

**ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN PADA MESIN BOILER DENGAN
MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)*
(Studi Kasus : PT. SINERGI BREBES INOVATIF)**

Bayu Alfazeri ¹, Muhammad Sagaf ², Nuzulia Khoiriyah ³
^{1,2,3}Teknik Industri, Univeritas Islam Sultan Agung Semarang
Jl. Raya Kaligawe KM. 4 Semarang

Kontak Person

Bayu Alfazeri
Jl. Raya kaligawe KM. 4 Semarang
Kota Semarang, 50112
Telp: +6285640000156, bayualfazeri@std.unissula.ac.id

ABSTRAK

PT Sinergi Brebes Inovatif adalah sebuah perusahaan yang dimiliki dan dikelola oleh kelompok tani dengan fokus memproduksi olahan dari bawang merah berupa produk Pasta Bawang Merah, Bawang Goreng, dan Bawang Crispy. Tercatat pada produksi periode tahun 2023, PT. Sinergi Brebes Inovatif hamper tiap bulan terjadi kendala pada kerusakan mesin *boiler*. Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai RPN tertinggi yaitu kerusakan pada komponen burner. Kerusakan yang terjadi adalah Burner Nilai RPN yang diperoleh dari burner yang tersumbat yaitu sebesar 294. tersumbat yang disebabkan oleh Adanya kotoran atau debu yg masuk ke dalam ruang pembakaran sehingga mengakibatkan Api yang dihasilkan burner tidak maksimal. Nilai RPN tertinggi kedua yaitu kerusakan pada perpak/paking. Nilai RPN yang diperoleh dari kerusakan komponen perpak rembes yaitu sebesar 280. Kerusakan yang terjadi yaitu perpak rembes yang disebabkan oleh perpak yang aus sehingga Saluran terhambat dan aliran tidak maksimal. Berikut usulan/rekomendasi dari penulis untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan burner tersumbat yaitu Dibuatkan *exhaust fan* agar kotoran/debu dapat dibuang keluar sehingga area kerja bersih. Dilakukan sosialisasi kepada operator tentang kebersihan area kerja dan pengecekan bahan bakar secara teiti. Dilakukan perawatan mesin secara rutin dan berkala. Penggunaan mesin sesuai SOP mesin dan kapasitas mesin. Pengecekan bahan bakar secara teliti dan pengecekan kebersihan wadah bahan bakar. Rekomendasi yang diberikan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan perpak rembes terjadi kembali yaitu pengoperasian mesin harus sesuai prosedur agar tekanan sesuai dengan kapasitas mesin, penggunaan pelumas mesin dengan kualitas yang baik, sosialisasi kepada operator terkait penggunaan pelumas dan bahan bakar yg digunakan di mesin, perawatan mesin secara teratur dan penggunaan perpak dengan kualitas yg baik.

Kata kunci: *PT. Sinergi Brebes Inovatif, Mesin Boiler, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

ABSTRACT

*PT Sinergi Brebes Inovatif adalah sebuah perusahaan yang dimiliki dan dikelola oleh kelompok tani dengan fokus memproduksi makanan dari bawang merah berupa produk Pasta Bawang Merah, Bawang Goreng, dan Bawang Crispy. Tercatat pada periode produksi tahun 2023, PT. Sinergi Brebes Inovatif hamper tiap bulan terjadi kendala pada kerusakan mesin boiler. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai RPN tertinggi yaitu kerusakan pada komponen burner. Kerusakan yang terjadi adalah Burner Nilai RPN yang diperoleh dari burner yang tersumbat yaitu sebesar 294. tersumbat yang disebabkan oleh adanya kotoran atau debu yang masuk ke dalam ruang pembakaran sehingga mengakibatkan Api yang dihasilkan burner tidak maksimal. Nilai RPN tertinggi kedua yaitu kerusakan pada paking/paking. Nilai RPN yang diperoleh dari kerusakan komponen perpak rembes yaitu sebesar 280. Kerusakan yang terjadi yaitu perpak rembes yang disebabkan oleh perpak yang aus sehingga Saluran terhambat dan aliran tidak maksimal. Berikut usulan/rekomendasi dari penulis untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan burner tersumbat yaitu Dibuatkan *exhaust fan* agar kotoran/ debu dapat dibuang keluar sehingga area kerja bersih. Dilakukan sosialisasi kepada operator tentang kebersihan area kerja dan pengecekan bahan bakar secara teiti. Dilakukan perawatan mesin secara rutin dan berkala. Penggunaan mesin sesuai SOP mesin dan kapasitas*

