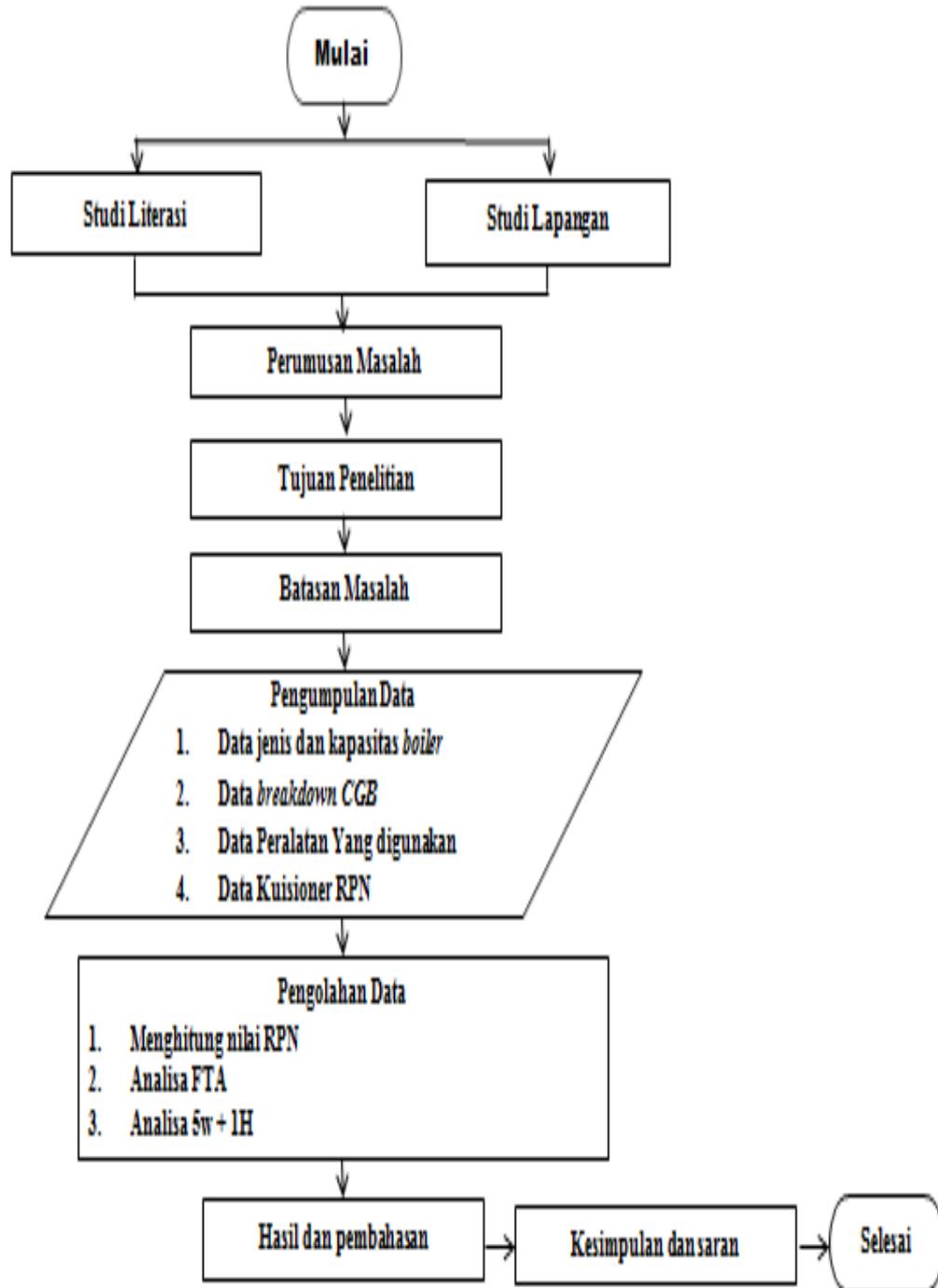
5W+1H

Metode 5W + 1H digunakan untuk menentukan aspek penyebab yang sangat berdampak, kemudian dijalankan analisis metode 5W+1H guna menginvestigasi aspek penyebab secara mendetail melalui pengembangan pertanyaan berlandaskan metode 5W+1H yaitu *What, Where, When, Why, Who* dan *How* dan akhirnya bisa diputuskan penyebab utama (Rohmah et all, 2023).

