Analisis Kerusakan Mesin Cacah Di TPA BLE Banyumas Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Dan *Risk Priority Number* (RPN)

1st Sybila Rizki Bilbina
Program Studi S1 Teknik Industri
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
sybilaaa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Halim Qista Karima
Program Studi S1 Teknik Industri
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
halimk@telkomuniversity.ac.id

3rd Karina Amanda Larasati
Program Studi S1 Teknik Industri
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
karinaamandalarasati@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Peningkatan timbulan sampah di Kabupaten Banyumas menuntut sistem pengolahan sampah yang andal dan berkelanjutan, di mana mesin cacah memegang peran penting pada tahap awal proses pengolahan di Tempat Pemrosesan Akhir Berbasis Lingkungan dan Edukasi (TPA BLE) Banyumas. Tingginya frekuensi kerusakan mesin cacah berpotensi mengganggu kontinuitas operasional, sehingga diperlukan analisis risiko kerusakan yang sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memprioritaskan risiko kerusakan mesin cacah menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Identifikasi mode kegagalan dilakukan berdasarkan data histori kerusakan, observasi lapangan, serta wawancara dengan operator dan teknisi, kemudian dilakukan penilaian parameter severity, occurrence, dan detection untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil analisis menunjukkan bahwa *bearing* poros memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 240, diikuti oleh poros utama sebesar 216, pisau pencacah sebesar 210, dan V-*belt* sebesar 200, sementara komponen motor penggerak dan hopper memiliki nilai RPN yang lebih rendah. Berdasarkan urutan nilai RPN tersebut, disusun rekomendasi mitigasi yang difokuskan pada komponen kritis melalui penerapan tindakan pemeliharaan preventif dan perbaikan yang lebih terarah guna meningkatkan keandalan operasional mesin cacah serta mendukung efektivitas sistem pengolahan sampah di TPA BLE Banyumas.**

Kata kunci*— *Failure Mode and Effect Analysis*, Mesin Cacah, Mitigasi Risiko, Pengolahan Sampah, *Risk Priority Number.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan dinamika demografi dan aktivitas penduduk, pengelolaan sampah muncul sebagai isu strategis yang dihadapi banyak daerah[1], [2]. Peningkatan volume limbah yang tidak diimbangi oleh kapabilitas pengolahan yang memadai dapat menciptakan tekanan berlebih pada fasilitas yang ada serta memicu degradasi lingkungan. Mengacu pada data pengelolaan sampah di Kabupaten Banyumas, tercatat adanya peningkatan akumulasi sampah setiap tahunnya, yang mengindikasikan perlunya pendekatan sistem pengelolaan yang lebih efektif dan berorientasi jangka Panjang [3], [4].

Sebagai langkah mitigasi, Pemerintah Kabupaten Banyumas menghadirkan solusi melalui TPA Berbasis Lingkungan dan Edukasi (TPA BLE) yang mengadopsi sistem pengolahan terpadu[5]. Fokus utama dari fasilitas ini adalah transformasi sampah menjadi Refuse Derived Fuel (RDF) sebagai upaya reduksi residu menuju landfill. Dalam konteks ini, kinerja dan keandalan peralatan mekanis di setiap tahapan proses menjadi prasyarat mutlak untuk menjamin keberlanjutan operasional sistem tersebut.[6]

Mesin cacah berfungsi sebagai instrumen primer pada fase preparasi di TPA BLE Banyumas, dengan peran utama memperkecil ukuran material untuk memfasilitasi tahapan proses selanjutnya. Kendati demikian, data historis pemeliharaan menunjukkan bahwa unit ini memiliki tingkat kerentanan teknis paling tinggi dibandingkan dengan mesin-mesin lain dalam rangkaian sistem. Kondisi tersebut menjadikan mesin cacah sebagai komponen kritis. Kegagalan pada mesin ini tidak hanya bersifat lokal, melainkan berdampak langsung pada terhentinya kontinuitas operasional pengolahan sampah secara keseluruhan.

