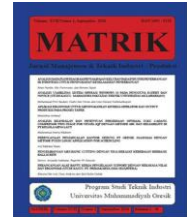




MATRIK

Jurnal Manajemen dan Teknik Industri- Produksi

Journal homepage: <http://www.journal.umg.ac.id/index.php/matriks>



Analisis Resiko Kerusakan Boiler Menggunakan Metode Failure Modes Effect Analysis (FMEA) Dan Fishbone Diagram

Badri Juanda*, Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, Nofirza, Nazaruddin, Harpito

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Uinsuska Riau

Alamat Instansi, Jl. Soebrantas KM.18 No.155 Pekanbaru, Indonesia

E-mail : badripadang01@gmail.com

*Corresponding Author

INFO ARTIKEL

doi: 10.350587/Matrik
v26i1.9715

*Jejak Artikel : (diisi
editor)*

Upload artikel

07 Mei 2025

Revisi oleh reviewer

22 Juli 2025

Publish

30 September 2025

Kata Kunci :

*Stagnasi, fmea, lama waktu down
time, fishbone Diagram*

ABSTRAK

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur dalam pengolahan minyak kelapa sawit. Oleh karena itu, perusahaan ini membutuhkan sumber energi yang sangat besar yang digunakan untuk menggerakkan mesin dan peralatan. Boiler merupakan mesin yang memegang peranan penting dalam keberlangsungan kinerja pabrik kelapa sawit yang berfungsi untuk menghasilkan dan mensuplai steam guna memenuhi kebutuhan proses pabrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja boiler yang sering mengalami kerusakan dan seberapa sering kerusakan yang terjadi serta berdampak pada tersendatnya proses produksi di PT. XYZ. Penelitian ini menggunakan metode Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan dampaknya pada sistem, serta diagram tulang ikan (Fishbone) untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan. Dengan menggunakan metode FMEA, penelitian ini dapat mengidentifikasi mode kegagalan yang paling kritis dan memprioritaskan tindakan perbaikan. Sementara itu, diagram tulang ikan digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan pipa boiler bocor, yang terdiri dari manusia, metode, mesin, lingkungan, dan sistem. Hasil penelitian diperoleh penyumbang down time tertinggi pada proses produksi di PT. XYZ yaitu selama 144,09 jam dengan nilai presentase sebesar 48% dan total down time selama 302,09 jam. Berdasarkan analisis diagram tulang ikan diperoleh 5 faktor penyebab kerusakan pipa boiler bocor. Alternatif solusi yang diusulkan yaitu perawatan preventif, prediktif, dan korektif.

ABSTRACT

Palm Oil Mill (PKS) PT. XYZ is a manufacturing company in palm oil processing. Therefore, this company requires a very large source of energy which is used to drive machines and equipment. Boilers are machines that play an important role in the sustainability of the performance of palm oil mills which function to produce and supply steam to meet the needs of the factory process. This study aims to evaluate the performance of boilers that often experience damage and how often damage occurs and has an impact on the disruption of the production process at PT. XYZ. This study uses the Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) method to identify potential failures and their impacts on the system, and a fishbone diagram to identify factors that cause damage. By using the FMEA method, this study can identify the most critical failure modes and prioritize corrective actions. Meanwhile, the fishbone diagram is used to identify factors that cause damage to leaking boiler pipes, which consist of humans, methods, machines, environment, and systems. The results of the study obtained the highest contributors to down time in the production process at PT. XYZ is for 144.09 hours with a percentage value of 48% and a total down time of 302.09 hours. Based on the fishbone diagram analysis, 5 factors causing damage to the leaking boiler pipe were obtained. The proposed alternative solutions are preventive, predictive, and corrective maintenance.



1. Pendahuluan

Pabrik pengolahan kelapa sawit merupakan suatu unit produksi yang membutuhkan sumber energi yang sangat besar yang digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin dan peralatan yang memerlukan energi dalam jumlah besar. Kebutuhan energi tersebut dipenuhi dan disuplai oleh boiler (ketel uap) dan generator (genset). Boiler atau ketel uap merupakan mesin-mesin yang memegang peranan penting dalam kelangsungan kinerja suatu pabrik kelapa sawit. Sehingga boiler memegang peranan penting dalam proses produksi pada pabrik pengolahan kelapa sawit tersebut. Boiler berfungsi untuk menghasilkan dan menyuplai uap untuk memenuhi kebutuhan proses pabrik sehingga produksi berjalan dengan lancar. Dalam hal ini PT. XYZ yang merupakan perusahaan manufaktur di bidang pengolahan kelapa sawit yang berdiri sejak tahun 1990 juga menyadari pentingnya menjaga atau mengupayakan agar kelangsungan perusahaan tidak terganggu dengan mengusahakan agar seluruh alat atau mesin tidak mengalami kerusakan. Boiler adalah berbentuk bejana tertutup yang terbuat dari baja dan digunakan pembangkit tenaga uap merupakan salah satu dari sistem pembangkit listrik yang umum digunakan pada industri-industri maupun pembangkit-pembangkit listrik lainnya. Sistem pembangkit ini memiliki keunggulan yaitu: dapat dioperasikan dengan menggunakan berbagai jenis bahan bakar, usia atau lifetime yang cukup lama. Secara umum sistem pembangkit tenaga uap terdiri dari beberapa komponen utama yaitu: pompa, turbin uap, boiler, generator dan kondensor[2].

Boiler merupakan tempat untuk menampung uap bertekanan yang berfungsi untuk memanaskan air dan menghasilkan uap yang akan diubah menjadi energi listrik melalui turbin, kemudian uap hasil keluaran turbin akan ditampung dalam suatu bejana yang disebut Back Pressure Vessel (BPV). Kemudian nantinya sisa uap dari BPV tersebut akan disalurkan ke beberapa stasiun proses produksi yang membutuhkan uap dalam proses

produksinya yaitu, stasiun sterilizer, digester, purifikasi dan stasiun pabrik benih. Oleh karena pabrik kelapa sawit membutuhkan boiler sebagai sumber energinya, maka boiler memiliki peranan penting dalam kelangsungan produksi pada pabrik pengolahan kelapa sawit. Apabila terjadi gangguan atau kerusakan pada boiler maka akan memicu terjadinya kegagalan pada pabrik kelapa sawit. Permasalahan yang timbul pada sistem boiler di PT. XYZ, seperti kebocoran pipa knalpot, korosi, endapan (deposit) pipa, pecah dan robeknya pipa knalpot, dapat menyebabkan downtime dan penurunan produktivitas pada pabrik pengolahan kelapa sawit. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis risiko yang lebih komprehensif untuk mengidentifikasi potensi kerusakan equipment boiler dan mengembangkan strategi pemeliharaan yang efektif untuk mengurangi waktu *downtime* dan berdampak terjadinya penurunan produktivitas diperusahaan. Namun, metode yang digunakan saat ini untuk mengatasi permasalahan pada boiler belum cukup efektif karena tidak mempertimbangkan dampak downtime dan penurunan produktivitas. Oleh karena itu, perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap metode yang digunakan untuk mencari solusi yang lebih efektif dan efisien dalam mengatasi permasalahan pada boiler. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi kerusakan pada boiler dan mengembangkan strategi pemeliharaan yang efektif untuk mengurangi waktu downtime dan penurunan produktivitas pada pabrik pengolahan kelapa sawit. Dengan demikian, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas operasional boiler, serta meningkatkan produktivitas dan keuntungan perusahaan.

Pada umumnya boiler yang digunakan pada pabrik kelapa sawit adalah boiler uap. Uap diperoleh dari proses pemanasan air dalam tabung uap, dengan menggunakan fiber dan cangkang sebagai bahan bakar dan air untuk mengontrol aliran panas pada setiap proses.