mesin. Pengecekan bahan bakar secara menyeluruh dan pengecekan kebersihan wadah bahan bakar. Rekomendasi yang diberikan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan perpak rembes terjadi kembali yaitu pengoperasian mesin harus sesuai prosedur agar tekanan sesuai dengan kapasitas mesin, penggunaan pelumas mesin dengan kualitas yang baik, sosialisasi kepada operator terkait penggunaan pelumas dan bahan bakar yg digunakan di mesin, perawatan mesin secara teratur dan penggunaan pak dengan kualitas yang baik.

Keyword: PT. Sinergi Brebes Inovatif, Boiler Machine, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

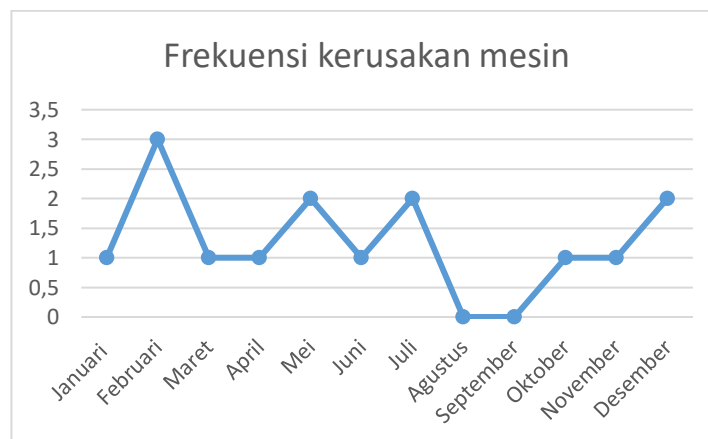
PENDAHULUAN

PT Sinergi Brebes Inovatif adalah sebuah perusahaan yang dimiliki dan dikelola oleh kelompok tani dengan focus memproduksi olahan dari bawang merah berupa produk Pasta Bawang Merah, Bawang Goreng, dan Bawang Crispy. PT Sinergi Brebes Inovatif didirikan pada tahun 2018, atas dasar fluktuasi harga bawang merah ketika panen raya, harga selalu jatuh. Peralatan yang digunakan dalam menunjang kelancaran pelayanan dan pengoperasian pada sebuah industri dibutuhkan mesin yang memadai diantaranya adalah boiler (Haq *et al.*, 2021).

Menurut (Jeremiah, 2019) boiler atau ketel uap merupakan mesin yang memiliki perananan penting bagi kelangsungan kinerja dari suatu proses pengolahan bawang merah dengan kata lain boiler berperan sebagai jantung. Fungsi dari ketel uap adalah menghasilkan uap yang digunakan untuk kebutuhan proses produksi suatu perusahaan.

Sistem ketel uap sering terjadi kerusakan pada bagian pipa yang berguna untuk mengalirkan uap yang dihasilkan oleh proses pembakaran bahan bakar. Pipa mengalami keretakan dan mengalami pecah dikarenakan pembentukan kerak di bagian dalam pipa. Kerak yang terbentuk di bagian dalam pipa bersifat isolasi terhadap panas dan mengakibatkan pipa terlalu banyak menerima panas (*overheating*) karena panas tidak terdistribusi secara total ke air umpan yang mengalir di dalamnya (Zakaria *et al.*, 2023).

Berdasarkan pengamatan dan pengambilan data di PT. Sinergi Brebes Inovatif. Berikut adalah frekuensi kerusakan pada mesin *boiler* di PT. Sinergi Brebes Inovatif dalam periode januari sampai desember 2023.



Gambar 1. Diagram frekuensi kerusakan mesin

Tercatat produksi periode tahun 2023 terdapat pada Gambar 1. bahwa hampir setiap bulan PT.Sinergi Brebes Inovatif terjadi kendala pada kerusakan mesin *boiler*. Hal ini sangat menghambat proses produksi sehingga perusahaan mengalami kerugian. Adapun kerusakan pada mesin *boiler* tersebut mengakibatkan produksi tidak bisa dilakukan.