TABEL 1
(Data Frekuensi Kerusakan Mesin Tahun 2025)

No	Nama Mesin	Total Frekuensi Kerusakan (1 Tahun)	Rata-rata Estimasi	Kategori Kerusakan Dominan
1	Mesin Gibrig	3 kali	± 1 kali / 4 bulan	Ringan
2	Mesin Cacah	13 kali	± 1-2 kali / bulan	Berat
3	*Conveyor*	9 kali	± 1 kali / 1,5 bulan	Sedang
4	Mesin Pirolisis	5 kali	± 1 kali / 2,5 bulan	Sedang

Kerentanan mesin cacah terhadap gangguan operasional dipengaruhi oleh sejumlah variabel, antara lain karakteristik sampah yang sangat beragam, pembebanan mesin yang tinggi, serta kondisi pemeliharaan yang masih perlu dioptimalkan. Identifikasi pendahuluan menunjukkan bahwa gangguan kerap terjadi secara repetitif pada komponen-komponen utama seperti pisau pencacah, V-*belt*, *bearing* poros, poros utama, motor penggerak, dan *hopper*. Kondisi ini menuntut adanya evaluasi menyeluruh untuk mengurai jenis kegagalan, faktor pemicu, dan konsekuensinya terhadap kinerja komponen.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peta risiko pada mesin cacah di TPA BLE Banyumas dengan menerapkan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Analisis ini ditujukan untuk menentukan prioritas penanganan risiko serta menyusun rekomendasi mitigasi yang adaptif terhadap situasi operasional yang ada.

II. KAJIAN TEORI

A. Pengelolaan Sampah dan *Refuse Derived Fuel* (RDF)

Aktivitas pengelolaan sampah meliputi rangkaian proses sistematis yang bergerak dari hulu ke hilir, mulai dari upaya pengurangan dan pemilahan, hingga tahap pengumpulan, pengangkutan, dan pemrosesan akhir. Tujuan utama dari sistem pengelolaan yang efektif adalah meminimalkan degradasi lingkungan serta memaksimalkan potensi pemanfaatan kembali sumber daya yang terkandung dalam sampah [6]

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, pemanfaatan sampah sebagai bahan baku *Refuse Derived Fue*l (RDF) muncul sebagai solusi inovatif. RDF merupakan produk bahan bakar alternatif hasil olahan sampah yang memenuhi standar nilai kalor tertentu. Pemanfaatan teknologi ini dinilai strategis karena mampu mengurangi beban penimbunan residu di TPA (*landfill*) dan secara simultan mendukung terciptanya ekosistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan.[7]

B. Mesin Cacah dalam Sistem Pengolahan Sampah

Mesin cacah merupakan peralatan mekanis yang dirancang untuk memperkecil ukuran sampah agar kompatibel dengan kebutuhan tahapan pengolahan selanjutnya. Pada sistem pengolahan terintegrasi, keberadaan mesin ini sangat esensial di fase preparasi karena output yang dihasilkan berpengaruh langsung terhadap homogenitas material dan stabilitas aliran proses di hilir[8]. Kerusakan pada unit ini memiliki implikasi serius, yakni risiko terhentinya totalitas proses produksi. Dengan demikian, menjaga keandalan mesin cacah merupakan faktor determinan dalam memastikan keberlangsungan operasional fasilitas pengolahan sampah.[9]

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

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) didefinisikan sebagai pendekatan sistematis yang dirancang untuk mendeteksi potensi kegagalan dalam suatu sistem, menelaah akar penyebab serta konsekuensinya, dan menyusun prioritas penanganan berbasis tingkat risiko [10]. Dalam ranah manajemen keandalan dan perawatan mesin, metode ini menjadi instrumen vital karena kemampuannya memetakan sumber kegagalan yang paling kritis secara terstruktur. Melalui penerapan FMEA, strategi pemeliharaan dapat dijalankan lebih efektif dengan memusatkan alokasi sumber daya pada komponen atau proses yang memiliki bobot risiko paling signifikan.[11]

D. *Risk Priority Number* (RPN)

Risk Priority Number (RPN) berfungsi sebagai indikator kuantitatif yang menetapkan urutan risiko untuk setiap mode kegagalan yang teridentifikasi. Skor RPN dihasilkan dari sintesis beberapa parameter penilaian risiko utama, yang kemudian digunakan sebagai acuan valid dalam mengklasifikasikan tingkat kritikalitas kegagalan. Prinsip dasarnya adalah semakin tinggi nilai RPN, maka semakin signifikan potensi risiko yang ditimbulkan. Oleh karena itu, mode kegagalan dengan skor tinggi menuntut prioritas utama dan atensi khusus dalam penyusunan strategi pemeliharaan [12]

III. METODE

Analisis potensi risiko pada mesin cacah di TPA BLE Banyumas pada penelitian ini menerapkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Fokus penelitian diarahkan pada komponen-komponen utama mesin yang memiliki kontribusi signifikan terhadap stabilitas proses pengolahan sampah.

Tahap identifikasi kegagalan dilakukan dengan menggali informasi dari berbagai sumber, meliputi rekam jejak kerusakan mesin, pengamatan kondisi fisik di lapangan, serta diskusi teknis dengan operator terkait. Setiap potensi kegagalan yang ditemukan kemudian diuraikan untuk memahami akar penyebabnya serta dampak spesifik yang ditimbulkan terhadap performa mesin.