Permasalahan yang timbul pada sistem boiler disebabkan oleh pengolahan air umpan, bahan bakar, dan suhu yang sangat tinggi. Sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada pipa boiler. Kerusakan yang berhubungan dengan pipa boiler antara lain kebocoran pipa knalpot, korosi, endapan (deposit) pipa, pecah dan robeknya pipa knalpot. Adapun **Tabel 1** dapat dilihat data kerusakan di stasiun boiler: PT. XYZ sebagai berikut:

Tabel 1. Data Kerusakan Boiler Berdasarkan Downtime (Jam) Januari – Desember 2024

Nama Stasiun	Jenis Kerusakan	Down Time (Jam)	Frekuensi	%
Stasiun Boiler	Pipa Boiler Bocor	144,09	23	4
	Pompa <i>Fit Tank</i> Rusak	30,0	5	10
	Tungku bakar Runtuh	15,0	3	5
	Gelas Penduga Bocor	12,0	2	4
	Blower idf terbakar	8,0	1	3
	Blower Primery rusak	6,0	2	2
	Pipa <i>Connector</i> Bocor	10,0	2	3
	Elmot IDF Terbakar	18,0	3	6
	Corong bahan bakar boiler	9,0	3	3

Tersumbat	Elmot SAF Boiler rusak	10	1	3
	Elmot <i>Fuel feeder</i> terbakar	40	1	13
Nilai Total Keseluruhan		302,09	46	100

Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024

Berdasarkan **Tabel 1** terlihat jumlah kerusakan dan waktu perbaikan (*Downtime*) tertinggi yaitu 48% dengan total down time 302,09 jam, pipa boiler yang bocor disebabkan oleh endapan kerak boiler. Sehingga panas yang diterima pipa tidak merata sehingga mengakibatkan terjadinya panas berlebih dan kebocoran pada Pipa Boiler. Dampak dari kerusakan ini adalah menurunnya kualitas produksi dan kualitas minyak yang tidak optimal.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara langsung dengan karyawan stasiun boiler, pencegahan di pabrik masih dilakukan secara kuratif. Sehingga kerusakan yang terjadi pada mesin boiler disebabkan oleh pecahnya pipa-pipa pada boiler. perbaikan hanya dilakukan ketika boiler rusak dan tidak dilakukan perawatan pencegahan. Hal ini dapat menghambat proses produksi yang berdampak pada menurunnya produktivitas karena minyak tidak diperas secara optimal. Berdasarkan data total target produksi rencana kerja dan anggaran perusahaan (RKAP) dan penurunan produksi yang diperoleh PT. XYZ selama satu periode, total produksi CPO (Culmin Palm Oil) sebesar 160.645.812 kg/tahun dan total penurunan produksi sebesar 58.472.015 kg/tahun.

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan suatu analisis dengan menggunakan metode Failure Modes And Analysis Effect (FMEA) dan Fishbone Diagram FMEA adalah metode manajemen risiko proaktif untuk identifikasi semua potensi kegagalan yang mungkin terjadi dalam rancangan, proses produksi, maupun produk

. Sedangkan Ishikawa diagram merupakan metode manajemen risiko reaktif untuk indentifikasi penyebab potensial masalah karena penyimpangan selama proses produksi atau keluhan terkait produk. Ishikawa diagram sering juga disebut sebagai diagram tulang ikan (fishbone diagram) atau diagram sebab akibat. Ishikawa diagram sering digunakan di industri karena metode yang user friendly[3]. Fishbone diagram merupakan suatu alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan secara grafik menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu permasalahan. Menurut Scarvada (2004), konsep dasar dari diagram fishbone adalah permasalahan mendasar diletakkan pada bagian kanan dari diagram atau pada bagian kepala dari kerangka tulang ikannya. Penyebab permasalahan digambarkan pada sirip dan durinya. Kategori penyebab permasalahan yang sering digunakan sebagai start awal meliputi materials (bahan baku), machines and equipment (mesin dan peralatan), manpower (sumber daya manusia), methods (metode), Mother Nature/environment (lingkungan), dan measurement (pengukuran). Keenam penyebab munculnya masalah ini sering disingkat dengan 6M. Penyebab lain dari masalah selain 6M tersebut dapat dipilih jika diperlukan. Untuk mencari penyebab dari permasalahan, baik yang berasal dari 6M seperti dijelaskan di atas maupun penyebab yang mungkin lainnya dapat digunakan teknik brainstorming[4].

Dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar, dilakukan pembakaran pada ruang bakar didalam boiler, dari pembakaran tersebut energi panas yang dihasilkan akan ditransferkan pada air sehingga terjadi perubahan fase dari air menjadi uap panas Adapun Komponen Utama Boiler Menurut (Fahrizal 2014) adalah sebagai berikut:

1. Drum Ketel

Drum ketel berfungsi sebagai reservoir air panas dan tempat pembangkit uap. Di dalam drum ini terdapat campuran antara *steam* dan air jenuh dengan perbandingan yang seimbang, yaitu sekitar 50% air dan 50% *steam*. Drum ketel dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan pemisahan antara air dan *steam*, di mana air bersuhu rendah akan tenggelam ke dasar sementara air bersuhu tinggi akan na ke atas untuk menguap.

2. Furnace (Tungku Pengapian)

Furnace adalah bagian di mana bahan bakar dibakar untuk menghasilkan panas. Proses penyerapan panas terjadi melalui tabung yang dialiri air, yang ditempelkan pada dinding tungku. Ruang bakar di dalam furnace biasanya terbagi menjadi dua bagian: ruang pertama untuk pemanasan langsung oleh sumber panas, dan ruang kedua untuk menyerap limbah panas dari ruang pertama agar tidak terbuang percuma.

3. Superheater

Superheater berfungsi untuk mengeringkan *steam* yang dihasilkan dari boiler. *Steam* yang keluar dari badan boiler seringkali masih mengandung kelembapan, sehingga perlu dipanaskan lebih lanjut menggunakan pemanas tubular hingga mencapai suhu antara 260-350°C agar dapat digunakan secara efektif untuk menggerakkan turbin atau peralatan lainnya.

4. Airheater

Airheater adalah alat yang memanaskan udara sebelum digunakan untuk membakar bahan bakar. Udara yang masuk ke dalam sistem biasanya memiliki suhu normal, dan setelah melewati airheater, suhu udara tersebut meningkat sehingga proses pembakaran dapat berlangsung lebih efisien.

Boiler pada prinsipnya dibagi menjadi dua yaitu Boiler pipa api (Fire Tube Boiler) dan Boiler pipa air (Water Tube Boiler). Pada Boiler pipa api gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam shell untuk dirubah menjadi uap. Boiler pipa api digunakan untuk menghasilkan uap dengan kapasitas kecil sekitar 12 ton/jam dengan tekanan steam rendah sampai sedang (s.d 18 Kg/cm²F = atau sekitar 250 psi). Pada Boiler jenis ini nyala api dan gas panas diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar untuk mentransfer panasnya. Gas panas dilewatkan melalui pipa-pipa disekitar dinding luar yang dikelilingi oleh air atau uap yang telah terbentuk [1]. Perawatan di suatu industri merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendukung suatu proses produksi agar proses produksi tersebut dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya hambatan yang dapat menimbulkan kerugian. perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan

perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan[5]. Kegiatan pemeliharaan ini memungkinkan fasilitas produksi dapat digunakan untuk kegiatan produksi sesuai dengan yang direncanakan dan tidak akan mengalami kegagalan selama fasilitas digunakan dalam proses produksi sebelum periode yang direncanakan tercapai. Sistem pemeliharaan yang baik menghilangkan variabilitas sistem. Sistem harus dirancang dan dipelihara untuk memenuhi kinerja dan standar kualitas yang diharapkan. Pemeliharaan mencakup semua kegiatan yang berkaitan dengan pemeliharaan peralatan sistem untuk mempertahankan fungsinya[6].

Perawatan boiler adalah suatu kegiatan menjaga dan memelihara boiler serta memperbaiki atau mengganti komponen yang diperlukan agar beroperasi optimal dan mencapai umur mesin yang diharapkan, sehingga dapat menekan biaya kerusakan. Menurut P. Daeng Yudi, tujuan utama perawatan boiler adalah meningkatkan kemampuan produksi, menjaga kualitas produksi, memastikan operasi yang aman, mencapai umur mesin yang sesuai, dan meminimalkan kerusakan komponen[7]

Perawatan adalah suatu kegiatan yang dilakukan industri untuk mempertahankan atau menambah daya dukung mesin selama proses produksi berlangsung. Suatu mesin produksi yang digunakan secara terus-menerus akan mengalami penurunan, karena itu perlu dilakukan perawatan. Perawatan Perawatan yang optimal hendaknya dilakukan secara continue da periode agar mesin berfungsi secara maksimal[8].