Dari latar belakang di atas maka peneliti tertarik untuk mengetahui analisis mengidentifikasi penyebab Kerusakan Boiler Terhadap Kegagalan Proses Produksi Di PT. Sinergi Brebes Inovatif

METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian dengan melakukan studi lapangan. Studi lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi nyata di PT. Sinergi Brebes Inovatif untuk menentukan dasar masalah dan area penelitian yang akan diteliti. Setelah mendapatkan permasalahan yang terjadi, penulis melakukan analisa kerusakan mesin boiler menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), kemudian dilakukan studi Pustaka untuk mendapatkan rujukan yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang ada. Studi pustaka didapatkan dari jurnal, textbook, makalah, dan lain sebagainya. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data. Tahap ini dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data primer didapat dari metode wawancara dengan cara membagikan kuesioner kepada pihak-pihak yang bersangkutan di PT. Sinergi Brebes Inovatif. Data sekunder biasanya berupa dokumen, file, atau catatan-catatan dari perusahaan. Data yang diperoleh melalui dokumentasi perusahaan dan sumber lainnya yang berkaitan dengan penelitian. Langkah selanjutnya adalah pengolahan data, yaitu identifikasi dampak yang ditimbulkan jika terjadi kerusakan pada mesin *boiler* dan menghitung nilai RPN menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tahap berikutnya adalah mengevaluasi faktor-faktor penyebab kerusakan mesin hasil dari perhitungan nilai RPN tertinggi. Tahap pembahasan fokus pada kerusakan mesin *boiler* yang digunakan pada produksi bawang merah di perusahaan PT. Sinergi Brebes Inovatif menggunakan metode *Failur Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil yang didapatkan nantinya akan diusulkan kepada perusahaan agar dapat dipertimbangkan untuk mengurangi kerusakan pada mesin *boiler*. Metode *Failur Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat digunakan untuk mencari atau mengetahui akar permasalahan dalam kerusakan yang terjadi, sehingga dapat mempertimbangkan resiko yang berkaitan dengan kerusakan tersebut dan melakukan tindakan perbaikan. Penarikan kesimpulan dilakukan merujuk pada hasil pengolahan data dan analisa yang dilakukan. Tahap berikutnya adalah memberikan usulan/rekomendasi kerusakan mesin *boiler*. Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam penelitian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses Produksi PT. Sinergi Brebes Inovatif

Berikut adalah proses produksi yang dilakukan di PT. Sinergi Brebes Inovatif untuk menghasilkan berbagai varian olahan bawang merah:

1. Pemilihan Bahan Baku
2. Pengupasan
3. Penyortiran
4. Pencucian
5. Penirisan
6. Pengirisan
7. Perendaman
8. Pengeringan
9. Pengolahan Bahan
10. Penggorengan
11. Penirisan produk jadi
12. Pengemasan

Komponen-Komponen Mesin Boiler

Boiler atau ketel uap terdiri dari berbagai komponen yang membentuk satu kesatuan sehingga dapat menjalankan operasinya, diantaranya:

1. *Burner*
2. *Steam Drum*
3. *Safety Valve*
4. Kontrol Panel
5. Cerobong Asap
6. *Economizer*

Data Kerusakan Mesin

Berdasarkan pengamatan dan pengambilan data di PT. Sinergi Brebes Inovatif. Berikut adalah frekuensi kerusakan pada mesin *boiler* di PT. Sinergi Brebes Inovatif dalam periode Januari sampai Desember 2023. Data frekuensi kerusakan mesin, dapat dilihat pada tabel 1, berikut :

Tabel 1. Data frekuensi kerusakan mesin *Boiler* PT. Sinergi Brebes Inovatif

No.	Bulan	Frekuensi Kerusakan	Jenis Kerusakan	Komponen
1	Januari	1	Sensor Pengapian Kotor	Burner
2	Februari	3	Seal Pipa Rembes, Perpak Bocor, Pipa Berkarat	Safety Valve, Burner
3	Maret	1	Pembuangan solar mengendap	Inner Pipa
4	April	1	Pipa Cerobong Rusak	Cerobong Asap
5	Mei	2	Seal pipa Rembes dan Perpak Bocor	Safety Valve
6	Juni	1	Sensor Pengapian Kotor	Burner
7	Juli	2	Pipa Cerobong Rusak dan Sensor Pengapian Kotor	Cerobong Asap & Burner
8	Agustus	0		
9	September	0		
10	Oktober	1	Seal pipa Rembes	Burner
11	November	1	Perpak Bocor	Safety Valve
12	Desember	2	Pipa Cerobong Rusak dan Pembuangan Solar Mengendap	Cerobong Asap, Inner pipa