Tujuan digunakannya 5W+1H yaitu untuk mendapatkan beberapa usulan atau masukan perbaikan. setelah dilakukannya penelitian terhadap faktor penyebabnya.

5W+1H merupakan *tools* atau alat untuk mencari dimana kegagalan terjadi, mengapa kegagalan terjadi, kapan kegagalan terjadi, dan bagaimana cara perbaikan agar kegagalan dapat diminimalisir dan tidak berkelanjutan.

3. Diagram Alir Penelitian



4. PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

Tabel 4.2 Data *Breakdown Chain Grate Boiler*

No	Tanggal	Kerusakan(<i>Breakdown</i>)	Peralatan
1	11-Jan-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
2	28-Jan-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
3	19-Feb-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
4	06-Mar-21	Kebocoran pipa <i>economizer</i>	<i>Tube Economizer</i>
5	22-Mar-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
6	15-Apr-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
7	30-Apr-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
9	21-Mei-21	Kebocoran <i>flange header preheater</i>	<i>Header Preheater</i>
8	01-Mei-21	<i>IDF Trip</i>	Motor Listrik
10	13-Jun-21	<i>Support bolt bushing chain grate pecah</i>	<i>Chain Grate part</i>
11	10-Jul-21	Kebocoran <i>flange header economizer</i>	<i>Tube Economizer</i>
12	19-Agust-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
13	26-Agust-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
14	11-Sep-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>
15	17-Okt-21	Perbaikan <i>Slage Conveyor</i> rusak	<i>Slage Conveyor</i>
16	21-Nop-21	<i>Chain grate trouble</i>	<i>Chain Grate part</i>

Analisa Perhitungan Nilai Kritis

Selanjutnya tabel 4.2 yaitu kerusakan *boiler chain grate*. Di tahun 2021 sebanyak 16 kali kerusakan dianalisa menggunakan metode FMEA, hasil nilai RPN dari masing-masing kategori yang telah disebutkan pada tingkat keparahan (*Severity*), tingkat keseringan (*Occuren*), dan tingkat deteksi (*Detection*), dengan menggunakan alat pengumpul data yaitu Kuisisioner dari 5 orang ahli yaitu responden penelitian disebut *Section Head* (R1), *Ass. Section Head* (R2 dan R3), *Line Head* (R4 dan R5).

Nilai *Risk Priority Number*

Berikut perhitungan nilai RPN pada *rell* dan *bar grate* seperti pada nilai *severity*. Dilihat dari tabel kuisisioner ke 5 responden seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Responden Nilai *RPN Severity Rell dan Bar Grate*

Responden	Nilai <i>Severity</i>	Total	Rata-rata <i>Severity</i>
R1	8		
R2	9		
R3	9	43	8,6 dibulatkan 9
R4	9		
R5	8		

Tabel 4.4 Responden Nilai *RPN Occuren Rell dan Bar Grate*

Responden	Nilai <i>Occuren</i>	Total	Rata-rata <i>Occuren</i>
R1	9		
R2	8		
R3	9	43	8,6 dibulatkan 9
R4	8		
R5	9		

Tabel 4.5 Responden Nilai *RPN Detection Rell dan Bar Grate*

Responden	Nilai <i>Detection</i>	Total	Rata-rata <i>Detection</i>
R1	6		
R2	6		
R3	5	28	5,6 dibulatkan 6
R4	6		
R5	5		