Pemeliharaan adalah kegiatan untuk menunjang operasi produksi suatu perusahaan, baik perusahaan manufaktur maupun perusahaan jasa. Menurut Fahrizal (2014). Adapun Proses maintenance meliputi pengetesan, pengukuran, penggantian, menyesuaikan, dan perbaikan. Ada tiga jenis maintenance yang biasa dilakukan, yaitu[9]:

1. Corrective maintenance, maintenance jenis ini memiliki kegiatan identifikasi penyebab kerusakan, penggantian component yang rusak, mengatur kembali kontrol, dsb. Corrective maintenance adalah aktivitas perbaikan

peralatan yang beroperasi secara tidak normal

2. Preventive maintenance, maintenance jenis ini memiliki tujuan mencegah terjadinya kerusakan peralatan selama operasi berlangsung. Maintenance peralatan dilakukan secara terjadwal sesuai dengan estimasi umur peralatan. Kegiatan preventif maintenance dibuat berdasarkan tasklist maintenance sesuai dengan tingkat kritikal peralatan tersebut
3. Predictive Maintenance, Maintenance jenis ini memiliki kemiripan dengan preventive maintenance namun tidak dijadwal secara teratur. Predictive maintenance mengantisipasi kegagalan suatu peralatan sebelum terjadi kerusakan total. Predictive maintenance menganalisa suatu kondisi peralatan dari trend perilaku peralatan. Trend ini dapat digunakan untuk memprediksi sampai kapan peralatan mampu beroperasi secara normal.
4. Sebenarnya ada juga jenis maintenance yang lain yaitu breakdown maintenance. Maintenance ini dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan dan plant sudah stop. Breakdown maintenance ini sangat dihindari karena plant harus beroperasi 24 jam penuh dan dalam pengoperasian plant sudah ada target-target tertentu yang harus dipenuhi. Jika terjadi breakdown maka plant tidak beroperasi dan target tidak tercapai. Biasanya breakdown maintenance ini bersifat tidak terprediksi. Tiba-tiba saja shutdown tanpa terjadwal (unschedule shutdown)

Overhaul merupakan suatu proses pemulihan peralatan mesin, atau sistem ke kondisi optimal seperti baru. Proses ini melibatkan pembongkaran, inspeksi, perbaikan atau penggantian komponen, serta pengujian untuk memastikan fungsionalitas yang baik. Overhaul terbagi menjadi Minor dan Major Overhaul[7]

- Minor Overhaul adalah perawatan sederhana yang tidak melibatkan pembongkaran total atau penggantian komponen utama. Tindakan yang dilakukan meliputi pembersihan rutin, pemeriksaan

komponen utama, penyetelan dan kalibrasi, serta perlindungan, pergantian isolasi dan

- Major Overhaul adalah perawatan yang melibatkan pembongkaran sebagian atau keseluruhan boiler, terutama untuk unit yang sudah lama beroperasi. Langkah-langkahnya meliputi pembongkaran dan pembersihan, pemeriksaan dan pergantian komponen, pergantian isolasi, dan pengecekan Pressure Safety Valve (PSV). Tujuannya adalah mengembalikan kondisi memperpanjang masa meningkatkan efisiensi boiler.

Total Productive Maintenance (TPM) adalah pendekatan proaktif terhadap pemeliharaan yang berfokus pada memaksimalkan efisiensi dan efektivitas peralatan. Salah satu tujuan utama TPM yaitu meningkatkan keandalan dan kinerja peralatan, yang memiliki dampak langsung pada kualitas dan biaya organisasi. Peralatan memainkan peran kunci dalam daya saing organisasi, karena memiliki dampak langsung pada kualitas, harga, dan waktu pengiriman produk. Kesalahan peralatan, perbaikan, dan cacat kualitas dapat mempengaruhi kualitas, biaya, dan waktu pengiriman produk[10].

TPM dapat meningkatkan keandalan dan kinerja peralatan, yang memiliki dampak langsung pada kualitas dan biaya organisasi. Peralatan memainkan peran kunci dalam daya saing organisasi, karena memiliki dampak langsung pada kualitas, harga, dan waktu pengiriman produk. Kesalahan peralatan, perbaikan, dan cacat kualitas dapat mempengaruhi kualitas, biaya, dan waktu pengiriman produk [11]. konsep dari TPM juga terdapat lima elemen dari konsep TPM. Adapun konsep TPM ada lima elemen yaitu adalah sebagai berikut[12]:

1. TPM bertujuan menciptakan suatu sistem preventive maintenance (PM) untuk memperpanjang umur penggunaan mesin / peralatan.
2. TPM diterapkan pada berbagai departemen (seperti engineering, bagian produksi dan bagian maintenance).
3. TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektifitas mesin/peralatan secara keseluruhan (overall effectiveness).
4. TPM melibatkan semua orang dari tingkatan manajemen tertinggi hingga

para karyawan / operator lantai produksi.

5. TPM merupakan pengembangan dari sistem maintenance berdasarkan PM melalui manajemen motivasi.

Analisis menggunakan metode failure modes effect analysis dan fishbone diagram juga telah digunakan oleh beberapa peneliti, diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh [13] meneliti satu unit sterilisasi tetapi mengabaikan izin dengan unit lain yang dapat menghambat produksi. Selain itu penelitian ini tidak membahas solusi atau perbaikan masalah. Namun penelitian Fahrizal (2014) lebih fokus pada analisis matematis dengan parameter MTBF MTTR dan tingkat kegagalan. Akibatnya tidak memberikan gambaran kualitatif yang mendalam tentang penyebab kerusakan dan tidak memberikan saran praktis untuk perbaikan. Adapun Penelitian yang telah dilakukan oleh Orpa Yakarimilena pada tahun 2019 mengidentifikasi kebocoran pipa sebagai penyebab utama tertundanya waktu boiler tetapi penelitian ini hanya mengevaluasi kinerja boiler dan frekuensi kerusakan yang menyebabkan stagnasi produksi di PT. tanpa mempertimbangkan jumlah produksi sawit yang diolah di Perkebunan Nusantara II. Hasil dari penelitian menunjukkan boiler sebagai penyumbang tertinggi *downtime* produksi (66,83% dengan lama *downtime* 577,33 jam). Faktor penyebab kerusakan pipa boiler bocor (72,52% *downtime*) diidentifikasi dengan metode Fishbone Diagram[14]. Selanjutnya penelitian Anggy Iswanto[15] menemukan tiga kerusakan penting pada boiler dan menetapkan prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN. Namun mereka tidak mempertimbangkan kerusakan lain yang mungkin signifikan dan tidak membahas bagaimana perbaikan yang diusulkan dapat dilaksanakan. Sebaliknya kelebihan penelitian yang dilakukan oleh Badri Juanda (2025) menunjukkan bahwa memanfaatkan metode kombinasi Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram untuk menemukan dan menganalisis secara menyeluruh penyebab kerusakan pada boiler di PT. XYZ memiliki banyak keuntungan. Menurut penelitian ini downtime tertinggi mencapai 14409 jam dan menyebabkan kebocoran pipa boiler termasuk manusia metode mesin lingkungan dan sistem. Penelitian ini tidak hanya menemukan masalah tetapi juga mengusulkan solusi alternatif yaitu

perawatan preventif prediktif dan korektif yang efektif untuk mengurangi downtime dan meningkatkan efisiensi produksi. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini memberikan kontribusi yang lebih luas dan relevan berkat pendekatan holistik dan solusi yang konkret. adapun penjelesaian penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini, yaitu

1. Penelitian Agustina Rosa Indah Marpaung (2017) yang menggunakan metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) untuk menganalisis kontribusi kegagalan sterilizer terhadap stagnasi di pabrik kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sterilizer adalah penyumbang stagnasi tertinggi dengan lama stagnasi 76,72 jam dalam satu tahun. Penelitian ini mendukung penelitian Badri Juanda (2025) yang juga menggunakan metode FMEA untuk menganalisis kerusakan boiler, karena menunjukkan bahwa metode FMEA dapat digunakan untuk menganalisis kerusakan pada sistem produksi.
2. Penelitian Suherman Andri Panjaitan (2018) yang menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Modes And Effect Analysis (FMEA), dan Reliability Block Diagram (RBD) untuk memetakan efektivitas produksi di PT. Perkebunan Nusantara IV-Adolina. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE tertinggi pada bulan Januari (71,11%) dan terendah pada bulan Agustus (59,62%). Penelitian ini mendukung penelitian Badri Juanda (2025) yang juga menggunakan metode FMEA untuk menganalisis kerusakan boiler, karena menunjukkan bahwa metode FMEA dapat digunakan untuk menganalisis kerusakan pada sistem produksi dan meningkatkan efektivitas produksi.
3. Penelitian Fahrizal (2014) yang menggunakan analisis matematis untuk mengukur kinerja mesin dengan parameter MTBF, MTTR, dan tingkat kegagalan. Penelitian ini mendukung penelitian Badri Juanda (2025) yang

juga menggunakan analisis matematis untuk mengukur kinerja boiler, karena menunjukkan bahwa analisis matematis dapat digunakan untuk mengukur kinerja sistem produksi dan mengidentifikasi kerusakan.