Tabel 1 menunjukkan bahwa mesin *boiler* di PT. Sinergi Brebes Inovatif mengalami kendala hampir setiap bulan. Kerusakan pada mesin *boiler* tersebut mengakibatkan produksi tidak bisa dilakukan. Komponen yang rusak pada mesin *boiler* yaitu pada bagian RBL. Komponen ini digunakan sebagai pengatur jalannya sistem mesin *boiler*. Proses untuk mengetahui faktor penyebab kerusakan boiler yang menyebabkan kegagalan proses produksi di PT. Sinergi Brebes Inovatif menggunakan metode (*FMEA*) dan untuk mengetahui faktor kunci penyebab kerusakan (Danish & Zakaria, 2023).

Identifikasi Komponen Mesin Yang Rusak

Penelitian yang telah dilakukan di PT. Sinergi Brebes Inovatif, mampu mengidentifikasi beberapa komponen yang sering mengalami kerusakan. Komponen yang mengalami kerusakan, fungsi dan juga failure mode yang terdapat pada komponen dapat dilihat pada tabel 2, berikut :

Tabel 2. Komponen yang mengalami kerusakan

No.	Komponen	Fungsi	Failure mode
1	Burner	Untuk melakukan mixing antara udara dan bahan bakar	Proses aliran bahan bakar pada burner tersumbat
2	Safety valve	Untuk membuang tekanan uap yang berlebihan	Komponen di dalam Safety valve terdapat karat
3	Inner Pipa	Penghubung fluida	Banyaknya kotoran pada inner pipa sehingga pipa tersumbat
4	Pipa Cerobong	Membuang/menyalurkan gas dan udara panas hasil dari pembakaran di mesin boiler	Terdapat karat pada cerobong asap dibagian dalam
5	Perpak (Paking)	Untuk mencegah kebocoran	Perpak pada bagian safety valve mengalami rembes
6	Steam Drum	menyediakan uap yang bersih dan kering menuju ke superheater dan turbin uap	Kegagalan proses pada kinerja steam drum yang tidak normal

Dari data kerusakan komponen yang terjadi di PT. Sinergi Brebes Inovatif, penentuan *failure mode*, *failure effect*, dan *failure cause* dari tiap-tiap kerusakan komponen mesin boiler dapat dilihat pada tabel 3, sebagai berikut :

Tabel 3. Penentuan *failure mode*, *failure effect*, dan *failure cause*

No	Komponen	Failure mode	Failure effect	Failure cause
1	Burner	Proses aliran bahan bakar pada burner tersumbat	Api yang dihasilkan burner tidak maksimal	Adanya kotoran atau debu yg masuk ke dalam ruang pembakaran
2	Safety valve	Komponen di dalam Safety valve terdapat karat	Safety valve menjadi kotor dan susah digunakan	Uap panas yang dibiarkan sehingga menjadi air
3	Inner Pipa	Banyaknya kotoran pada inner pipa sehingga pipa tersumbat	Aliran fluida tidak maksimal	pengendapan kotoran di inner pipa
4	Pipa Cerobong	Terdapat karat pada cerobong asab dibagian dalam	Korosi yang dibiarkan dapat membuat pipa patah dan kebocoran gas	gas buang mengandung air karena suhu yang lembap
5	Perpak (Paking)	Perpak pada bagian safety valve mengalami rembes	Saluran terhambat dan aliran tidak maksimal	Perpak yang aus
6	Steam Drum	Kegagalan proses pada kinerja steam drum yang tidak normal	Kebutuhan uap yang menuju superheater menjadi tinggi	Adanya komponen steam drum yang aus

Setelah diketahui beberapa indicator dari tiap *Failure Mode*, *Failure Effect*, dan *Failure Cause*, maka tahap selanjutnya adalah penentuan nilai *Severity (S)*, *Detection (D)*, dan *Occurance (O)* dimana hasil perolehan nilai RPN yang dapat dilihat pada tabel 4, sebagai berikut :