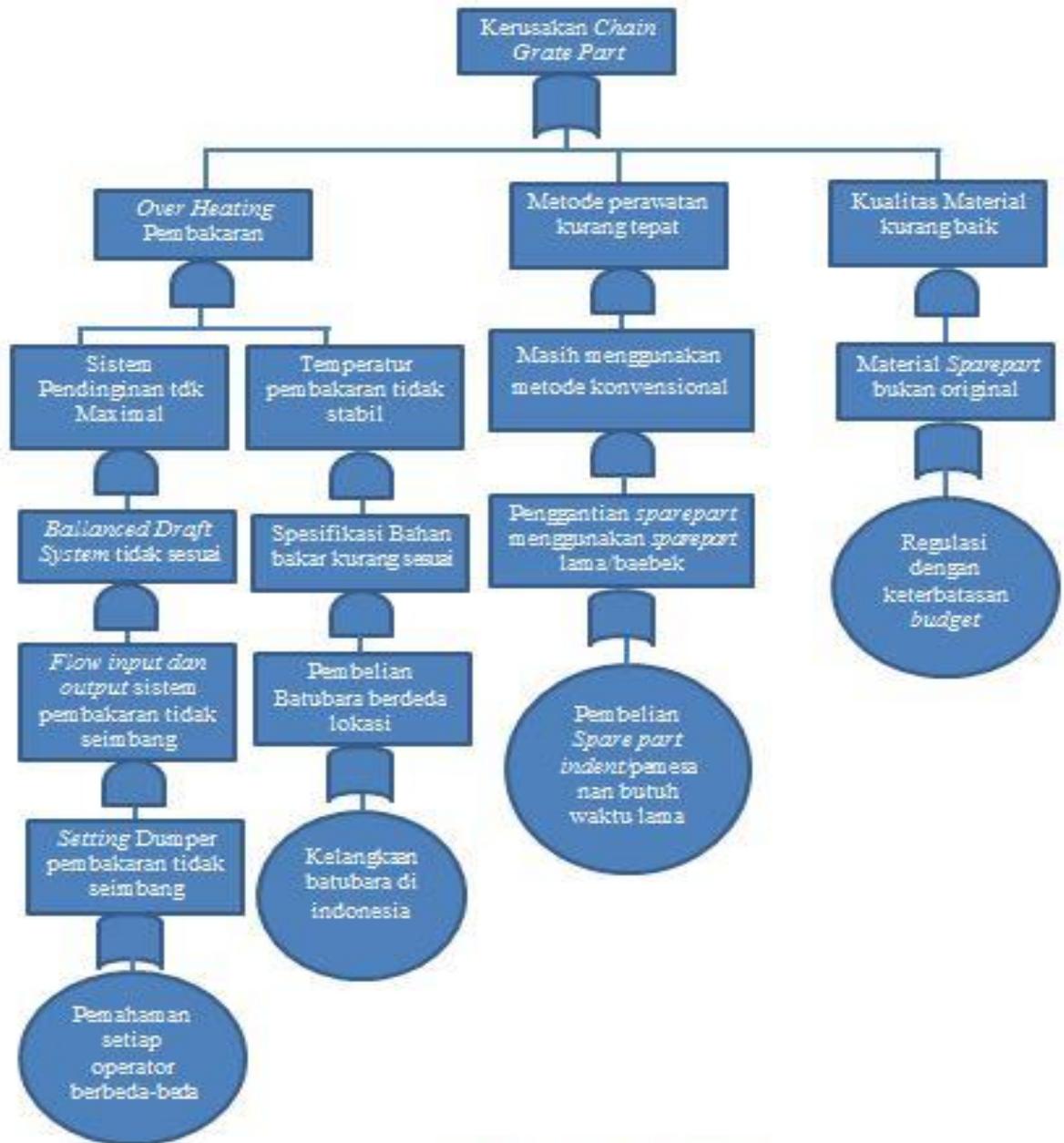
Dari ketiga tabel responden diatas, didapatkan hasil nilai rata-rata RPN dari tiga kategori yaitu *severity* dengan nilai 9, *occuren* dengan nilai 9, dan *detection* dengan nilai 6, seperti dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.6 RPN Peralatan *CGB*