4. Penelitian Orpa Yakarimilena (2019) yang menggunakan metode Failure Modes Effect and Fishbone Diagram untuk menganalisis kontribusi kerusakan pada boiler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa boiler adalah penyumbang tertinggi downtime produksi (66,83% dengan lama downtime 577,33 jam). Penelitian ini mendukung penelitian Badri Juanda (2025) yang juga menggunakan metode FMEA dan Fishbone Diagram untuk menganalisis kerusakan boiler, karena menunjukkan bahwa metode FMEA dan Fishbone Diagram dapat digunakan untuk menganalisis kerusakan pada sistem produksi dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan.
5. Penelitian Anggy Iswanto (2020) yang menggunakan metode Failure Modes Effect (FMEA) untuk menentukan prioritas kerusakan boiler dengan mengukur nilai Risk Priority Number (RPN). Hasil analisis menunjukkan tiga kerusakan kritis: tube leak (RPN 405), slagging dan fouling (RPN 270), serta Submerged Scrapper Chain Conveyor (SSCC) (RPN 40). Penelitian ini mendukung penelitian Badri Juanda (2025) yang juga menggunakan metode FMEA untuk menganalisis kerusakan boiler, karena menunjukkan bahwa metode FMEA dapat digunakan untuk menganalisis kerusakan pada sistem produksi dan mengidentifikasi prioritas kerusakan.

Dengan demikian, penelitian-penelitian terdahulu ini mendukung penelitian Badri Juanda (2025) yang menggunakan metode FMEA dan Fishbone Diagram untuk menganalisis kerusakan boiler dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan. Penelitian-penelitian terdahulu ini juga menunjukkan bahwa metode FMEA

dan Fishbone Diagram dapat digunakan untuk menganalisis kerusakan pada sistem produksi dan meningkatkan efektivitas produksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode (*Mixed Method*) yaitu gabungan antara pendekatan kuantitatif dan kualitatif dimana pada penelitian ini menggunakan analisis *failure mode and effect analysis* (FMEA) yang melibatkan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN), data diperoleh dari frekuensi kerusakan boiler, tingkat keparahan, dan kemampuan deteksi kegagalan yang dikumpulkan melalui observasi lapangan dan wawancara, nilai tersebut kemudian dianalisis dengan pengolahan data (Matematika) untuk menentukan prioritas perbaikan. Selanjutnya menggunakan analisis diagram tulang ikan yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan boiler secara mendalam. Adapun Tahapan – tahapan dalam menggunakan metode FMEA dan fisbone diagram, serta hubungan dari kedua metode ini digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut: Tahapan Penggunaan Metode FMEA

1. Melakukan Identifikasi dengan orang bagian stasiun boiler: wawancara terkait kerusakan boiler
2. Identifikasi Fungsi dan Proses mengetahui fungsi utama dari boiler dan proses yang terlibat dalam operasionalnya.
3. Identifikasi Potensi Kegagalan Daftar semua potensi kegagalan yang dapat terjadi pada boiler, seperti kebocoran pipa, korosi, dan endapan.
4. Penilaian Risiko Untuk setiap potensi kegagalan, nilai tingkat keparahan (*Severity*), kemungkinan terjadinya (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*). Hitung Risk Priority Number (RPN) dengan rumus

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

5. Prioritaskan Kegagalan Urutkan potensi kegagalan berdasarkan nilai RPN untuk menentukan mana yang harus ditangani terlebih dahulu.
6. Tentukan Tindakan Perbaikan
7. Rencanakan tindakan perbaikan untuk mengurangi risiko kegagalan yang telah diidentifikasi.
8. Implementasi dan Tindak Lanjut Lakukan atau implementasikan tindakan perbaikan dan lakukan evaluasi untuk memastikan efektivitasnya.

Prosedur dalam penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan **Gambar 1**. Menjelaskan bagaimana tahapan atau alur proses penelitian, dimana langkah pertama yang dilakukan adalah observasi lapangan, kemudian melakukan wawancara kepada karyawan PT. XYZ yang

bertanggung jawab di bidangnya, melakukan identifikasi kerusakan atau kegagalan boiler, melakukan analisis data kerusakan boiler berdasarkan *downtime*, melakukan pengolahan data menggunakan analisis FMEA, menentukan nilai severity, occurrence, dan detection, terakhir setelah didapatkan nilai SOD maka dilakukan pengolahan data untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Adapun pengumpulan data dalam metode ini yaitu melibatkan data primer dan sekunder

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara observasi atau mengamati objek penelitian secara langsung, wawancara, serta kuisisioner berupa pertanyaan terbuka dan semua data yang diperoleh dari pabrik. Adapun datanya berupa;

a. Data Hasil Wawancara

Data jenis kerusakan yang diperoleh kemudian dilakukan justifikasi dengan cara mewawancarai pihak-pihak yang dianggap berpengaruh pada divisi Operasional dan Maintenance di pabrik PT. XYZ mengenai jenis kerusakan yang terjadi selama 1 tahun. Dan bagaimana tanggapan pihak-pihak terkait mengenai kemampuan dalam mendeteksi kegagalan tersebut. Pihak-pihak yang menjadi responden dalam wawancara ini adalah crane teknik, mandor stasiun boiler, dan operator stasiun boiler.

b. Data Sekunder

Data Sekunder yaitu data yang diperoleh dari sumber penelitian berupa study literatur yang berasal dari buku-buku ilmiah, artikel dan data yang diperoleh dari perusahaan seperti data sejarah perusahaan, struktur organisasi perusahaan, data stagnasi proses produksi pabrik, data maintenance dan waktu perbaikan mesin dan peralatan pabrik tersebut. Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan data stagnasi proses produksi pada periode Januari - Desember 2004.

• Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan pengolahan data sesuai dengan kebutuhan penelitian. Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan saat pengolahan data adalah sebagai berikut :

- a. *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengkaji tingkat risiko kegagalan pada komponen mesin boiler yang sering mengalami kerusakan dan jika terjadi kerusakan pada komponen tersebut apakah berdampak terhadap sistem proses produksi di pabrik. Data hasil analisis FMEA berupa prioritas resiko yang akan memunculkan beberapa solusi atau strategy yang akan dilakukan analisa untuk menentukan prioritas pemecahan masalah.
- b. Menghitung nilai *Severity, occurrence, Detection*
- c. *Fishbone diagram* yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kunci penyebab kerusakan yang terjadi pada komponen- komponen boiler yang mengalami kerusakan.
- d. Menghitung nilai *Risk Priority Number*

• Penilaian berdasarkan Kuesioner

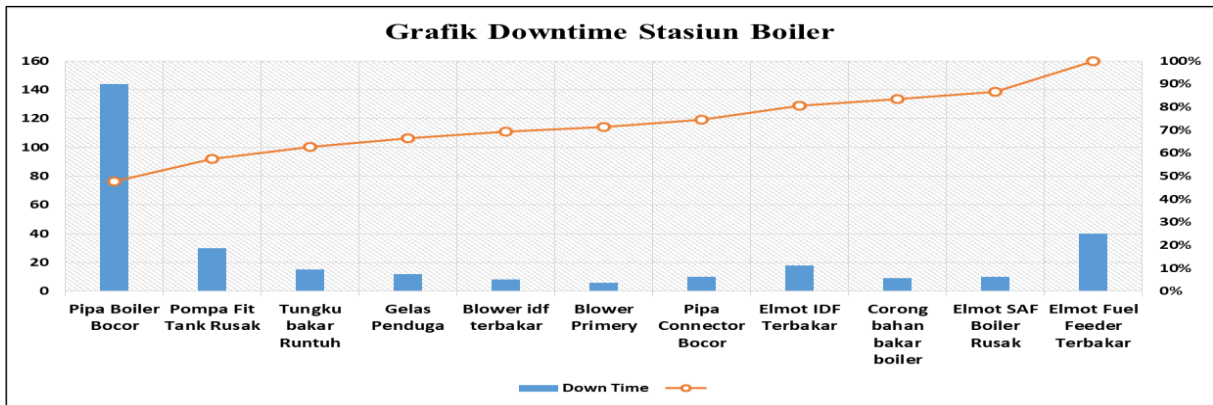
Adapun jumlah responden dalam pengisian kuesioner melibatkan operator crane, Mandor stasiun boiler, dan 4 orang operator boiler terkait apa aja kendala yang terjadi pada stasiun boiler. Adapun data berdasarkan kuesioner meliputi, penentuan detection,

3. Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini berfokus pada analisis kerusakan boiler di PT. X YZ yang merupakan bagian penting dari proses produksi di pabrik pengolahan kelapa sawit. Melalui pengumpulan data primer dan sekunder, serta analisis downtime, ditemukan bahwa stasiun boiler menyumbang downtime tertinggi, yaitu sebesar 144,09 jam, yang disebabkan oleh kerusakan pada pipa boiler bocor. Penelitian ini juga

mengidentifikasi berbagai faktor penyebab kerusakan, termasuk komponen mesin yang mengalami kerusakan dan aktivitas pengelolaan pemeliharaan yang tidak optimal. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di PT. XYZ terkait dengan analisis kerusakan boiler menunjukkan bahwa terdapat lima faktor utama penyebab kerusakan pada pipa boiler yang bocor, yaitu manusia, metode, mesin, lingkungan, dan sistem. Melalui analisis diagram fishbone, ditemukan bahwa faktor manusia, meliputi ketidakdisiplinan operator dalam pencatatan jurnal harian dan kelalaian dalam melakukan blow down menjadi penyebab yang signifikan. Selain itu,

penjadwalan blow down yang tidak teratur dan pembersihan kerak boiler yang tidak teratur juga turut menyebabkan masalah ini. Dari sisi mesin, ditemukan bahwa perawatan yang kurang baik dan penggunaan mesin yang melebihi batas operasional memperburuk kondisi pipa boiler. Faktor lingkungan, seperti kelembaban tanah gambut dan lantai stasiun boiler, memicu terjadinya korosi, sedangkan sistem yang lemah dan kurangnya evaluasi kerusakan mengindikasikan perlunya perbaikan prosedur operasional. Berikut ini adalah pengaruh downtime terhadap tingkat kegagalan stasiun produksi boiler di PT. XYZ dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar. 2 Data Grafik Pareto Down Time Stasiun Boiler dalam satu periode

Pada stasiun boiler, Gambar 2 menunjukkan nilai pesan dan persentase kumulatif pipa boiler, yaitu sebesar 48 % dan persentase kumulatifnya adalah 48%. dengan waktu henti 144,09 jam, pengumpan bahan bakar Elmot 13% Persentase kumulatif 100% dengan waktu henti 40 jam, pompa tangki Fit 10% Persentase kumulatif 58% dengan waktu henti 30 jam, Elmot Idf Persentase kumulatif 6% adalah 80% dengan downtime 18 jam, gelas ukur persentase kumulatif 4% adalah 67% dengan downtime 12 jam, blower IDF terbakar persentase kumulatif 3% adalah 69% dengan downtime 8 jam, Pipa Konektor Bocor persentase kumulatif 3% adalah 75% dengan downtime 10 jam, Corong bahan bakar Boiler persentase kumulatif 3% adalah 83% dengan downtime 9 jam, Boiler Elmot SAF Rusak persentase kumulatif 3% adalah 87% dengan downtime 10 jam. Jadi, total downtime masing-masing komponen boiler adalah 302,09 jam.

Oleh karena itu, stasiun boiler paling banyak pengaruhnya terhadap downtime yang disebabkan oleh mesin boiler tidak berfungsi atau tingginya kerusakan atau kegagalan mesin yang terjadi berulang-ulang di stasiun boiler. Jadi butuh waktu yang lama untuk memperbaiki kerusakan mesin di stasiun boiler dan memengaruhi produksi yang sedang berlangsung.

Identifikasi risiko kerusakan boiler sangat penting untuk kelangsungan proses produksi. Dari hasil analisis data, ditemukan bahwa beberapa risiko memiliki penyebab dan dampak yang sama terhadap downtime. Namun, ada pula risiko yang memiliki penyebab yang sama tetapi dampaknya berbeda, begitu pula penyebab yang berbeda tetapi menimbulkan dampak yang sama. Daftar risiko, penyebab, dan dampak secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar penyebab risiko dan dampak risiko kegagalan

Daftar Risiko	Penyebab	Akibat
Pipa Boiler Bocor	<ul style="list-style-type: none"> • Umur Komponen yang sudah melewati <i>life time</i> • Kesalahan penggunaan bahan kimia pada <i>water treatment</i>. • Jarang dilakukan <i>blow down</i>, • Over heating 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Mesin tidak dapat beroperasi selama 2 - 3 hari . ➢ Kegagalan Proses Produksi. ➢ Dapat membuat boiler meledak ➢ Menumpuknya crust boiler ➢ Biaya Operasional tinggi
Pompa <i>Fit Tank</i> Rusak	<ul style="list-style-type: none"> • Korosi • Tekanan tidak stabil • Elektromotor rusak 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Bocornya pompa <i>Fit Tank</i> ➢ Kerusakan komponen pompa <i>Fit Tank</i>
Tungku Bakar Runtuh	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Overheating</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Bahan bakar tungku perapian runtuh ➢ Mengganggu proses produksi
Gelas Penduga bocor	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Overheating</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Ketidakstabilan level air ➢ Biaya operasional tinggi
Blower Idf terbakar	<ul style="list-style-type: none"> • Motornya sering terbakar 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Berhentinya operasional boiler ➢ Perbaikannya lama
Blower Primery Rusak	<ul style="list-style-type: none"> • Kipasnya rusak 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Pengurangan kinerja boiler ➢ Kerusakan pada komponen lainnya

		seperti bearing
Pipa Connector Bocor	<ul style="list-style-type: none"> • Korosi 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Ketidakstabilan level air ➢ Pengehentian produksi
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Overheating</i> • Kotoran yang menumpuk 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Berpengaruh terhadap penurunan produksi ➢ Berhentinya operasional idf
Corong Bahan Bakar Boiler tersumbat	<ul style="list-style-type: none"> • Penumpukkan kotoran • Pengendapan kerak 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Menurunnya kinerja boiler ➢ Kerusakan komponen bagian katup boiler
Elmot SAF Boiler Rusak	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Overheating</i> • Kerusakan bearing 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Rusaknya komponen lainnya seperti katup dan pompa ➢ Mempengaruhi kinerja boiler
Elmot Fuel feeder Terbakar	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Overheating</i> • <i>Kurangnya maintenance</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Dapat menyebabkan gangguan proses pembakaran bahan bakar boiler ➢ Rusaknya equipment fuel feeder
Elmot IDF Terbakar	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Overheating</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Kerusakan pada bearing ➢ Pemberhentian produksi

Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat diketahui penyebab kerusakan pada masing-masing peralatan boiler beserta akibat kerusakannya, dan akibat terburuk dari kerusakan tersebut adalah boiler berhenti beroperasi. Sehingga mempengaruhi produksi. Sehingga terjadi penurunan produksi yang merugikan perusahaan.

• **Nilai Deteksi**

Nilai deteksi diperoleh melalui wawancara dengan pihak-pihak yang berpengalaman di

Divisi Pengolahan dan Perawatan PT. XYZ khususnya Asisten Pengolahan dan karyawan boiler. Penilaian deteksi dilakukan berdasarkan skala tabel deteksi FMEA yang mempertimbangkan kemampuan karyawan dalam mendeteksi jenis kerusakan melalui perawatan preventif. Hasil penentuan nilai deteksi dan rekapitulasi nilai Deteksi menurut tingkat kesulitan atau kemudahan dalam mendeteksi kerusakan, dapat dilihat pada Tabel.3 dan 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Deteksi

TIDAK	Jenis Kerusakan	Nilai Deteksi
1	Pipa Boiler Bocor	4
2	Pompa <i>fit tank</i> Rusak	4
3	Tungku Runtuh	4
4	Kaca Bocor	4
5	Blower IDF terbakar	3
6	Blower Primer	3
7	Pipa <i>Konektor</i> Bocor	3
8	Pasukan Pertahanan Israel Elmot Terbakar	3
9	Corong bahan bakar boiler tersumbat	3
10	Boiler Elmot SAF Rusak	3
11	Pengumpan Bahan Bakar Elmot Terbakar	3

Tabel. 4 Penentuan Standar Deteksi

No	Jenis Kerusakan	Nilai	Alasan pemberian nilai
1	Pipa Boiler Bocor	4	Kerusakan mudah terlihat ditandai dengan adanya kerak
2	Pompa Fit Tank Rusak	4	Kerusakan mudah di deteksi dengan adanya suara bergetar atau suara keras
3	Tungku bakar Runtuh	4	Kerusakan mudah terlihat ditandai dengan jatuhnya bahan perapian
4	Gelas Penduga bocor	4	Kerusakan mudah terlihat

5	Blower idf terbakar	3	Kerusakan mudah terlihat
6	Blower Primery	3	Kerusakan mudah terlihat
7	Pipa Connector Bocor	3	Kerusakan mudah terlihat
8	Elmot IDF Terbakar	3	Kerusakan mudah terlihat
9	Corong bahan bakar boiler tersumbat	3	Kerusakan mudah terlihat
10	Elmot SAF Boiler Rusak	3	Kerusakan mudah terlihat
11	Elmot Fuel feeder Terbakar	3	Kerusakan mudah terlihat

Berdasarkan **Tabel 2** dan **Tabel 3**, penilaian deteksi standar ditunjukkan dengan pemberian nilai sesuai dengan tingkat kesulitan atau kemudahan dalam mendeteksi kerusakan atau kegagalan peralatan boiler .