Tabel 4. Nilai RPN

No.	Komponen	S	O	D	RPN
1.	Burner	6	7	7	294
2.	Perpak (Paking)	5	8	7	280
3.	Inner Pipa	7	4	5	140
4.	Safety valve	5	5	4	100
5	Steam Drum	6	3	5	90
6.	Pipa Cerobong	3	4	4	48

Nilai Risk Priority Number (RPN)

Penggalan data untuk mendapatkan nilai *Severity (S)*, *Detection (D)*, dan *Occurance (O)* dilakukan melalui wawancara dengan pihak terkait yang ahli dalam penanganan mesin di PT. Sinergi Brebes Inovatif. Diperoleh nilai RPN guna untuk mengetahui potensi penyebab kerusakan tertinggi. Penyebab kerusakan komponen mesin boiler kemudian diurutkan berdasarkan nilai RPN tertinggi hingga terendah untuk mengetahui penyebab kerusakan tertinggi. Rekapitulasi Nilai RPN tertinggi hingga terendah dapat dilihat pada tabel 5, sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai RPN Tertinggi Sampai Terendah

No.	Komponen	Failure mode	Failure effect	Failure cause	RPN
1	Burner	Proses aliran bahan bakar pada burner tersumbat	Api yang dihasilkan burner tidak maksimal	Adanya kotoran atau debu yg masuk ke dalam ruang pembakaran	294
2	Perpak (Paking)	Komponen di dalam Safety valve terdapa karat Banyaknya kotoran pada inner pipa sehingga pipa tersumbat	Saluran terhambat dan aliran tidak maksimal	Perpak yang aus	280
3	Inner Pipa	Terdapat karat pada cerobong asab dibagian dalam	Safety valve menjadi kotor dan susah digunakan	Uap panas yang dibiarkan sehingga menjadi air	100
4	Safety valve	Perpak pada bagian savety valve mengalami rembes	Kebutuhan uap yang menuju superheater menjadi tinggi	Adanya komponen steam drum yg aus	90
5	Steam Drum	Kegagalan proses pada kinerja steam drum yang tidak normal	Korosi yang dibiarkan dapan membuat pipa patah dan kebocoran gas	gas buang mengandung air karena suhu yang lembap	48
6	Pipa Cerobong				

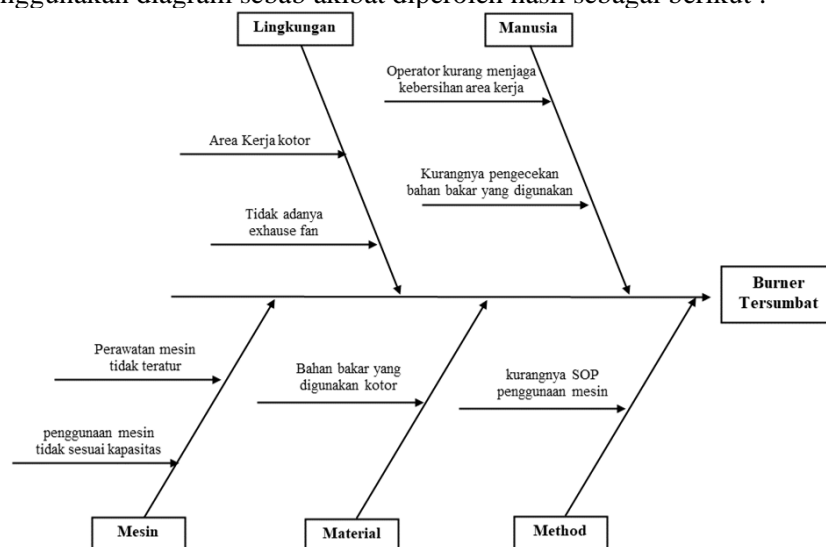
Tabel 5 menunjukkan perolehan nilai RPN tertinggi karena terdapat kerusakan pada komponen burner. Nilai RPN komponen Burner sebesar 294. Kerusakan terjadi karena adanya kotoran atau debu yg masuk ke dalam ruang pembakaran sehingga mengakibatkan api yang dihasilkan burner tidak maksimal. Nilai RPN tertinggi kedua yaitu kerusakan pada perpak/paking. Nilai RPN yang terjadi pada komponen perpak rembes yaitu sebesar 280 disebabkan oleh perpak yang aus sehingga saluran terhambat dan aliran tidak maksimal.