No	Peralatan	Potential Failure Modes	Potential Failure Effects	S	O	D	RPN	%
1	Chain Grate part	Rel dan Bar Grate rusak	Menyebabkan stop operasional	9	9	6	486	46%
2	Tube Economizer	Pipa Abrasive	Menurunkan kualitas pipa	9	5	6	270	26%

		Pipa Bocor	<i>Stop Operasional</i>	9	3	7	189	18%
			Sub Total	18	8	13	459	44%
3	<i>Slage Conveyor</i>	<i>Plate scraper</i> bengkok, rusak	Penumpukan sisa dari pembakaran, <i>stop operasional</i>	5	5	2	50	5%
4	<i>Header Preheater</i>	<i>Packing</i> pecah dan baud kendor	Kehilangan <i>pressure</i> dan <i>flow steam</i>	6	2	3	36	3%
5	Motor Listrik	Motor <i>Triped</i>	Api pembakaran keluar dari <i>furnace</i>	8	2	1	16	2%
TOTAL RPN							1047	100%

Setelah kita mendapatkan hasil tertinggi dari perhitungan RPN yaitu kerusakan *chain grate part* , maka selanjutnya kita analisa menggunakan FTA, seperti gambar dibawah ;



Gambar 4.2 Diagram FTA

Berdasarkan analisa menggunakan FTA didapat empat akar permasalahan yaitu, pemahaman setiap operator berbeda, kelangkaan batubara di Indonesia, pembelian *sparepart* yang *indent*, dan regulasi keterbatasan budget. Dimana dari ke empat masalah tersebut ada beberapa upaya usulan yang dilakukan dengan 5W+1H seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.7. Hasil Analisa 5W+1H

Akar Permasalahan	What	Why	Where	When	Who	How
Beda pemahaman Operasional setiap operator	Mengevaluasi operasional dan melakukan <i>training</i> ulang ke setiap operator	Agar semua operator dapat memahami <i>ballanced draft system</i> dan kesamaan operasional	<i>Chain</i> <i>Grate</i> <i>Boiler</i>	2022	<i>Section Head</i>	<i>Training</i> pengaturan <i>ballanced draft system</i> agar benar dan seimbang (Range -75 Pa s/d -123 Pa)
Kelangkaan Bahan Bakar	Beralih menggunakan energi terbarukan misalnya limbah rumah tangga	Agar tidak ketergantungan menggunakan bahan bakar batubara	<i>Chain</i> <i>Grate</i> <i>Boiler</i>	2022	<i>Departement Head</i>	Menggunakan bahan bakar <i>blending fuel</i> (batubara & sampah)
Pembelian Spare part Indent	Mengganti jenis dan bentuk rel dan <i>bar grate</i> yang banyak digunakan konsumen lainnya.	Agar pembelian lebih cepat sampai/persediaan tercukupi	<i>Chain</i> <i>Grate</i> <i>Boiler</i>	2022	<i>Departement Head</i>	Menggunakan model yang sama dengan konsumen lainnya
Regulasi Keterbatasan Budget	Anggaran di fokuskan untuk pembelian <i>Sparepart Chain Grate Boiler</i>	Agar anggaran lebih besar untuk pembelian <i>sparepart CGB</i>	<i>Chain</i> <i>Grate</i> <i>Boiler</i>	2022	<i>Departement Head</i>	Menambah <i>maintenance budget</i> lebih besar

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data *breakdown* peralatan *Chain Grate Boiler* menggunakan metode FMEA dan FTA di tahun 2021, bahwa nilai RPN tertinggi dari peralatan *Chain Grate Boiler* yaitu *Chain Grate part* di dominasi oleh rel dan bar *grate* dengan saran perbaikan menggunakan 5W+1H, seperti kesimpulan yang di jelaskan dibawah ini:

1. Berdasarkan dari analisa menggunakan metode FMEA didapat nilai RPN tertinggi dengan urutan pertama adalah *Chain Grate part* 486 poin, kedua *Tube Economizer* dengan 459 poin, ketiga *Slage Conveyor* dengan 50 poin, keempat *Header Preheater* 36 poin dan terakhir dengan 16 poin adalah motor listrik.
2. Upaya untuk usulan perbaikan yang dilakukan dari analisa menggunakan 5W+1H adalah sebagai berikut:
 - a) Pemahaman operator berbeda-beda, upaya usulan perbaikan yang dilakukan yaitu dengan mengadakan pelatihan ulang terutama pada pengaturan *ballanced draft system* yang benar sesuai dengan SOP.
 - b) Kelangkaan terhadap bahan bakar jenis fosil (batubara), upaya usulan perbaikannya yaitu dengan cara melakukan *blending fuel system* (batubara *mixing* sampah).
 - c) Pembelian *sparepart* yang *indent* upaya usulan perbaikannya dengan cara menggunakan *sparepart* dengan model yang sama seperti konsumen lain, agar *sparepart* dapat di *restock* sehingga tidak menunggu waktu yang lama dalam pembeliannya.
 - d) Regulasi keterbatasan *budget*, upaya usulan perbaikannya yaitu dengan menambah atau memfokuskan *maintenance budget* lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Alijoyo, Antonius et.al. (2014). *Analisa Pohon Kesalahan 31 Teknik Penilaian Resiko Berbasis ISO 31010*. CRMS Indonesia-Bandung.

Alijoyo, Antonius et.al. (2014). *Analisis Modus Kegagalan dan Dampak 31 Teknik Penilaian Resiko Berbasis ISO 31010*. CRMS Indonesia-Bandung.

Cristea, G., & Constantinescu, D. M. (2017). *A Comparative Critical Study Between FMEA and FTA Risk Analysis Methods*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 252, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.

Fang, F., Zhao, Z. J., Huang, C., Zhang, X. Y., Wang, H. T., & Yang, Y. J. (2019). Application of Reliability Centered Maintenance in Metro Door System. *IEEE Access*, 7, 186167-186174.

Ishak, A., Siregar, K., Ginting, R., & Manik, A. (2020). *The Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method to Improve Roofing Product's Quality* (Case

Study: XYZ Company). In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1003, No. 1, p. 012092). IOP Publishing.

Ishak, A., Siregar, K., Ginting, R., & Manik, A. (2020). *Implementation Statistical Quality Control (SQC) and Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): A Systematic Review*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1003, No. 1, p. 012098). IOP Publishing.

Mayangsari, D. F., Adianto, H., & Yuniati, Y. (2015). *Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)*. *Reka Integra*, 3(2)..

Rohmah, Siti., dkk (2023). *Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Metoda FMEA dan Pendekatan 5W+1H untuk Penanggulangannya di CV."X"*. <https://talentaconfseries.usu.ac.id>

Rusmiati, E. (2014). *Penerapan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FUZZY FMEA) dalam Mengidentifikasi Kegagalan pada Proses Produksi di PT. Daesol Indonesia*. *Daesol Indonesia Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*.

Windhi Y. Kartika, Ambar Harsono, Gita Permata. (2016). *Usulan Perbaikan Produk Cacat Menggunakan Metode Fault Tree Analysis pada PT. Sygma Examedia Arkanleema*. *Jurnal Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung*.

Zakaria, Tatan (2021). *Sistem Penanganan Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara*. *Media Madani*.

Zuraida, R., Rantautama, B., Sutrisnohadi, N., & Pratomo, C. D. A. (2012). *Pengendalian Kualitas untuk Meminimalkan Jumlah Cacat pada Produk Kaleng Aeorosol*. *Comtech: Computer, Mathematics And Engineering Applications*, 3(1), 584-594