• **Penetapan Nilai SOP dan Perhitungan Nilai Risk Priority Number (RPN)**

Nilai RPN yang muncul menunjukkan tingkat kepentingan terhadap perhatian yang diberikan untuk area/komponen yang terdapat dalam sistem (Suherman dan Cahyana, 2019). Setelah diperoleh daftar jenis kegagalan yang terjadi dan efek kegagalan yang akan timbul. Setelah diperoleh daftar jenis kegagalan yang terjadi dan efek kegagalan yang akan timbul.

Selanjutnya dilakukan penentuan nilai severity, occurrence dan detection, serta perhitungan nilai risk priority number (RPN)[5]. Berikut merupakan rating Severity, occurrence, dan detection[16]. Setelah mengetahui komponen yang rusak atau gagal, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai Severity, Occurrence, dan Detection. Penentuan masing-masing nilai tersebut dilakukan melalui pengisian kuesioner, brainstorming,



wawancara, dan pengolahan data stagnasi yang telah diperoleh. Perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number*) menjadi bagian penting dalam tahap pembuatan FMEA untuk menentukan nilai prioritas risiko kritis dan tindakan perawatan atau perbaikan segera yang harus dilakukan serta prioritas dalam melakukan tindakan pencegahan. Berdasarkan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), diperoleh bahwa mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi adalah pipa boiler bocor, dengan nilai RPN sebesar 360. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko kebocoran pada pipa boiler merupakan risiko paling kritis dan harus menjadi prioritas utama dalam tindakan perawatan maupun pencegahan. Jika tidak segera ditangani melalui perawatan preventif, korektif, maupun prediktif, kegagalan ini dapat berdampak serius terhadap kinerja perusahaan, termasuk meningkatnya stagnasi produksi, menurunnya profit, membengkaknya biaya operasional, serta meningkatnya risiko kecelakaan kerja. Selanjutnya, risiko dengan nilai RPN terbesar kedua adalah pompa *Fit Tank* bocor dengan nilai 320, yang apabila tidak segera diatasi, berpotensi menyebabkan penurunan produksi secara signifikan, bahkan dalam skenario terburuk dapat menghentikan seluruh proses produksi.

Risiko dengan nilai RPN tertinggi ketiga adalah tungku bakar runtuh dan gelas penduga bocor, masing-masing memiliki nilai RPN sebesar 256. Kedua mode kegagalan ini berpotensi menyebabkan kerusakan pada komponen mesin lainnya dan membuat sistem tidak dapat beroperasi secara keseluruhan. Sebagai contoh, kerusakan seperti pipa boiler bocor dapat disebabkan oleh kerak yang menempel pada dinding pipa, di mana kerak tersebut merupakan akibat dari proses blow down yang tidak dilakukan secara teratur, sehingga mengakibatkan downtime pada stasiun boiler. Selanjutnya, nilai RPN keempat sebesar 240 dimiliki oleh dua mode kegagalan yaitu elmot IDF terbakar dan blower IDF terbakar. Jika kedua risiko ini tidak ditangani dengan tepat, maka dapat menurunkan performa dari sistem boiler secara menyeluruh. Oleh karena itu, langkah mitigasi risiko melalui manajemen perawatan yang terstruktur sangat diperlukan guna memastikan keberlangsungan operasional dan mencegah potensi kerugian besar pada perusahaan. Nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* serta RPN dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel. 4 Nilai SOD dan Penentuan RPN

NO	Nama Komponen	Jenis Kegagalan	Efek Kegagalan	Rating			RPN
				Severity	Occurency	Dettection	
1	Pipa Boiler	Pipa Boiler Bocor	Mesin tidak dapat beroperasi selama 2 - 3 hari Kegagalan Proses Produksi Dapat membuat boiler meledak Menumpuknya crust boiler Biaya Operasional tinggi	9	10	4	360
2	Pompa Fit Tank	Pompa Fit Tank Rusak	kebocoran pada pompa fit tank menyebabkan proses produksi dihentikan dan kerusakan pada komponen lain seperti katup pompa	8	10	4	320
3	Tungku bakar	Tungku bakar Runtuh	Bahan bakar tungku perapian runtuh Mengganggu proses produksi	8	8	4	256
4	Gelas Penduga	Gelas Penduga Bocor	Ketidakstabilan level air Biaya operasional tinggi	8	8	4	256
5	Blower idf	Blower idf terbakar	Berhentinya operasional boiler Perbaikannya lama	8	10	3	240
6	Blower Primery	Blower Primery Rusak	Pengurangan kinerja boiler Kerusakan pada komponen lainnya seperti bearing	7	6	3	126

7	Pipa Connector	Pipa Connector Bocor	Ketidakstabilan level air Pengehentian produksi	8	9	3	216
8	Elmot IDF	Elmot IDF Terbakar	Ketidakstabilan level air Pengehentian produksi Berpengaruh terhadap penurunan produksi Berhentinya operasional idf	8	10	3	240
9	Corong bahan bakar boiler	Corong bahan bakar boiler tersumbat	Menurunnya kinerja boiler Kerusakan komponen bagain katup boiler	7	6	3	126
7	Elmot SAF Boiler	Elmot SAF Boiler Rusak	Rusaknya komponen lainnya seperti katup dan pompa Mempengaruhi kinerja boiler	7	7	3	147
11	Elmot Fuel Feeder	Elmot Fuel Feeder Terbakar	Dapat menyebabkan gangguan proses pembakaran bahan bakar boiler Rusaknya equipment fuel feeder	8	9	3	216
Total Nilai RPN							2503

Sumber: Pengolahan Data 2024

Berdasarkan hasil perhitungan Risk Priority Number (RPN) diperoleh mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi adalah pipa boiler bocor, dengan nilai RPN sebesar 360. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko kebocoran pada

pipa boiler merupakan risiko paling kritis dan harus menjadi prioritas utama dalam tindakan perawatan dan pencegahan. Apabila tidak segera ditangani melalui perawatan preventif, korektif, maupun prediktif, kegagalan ini dapat berdampak serius pada kinerja perusahaan, antara lain meningkatkan stagnasi produksi,

menurunkan laba, meningkatkan biaya operasional, dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Selanjutnya risiko dengan nilai RPN terbesar kedua adalah pompa *Fit Tank* bocor dengan nilai sebesar 320, yang apabila tidak segera ditangani berpotensi menyebabkan penurunan produksi secara signifikan, bahkan dalam skenario terburuk dapat menghentikan seluruh proses produksi.

Risiko dengan nilai RPN tertinggi ketiga adalah furnace yang kolaps dan probe glass yang bocor, masing-masing memiliki nilai RPN sebesar 256. Kedua mode kegagalan ini berpotensi menimbulkan kerusakan pada komponen mesin lainnya dan membuat sistem tidak dapat beroperasi secara keseluruhan. Misalnya kerusakan seperti pipa boiler yang bocor dapat disebabkan oleh kerak yang menempel pada dinding pipa, dimana kerak tersebut merupakan akibat dari proses blow down yang tidak dilakukan secara berkala sehingga mengakibatkan downtime pada stasiun boiler. Selanjutnya nilai RPN keempat sebesar 240 dimiliki oleh dua mode kegagalan yaitu terbakarnya elmot IDF dan terbakarnya blower IDF. Apabila kedua risiko ini tidak ditangani dengan baik, maka dapat menurunkan kinerja sistem boiler secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan langkah mitigasi risiko melalui manajemen perawatan yang terstruktur untuk menjamin kelangsungan operasional dan mencegah potensi kerugian yang besar bagi perusahaan.

Berdasarkan tabel 4 di atas, dapat diketahui nilai RPN dari masing-masing risiko. Sehingga dapat ditentukan risiko kritis yang perlu diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perbaikan. Risiko kritis ini selanjutnya akan dianalisis untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kemunculannya dan mencari alternatif solusi yang tepat untuk mengatasi risiko kegagalan. Suatu risiko dikatakan kritis apabila nilai RPN-nya melebihi batas titik kritis yang ditentukan dari nilai RPN rata-rata dari seluruh risiko yang teridentifikasi.

$$\text{Batas Titik Kritis RPN} = \frac{\text{Total RPN}}{\text{Jumlah Risiko}}$$

$$\text{Batas Titik Kritis RPN} = \frac{2503}{11}$$

$$\text{Batas Titik Kritis RPN} = 227,54$$

Berdasarkan hasil perhitungan FMEA, diperoleh 6 risiko kritis. Nilai RPN dari 6 risiko kritis tersebut berada di atas 227,54 yang merupakan nilai RPN kritis. Daftar risiko kritis dapat dilihat pada **Tabel 5**.