Penyebab Kerusakan Mesin dengan Nilai RPN Tertinggi

Penyebab kerusakan mesin perlu diidentifikasi. identifikasi penyebab kerusakan kedua komponen tersebut menggunakan diagram sebab akibat (*fishbone diagram*).

1. Burner Tersumbat

Kerusakan yang terjadi pada Burner tersumbat yang disebabkan oleh Adanya kotoran atau debu yg masuk ke dalam ruang pembakaran sehingga mengakibatkan Api yang dihasilkan burner tidak maksimal. Dilakukan identifikasi lebih lanjut dengan pihak terkait tentang penyebab burner tersumbat menggunakan diagram sebab akibat diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram sebab akibat Burner tersumbat

Pada diagram sebab akibat yang Nampak di gambar 2, ada beberapa indikator penyebab dari kerusakan komponen mesin boiler antara lain :

- a. Manusia

Manusia merupakan salah satu penentu berhasil tidaknya suatu proses produksi. Manusia yang menjalankan dan mengontrol segala kegiatan yang berlangsung dalam proses produksi mulai dari bahan baku hingga ke produk jadi. Sebagus apapun bahan baku yang digunakan jika tidak ditangani oleh manusia yang ahli dalam bidangnya pasti akan menghasilkan output yang tidak baik pula.
- b. Lingkungan

Lingkungan merupakan keadaan sekitar perusahaan yang secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi perusahaan secara umum dan mempengaruhi produksi bawang merah di PT. Sinergi Brebes Inovatif.
- c. Mesin

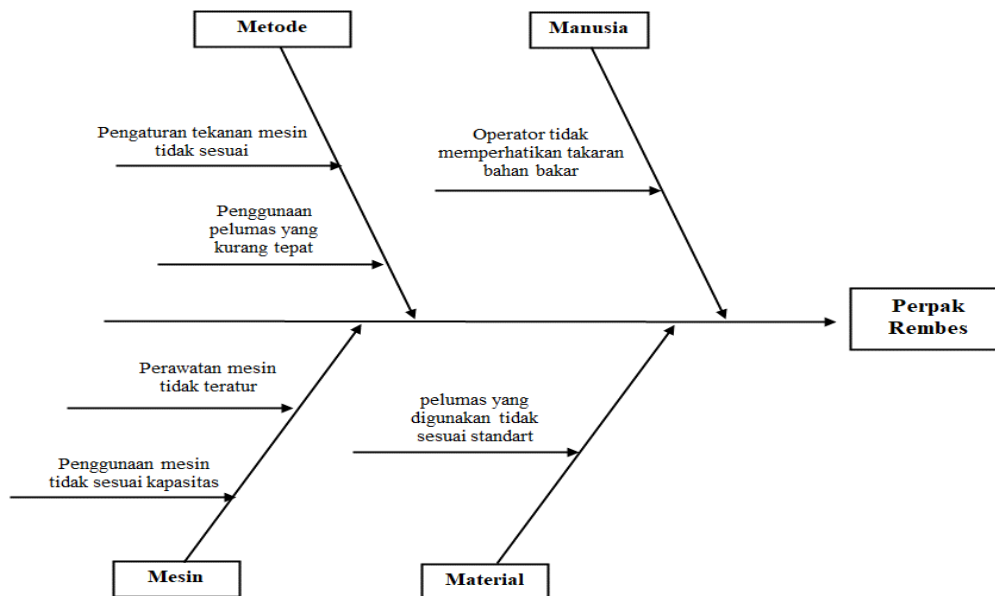
Mesin adalah mesin-mesin dan berbagai peralatan yang digunakan dalam proses produksi bawang merah di PT. Sinergi Brebes Inovatif
- d. Material

Bahan Baku merupakan segala sesuatu yang digunakan oleh perusahaan sebagai bahan yang akan digunakan dalam proses bawang merah di PT. Sinergi Brebes Inovatif.
- e. Metode

Metode merupakan instruksi kerja atau perintah kerja yang harus diikuti dalam proses produksi bawang merah di PT. Sinergi Brebes Inovatif.

2. Perpak (*Paking*) rembes

Kerusakan yang terjadi yaitu perpak rembes yang disebabkan oleh perpak yang aus sehingga Saluran terhambat dan aliran tidak maksimal. Penyebab perpak rembes menggunakan diagram sebab akibat diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 3 Diagram sebab akibat Perpak rembes

Gambar 3 menunjukkan hasil penyebab terjadinya kerusakan pada komponen perpak/paking yang mengakibatkan perpak rembes yaitu dari faktor manusia, faktor mesin, faktor material dan faktor metode. Dari faktor metode disebabkan oleh pengaturan tekanan mesin yang tidak sesuai dengan aturan penggunaan mesin dan penggunaan pelumas mesin yang kurang tepat. Dari faktor manusia disebabkan oleh operator yang tidak memperhatikan takaran bahan bakar dalam pengaturan konsumsi bahan bakar. Dari faktor mesin disebabkan oleh perawatan mesin yang tidak teratur dan penggunaan mesin yang melebihi kapasitas. Kemudian dari faktor material disebabkan oleh penggunaan pelumas yang tidak sesuai standart.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan dari hasil pengolahan data dan analisis terhadap penelitian yang telah dilakukan di PT Sinergi Brebes Inovatif bahwa terjadinya kerusakan pada beberapa komponen mesin boiler yaitu pipa cerobong, safety valve, burner, inner pipa, steam drum, dan perpak (paking).

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai RPN tertinggi yaitu kerusakan pada komponen burner. Kerusakan yang terjadi adalah Burner Nilai RPN yang diperoleh dari burner yang tersumbat yaitu sebesar 294. Hal ini yang disebabkan oleh adanya kotoran atau debu yg masuk ke dalam ruang pembakaran sehingga mengakibatkan Api yang dihasilkan burner tidak maksimal. Penyebab terjadinya kerusakan pada komponen burner yang mengakibatkan burner tersumbat yaitu dari faktor lingkungan, faktor manusia, faktor mesin, faktor material dan faktor metode.

Nilai RPN tertinggi kedua yaitu kerusakan pada perpak/paking. Nilai RPN yang diperoleh dari kerusakan komponen perpak rembes yaitu sebesar 280. Kerusakan yang terjadi yaitu perpak rembes yang disebabkan oleh perpak yang aus sehingga Saluran terhambat dan aliran tidak maksimal. Penyebab terjadinya kerusakan pada komponen perpak/paking yang mengakibatkan perpak rembes yaitu dari faktor manusia, faktor mesin, faktor material dan faktor metode.

Dari penelitian ini sebaiknya melakukan penelitian lebih lanjut untuk memberikan usulan perbaikan terutama bagian kerusakan perpak rembes yang bisa dilakukan agar permasalahan kerusakan mesin dapat teratasi dengan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali M, M. N., & Kusuma, A. (2019). Analisa Kinerja Mesin Wtp Menggunakan Metode Fmea Dan Penjadwalan Preventif Maintenance. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 17(1), 15–25.
- Budi Puspitasari, N., Padma Arianie, G., & Adi Wicaksono, P. (2017). Analisis Identifikasi Masalah Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) DAN RISK PRIORITY NUMBER (RPN) Pada Sub Assembly Line (Studi Kasus : PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia). *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 77.
- Danish, & Zakaria, M. (2023). Analisis Perawatan Mesin Boiler Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT . X. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri [SNTI]*, 5, 1–8.
- Haq, I. S., Darma, A. Y., & Batubara, R. A. (2021). Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Identifikasi Kegagalan Mesin untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan di Pabrik Kelapa Sawit Libo. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, 3(1), 41–47.
- Jeremiah, J. (2019). Analisis Kerusakan Refractory pada Cyclone Boiler CFB (Circulating Fluidized Bed) dengan Metode FMEA dan RCFA pada PLTU. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 1160–1166.
- Muliana, M., & Hartati, R. (2022). Penentuan Komponen Kritis Mesin pada Stasiun Press Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) di PT. Surya Panen Subur 2. *Jurnal Serambi Engineering*, VII(3), 3439–3445.
- Puspitasari, N. B., & Martanto, A. (2014). Penggunaan Fmea Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung Atm (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus Pt. Asaputex Jaya Tegal). *J@Ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 9(2), 93–98.
- Reza, D., Supriyadi, S., & Ramayanti, G. (2017). Analisis Kerusakan Mesin Mandrel Tension Rell dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan| SENASSET*, November, 190–195.
- Zakaria, T., Dyah, A., & Setyo, B. (2023). Cacat Dimensi Pada Header Boiler Menggunakan Metode FMEA DAN FTA. *Jurnal InTent*, 6(1), 24–36.