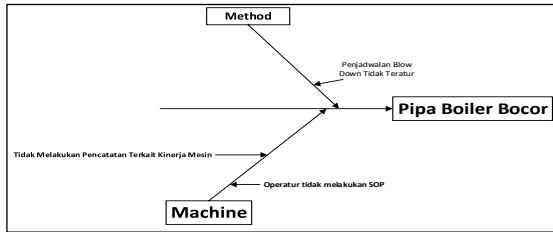
Tabel 5. Daftar Resiko Kritis

NO	Nama Komponen	Jenis Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Pipa Boiler	Pipa Boiler Bocor	9	10	4	360
2	Pompa Fit Tank	Pompa Fit Tank Rusak	8	10	4	320
3	Tungku bakar	Tungku bakar Runtuh	8	8	4	256
4	Gelas Penduga	Gelas Penduga Bocor	8	8	4	256
5	Blower idf	Blower idf terbakar	8	10	3	240
6	Elmot Idf	Elmot Idf Terbakar	8	10	3	240

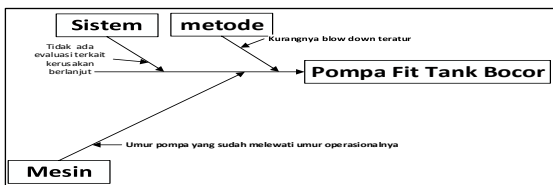
Berdasarkan hasil perhitungan *risk priority number* (RPN) **tabel. 5** diatas, dapat dilihat pipa boiler bocor memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 360, sehingga menjadi prioritas utama untuk dilakukan tindakan perawatan atau pencegahan. Jika tidak segera ditangani dengan perawatan preventif, korektif, dan prediktif, maka kinerja perusahaan dapat terganggu, termasuk meningkatnya stagnasi, penurunan profit, biaya operasional yang tinggi, dan risiko kecelakaan kerja yang tinggi.

• Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Boiler

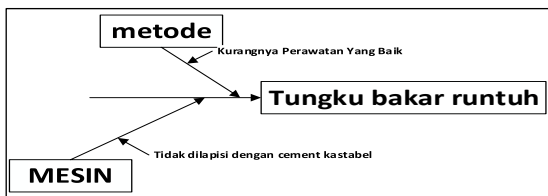
Pada bagian identifikasi faktor penyebab kerusakan boiler. Data observasi lapangan dan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa pipa boiler bocor merupakan penyebab kerusakan tertinggi yang mempengaruhi kinerja boiler di PT. XYZ. Kemudian dilakukan analisis diagram tulang ikan untuk mengidentifikasi 5 faktor utama penyebab kerusakan pipa boiler bocor yaitu manusia, mesin, metode, lingkungan, dan sistem. Berdasarkan 6 titik kritis yang harus diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan, faktor tersebut dapat dilihat secara detail pada **Gambar 3, 4, 5, 6, 7, 8** yang dapat membantu dalam memahami akar penyebab kerusakan dan menentukan langkah perbaikan yang tepat.



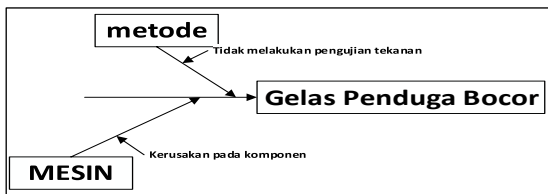
Gambar. 3 Fishbone Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Pipa Boiler Bocor



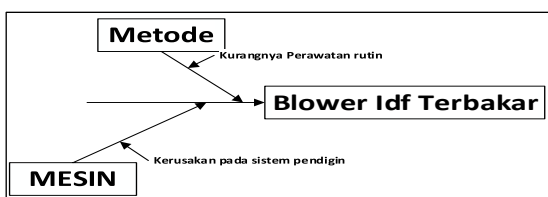
Gambar. 4 Fishbone Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Pompa Fit Tank Bocor



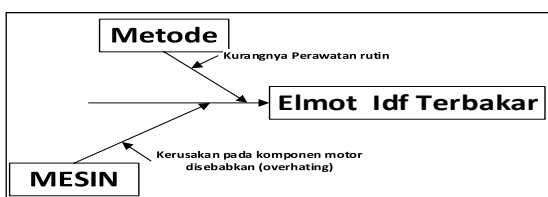
Gambar. 5 Fishbone Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Tungku Bakar Runtuh



Gambar. 6 Fishbone Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Gelas Penduga Bocor



Gambar.7 Fishbone Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Blower Idf Terbakar



Gambar. 8 Fishbone Diagram Identifikasi Faktor Penyebab Elmot Idf Terbakar

Berdasarkan Gambar 3, 4, 5, 6, 7, 8 dapat diketahui bahwa faktor penyebab kerusakan boiler dipengaruhi oleh lima unsur yaitu manusia, mesin, metode, sistem, dan lingkungan. Dari kelima unsur tersebut didapatkan faktor penyebab kerusakan pada 6 komponen. Oleh karena itu perlu adanya prioritas perbaikan. Agar produktivitas perusahaan berjalan lancar.

• **Solusi Alternatif untuk Meningkatkan Kinerja Mesin Boiler**

Setelah mengetahui permasalahan yang berhubungan dengan kerusakan yang terjadi pada stasiun kerja boiler. Hal tersebut berdampak pada kinerja perusahaan diantaranya adalah kegagalan proses produksi, berkurangnya jam operasional pabrik yang efektif, meningkatnya biaya operasional, berkurangnya kapasitas produksi, berkurangnya pendapatan atau laba perusahaan. Adapun solusi untuk meningkatkan kinerja boiler dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 9. Solusi Alternatif Terkait Kerusakan Boiler

Faktor Penyebab	Alternatif Solusi	Kategori Maintenance
Penjadwalan Blow Down Tidak Teratur	Melakukan Blow Down Yang Teratur Setiap 2 Sampai 3 Jam Sekali. Berdasarkan Hasil Uji Air Lab Yang Terdapat Di Pabrik Pengolahan	Preventif
Adanya Endapan Crust Boiler Yang Menyebabkan Tidak Merata. Sehingga	Menggunakan Bahan Atau Lapisan Cement Yang Kastabel Untuk Tungku Bahan Bakar	

Terjadi Overheating		
Adanya terjadinya kerusakan mesin secara tiba – tiba. Sehingga menyebabkan produksi terganggu	Melakukan Tindakan Pemeriksaan Bagian Luar Maupun Dalam Menggunakan Alat Bantu Terhadap Mesin-Mesin Secara Teratur Setiap Hari Selama Mesin Beroperasi.	
Adanya tidak stabilan water treatmen. Sehingga berdampak terhadap kualitas steam	Melakukan Pengecekan Untuk Mendeteksi Setiap Perbedaan Akurasi Untuk Setiap Komponen Mesin Dan Motor Elektrik Agar Tidak Terjadinya Konslet Atau Kebakaran	
Adanya Komponen Yang Terbakar Yang Disebabkan Oleh Faktor Life Time Komponen	Melakukan Pengujian Secara Berkala Yang Bertujuan Untuk Menentukan Batas Umur Penggunaan Komponen Mesin Dan Mendeteksi Kerusakan Yang Terjadi.	
Adanya kerusakan komponen yang	Melakukan Service Berupa Tindakan Penggantian	

disebabkan penggantian oli yang tidak teratur	Komponen Mesin Seperti Bearing, Roda Gigi Setiap 3 Bulan Sekali, Melakukan Pembersihan, Pelumasan/Penggantian Pelumas Setiap Seminggu Sekali.	
Banyaknya komponen yang rusak, disebabkan kurangnya perawatan mesin	Membuat Perencanaan Dan Penjadwalan Perawatan Harian, Mingguan, Bulanan, 3 Bulanan, 6 Bulanan Dan Tahunan.	
Adanya kerusakan komponen mesin. Sehingga berdampak pada kinerja boiler	Melakukan perbaikan terhadap mesin dan komponen mesin yang mengalami kerusakan.	
Adanya kerusakan yang menyebabkan terjadinya <i>downtime</i> yang sangat lama, sehingga merugikan perusahaan	Melakukan overhaul secara periodik baik minor overhaul maupun mayor overhaul.	Korektif <i>Maintenance</i>
Adanya Kerusakan Pada Mesin Dan Komponen, Yang Disebabkan Oleh Faktor <i>Life Time</i>	Melakukan Monitoring terhadap adanya vibrasi yang terjadi pada mesin dan komponennya	Prediktif <i>Maintenance</i>

Maupun Pemakain Komponen Yang Melewati Batas Kemampuan Mesin		
Adanya Kebocoran Pipa Boiler Yang Disebabkan Oleh Penumpukan Crust Boiler Dan Menyebabkan Overheating	Melakukan monitoring terhadap pipa boiler untuk mendeteksi adanya keretakan, kebocoran yang terjadi pada pipa boiler	
Adanya debu dan partikel dapat menyebabkan kerusakan pada komponen minyak atau bahan kimia yang terkandung di dalamnya	Melakukan analisis minyak pelumas terhadap kontaminasi agar zat lain berupa debu, kotoran yang tidak dapat memicu kerusakan pada bearing, roda gigi dan komponen mesin.	
Terjadinya overheating yang disebabkan oleh pemakaian secara intens	Melakukan tindakan Analisis terhadap komponen - komponen yang dapat menyebabkan keausan pada komponen mesin	

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan solusi yang diberikan untuk mengatasi dan meminimalisir kerusakan pada komponen boiler yang bertujuan untuk meningkatkan

produktivitas perusahaan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kerusakan pada boiler di PT. XYZ memiliki dampak signifikan terhadap proses produksi, dengan *downtime* yang tinggi akibat kerusakan pipa boiler. Penelitian ini sejalan dengan penelitian - penelitian terdahulu yang menunjukkan pentingnya analisis risiko dan pemeliharaan yang tepat untuk meningkatkan efisiensi operasional. Dengan menggunakan metode FMEA dan Fishbone Diagram, penelitian ini berhasil mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan dan memberikan alternatif solusi perbaikan yang dapat diterapkan untuk mengurangi downtime dan meningkatkan produktivitas perusahaan.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan menggunakan metode *failure modes effect analysis* (FMEA) dan *Fishbone* diagram. Maka diperoleh berupa kesimpulan dan saran. Adapun kesimpulan dan saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil identifikasi tingkat kerusakan menggunakan failure mode effect analysis (FMEA) didapatkan terdapat 6 risiko kritis dengan nilai RPN tertinggi dari 11 risiko yang harus diprioritaskan terlebih dahulu yaitu Pipa Boiler, Fit Tank Pump, Burning Furnace, Estimator Glass, Blower IDF, Elmot IDF, apabila tidak diprioritaskan perbaikan untuk 6 komponen tersebut. Maka akan sangat mempengaruhi jalannya produksi di perusahaan tersebut.
2. Berdasarkan faktor penyebab kerusakan yang diidentifikasi menggunakan analisis diagram tulang ikan mengenai kerusakan pipa boiler bocor di PT. XYZ, maka teridentifikasi lima faktor penyebab yaitu manusia, metode, mesin, lingkungan, dan sistem. Dari sisi manusia yaitu ketidakdisiplinan operator dalam pencatatan jurnal harian dan kelalaian dalam melakukan blow down, terjadinya kerak boiler sehingga mengakibatkan panas berlebih dan

kerusakan pada pipa boiler. Usulan solusi yang diberikan yaitu kebijakan punishment, penjadwalan blow down yang teratur. Pada metode, penjadwalan blow down yang tidak teratur dan pembersihan kerak boiler yang tidak teratur menjadi permasalahan, dengan solusi berupa penjadwalan blow down berdasarkan hasil uji lab air. Faktor mesin, perawatan yang kurang baik dan penggunaan mesin yang melampaui batas servis diatasi dengan perawatan preventif dan pelaporan harian. Lingkungan yang lembab baik dari tanah gambut maupun lantai stasiun boiler menjadi pemicu terjadinya korosi sehingga perlu mendapat perhatian lebih. Terakhir, sistem yang lemah dan kurangnya evaluasi kerusakan sehingga memerlukan perbaikan dalam penerapan SOP dan evaluasi permasalahan.

Saran

Adapun saran dalam penelitian ini, diharapkan peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode yang lain yang dapat mengetahui berapa kerugian terkait penurunan produktivitas. Karena dalam penelitian ini tidak ada pembahasan terkait angka pasti berapa kerugian yang di alami oleh perusahaan akibat penurunan produktivitas.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Sugiharto, "Tinjauan Teknis Pengoperasian dan Pemeliharaan Boiler," *Swara Prata*, vol. 6, no. 2, hal. 56–69, 2016.
- [2] H. Darmadi, N. Nelza, Muhammad Iqbal Harapan Muslim Siregar, D. Kurnia, dan Yudhi Bastanta, "Analisa Laju Korosi Ketebalan Pipa Baja Karbon Pada Proses Pembakaran Di Unit Boiler," *J. Ilm. Tek. Mesin, Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 1, hal. 64–73, 2023, [doi: 10.51903/juritek.v3i1.920](https://doi.org/10.51903/juritek.v3i1.920).
- [3] Y. Hisprastin dan I. Musfiroh, "Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri," *Maj. Farmasetika*, vol. 6, no. 1, hal. 1, 2020, [doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106](https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i1.27106).
- [4] A. Kuswardana, N. E. Mayangsari, dan H. N. Amrullah, "Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Method And 5 – Why Analysis) di PT . PAL Indonesia," *Conf. Saf. Eng. Its Appl.*, hal. 141–146, 2017.
- [5] I. S. Haq, A. Y. Darma, dan R. A. Batubara, "Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Identifikasi Kegagalan Mesin untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan di Pabrik Kelapa Sawit Libo," *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 3, no. 1, 2021, [doi: 10.36870/jvti.v3i1.209](https://doi.org/10.36870/jvti.v3i1.209).
- [6] G. Muhaemin dan A. E. Nugraha, "Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 9, hal. 205–219, 2022.
- [7] Salsabila Gina Nursyfa, Ika Yuliyani, dan Ratu Fenny Muldiani, "Pengaruh Main Overhaul pada Boiler Terhadap Kinerja Menggunakan Metode Direct," *J. Surya Tek.*, vol. 11, no. 1, hal. 357–362, 2024, [doi: 10.37859/jst.v11i1.7325](https://doi.org/10.37859/jst.v11i1.7325).
- [8] D. T. Yulianti dan A. T. Prastowo, "Pengembangan Digitalisasi Perawatan Kesehatan Pada Klink Pratama Sumber Mitra Bandar Lampung," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, hal. 32–39, 2021.
- [9] I. Hermawan dan W. J. Sitepu, "Tinjauan Perawatan Mesin Mixing Pada Ud Roti Mawi," *J. Teknovasi*, vol. 02, no. 1, hal. 117–128, 2015.
- [10] E. Comission, "济無No Title No Title No Title," vol. 4, no. 1, hal. 1–23, 2016.
- [11] "No Title," *Amandita*, 2024.
- [12] W. N. Muslih Nasution, Ahmad Bakhori, "Manfaat Perlunya

Manajemen Perawatan Untuk Bengkel
Maupun Industri,” *Bul. Utama Tek.*,
vol. 3814, hal. 248–252, 2021.

- [13] S. B. Marpaung, D. A. A. Ritonga, dan
A. Irwan, “Analisa Risk Priority
Number (Rpn) Terhadap Keandalan
Komponen Mesin Thresher Dengan
Menggunakan Metode Fmea Di
Pt.Xyz,” *JiTEKH*, vol. 9, no. 2, hal. 74–
81, 2021, [doi:
10.35447/jitek.v9i2.427](https://doi.org/10.35447/jitek.v9i2.427).
- [14] O. Yakarimilena, “Proses Produksi Di
Pt. Perkebunan Nusantara Ii Kebun
Arso Menggunakan Failure Modes and
Effect Analysis (Fmea) Dan Fishbone
,” 2019.
- [15] Anggy Iswanto, “Analisa Penyebab
Kerusakan Pada Boiler Dengan Metode
Failure Mode Effect Analysis,” 2020.
- [16] D. A. Nurjanah, I. L. Kusminah, A. N.
Rachmat, dan N. Nabella, “Analisis
Penentuan Komponen Kritis Small
Excavator Menggunakan Metode
FMEA dan Diagram Pareto,” *J. Safety,
Heal. Environ. Eng.*, vol. 1, no. 1, hal.
7–15, 2024, [doi:
10.33863/jshee.v1i1.19](https://doi.org/10.33863/jshee.v1i1.19).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