Evaluasi tingkat risiko dilakukan melalui penilaian tiga indikator utama FMEA, yakni *severity* (S) yang merepresentasikan berat-ringannya dampak, *occurrence* (O) yang menggambarkan seberapa sering kegagalan muncul, dan *detection* (D) yang menilai efektivitas sistem deteksi dini. Pemberian bobot nilai pada parameter-parameter tersebut disesuaikan dengan fakta lapangan dan data operasional yang tersedia.

Sebagai langkah akhir analisis, prioritas penanganan risiko ditetapkan melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Nilai RPN yang dihasilkan digunakan untuk mengurutkan tingkat urgensi setiap mode kegagalan. Kegagalan dengan nilai RPN tertinggi menjadi fokus utama dalam penyusunan rekomendasi mitigasi, yang berorientasi pada tindakan pencegahan dan perbaikan untuk mengoptimalkan keandalan mesin.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Mode Kegagalan Mesin Cacah

Identifikasi mode kegagalan pada mesin cacah di TPA BLE Banyumas dilakukan dengan mengintegrasikan data historis pemeliharaan, hasil observasi fisik, serta masukan teknis dari petugas di lapangan. Berdasarkan data tersebut, sumber kegagalan utama terpusat pada enam komponen mesin, meliputi pisau pencacah, V-*belt*, *bearing* poros, poros utama, motor penggerak, dan *hopper*.

Keandalan komponen-komponen ini memegang peranan determinan bagi kontinuitas proses pengolahan, di mana kegagalan pada satu komponen saja dapat memicu gangguan operasional yang signifikan atau bahkan penghentian mesin secara mendadak. Oleh karena itu, hasil identifikasi ini digunakan sebagai basis data utama dalam penerapan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengevaluasi urgensi dan tingkat kritikalitas masing-masing kegagalan.

B. Hasil Analisis FMEA dan Perhitungan RPN

Penerapan metode FMEA dalam analisis risiko melibatkan peninjauan mendalam terhadap tiga indikator utama pada setiap mode kegagalan, yaitu *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Pemberian bobot nilai pada parameter-parameter ini mengacu pada eskalasi dampak terhadap operasional mesin, tingkat keseringan munculnya

gangguan, serta kapabilitas sistem dalam mengidentifikasi kegagalan sebelum konsekuensinya meluas. Nilai-nilai parameter tersebut kemudian diintegrasikan dalam perhitungan untuk memperoleh *Risk Priority Number* (RPN).

TABEL 2
(Rekapitulasi Nilai RPN Berdasarkan Komponen Mesin)

Komponen Mesin	**Mode Kegagalan Utama**	***Severity* (S)**	***Occurrence* (O)**	***Detection* (D)**	**RPN**	**Tingkat Risiko**
Pisau Pencacah	Mata pisau tumpul	7	6	5	210	Tinggi
V-*Belt*	V-*belt* putus	8	5	5	200	Sedang
Bearing Poros	*Bearing overheat*	8	5	6	240	Tinggi
Poros Utama	Poros macet	9	4	6	216	Tinggi
Motor Penggerak	Motor terbakar (*burnout*)	10	3	6	180	Sedang
Hopper	Penyumbatan corong	6	6	4	144	Sedang

Didapatkan hasil rekapitulasi nilai RPN pada Tabel 2, contoh perhitungan RPN pada salah satu komponen yaitu *bearing* poros, disajikan sebagai ilustrasi proses penilaian risiko sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

$$RPN = 8 \times 5 \times 6 = 240 \quad (2)$$

Berdasarkan kalkulasi risiko pada Tabel 2, *bearing* poros teridentifikasi sebagai komponen paling kritis dengan perolehan nilai RPN tertinggi, yakni 240. Akumulasi skor pada komponen ini didorong oleh kombinasi antara dampak kerusakan yang fatal terhadap kinerja mesin serta intensitas kegagalan yang cukup sering terjadi. Selanjutnya, komponen lain yang juga masuk dalam kategori risiko tinggi meliputi poros utama dengan skor 216, pisau pencacah sebesar 210, dan V-*belt* sebesar 200. Di sisi lain, meskipun motor penggerak (RPN 180) dan *hopper* (RPN 144) mencatatkan nilai yang lebih rendah, kedua komponen ini tetap memerlukan atensi khusus karena potensi gangguannya dapat menghambat stabilitas operasional.

Stratifikasi nilai RPN tersebut menegaskan bahwa *bearing* poros, poros utama, dan pisau pencacah merupakan sumber risiko dominan pada mesin cacah. Kegagalan pada komponen-komponen vital ini memiliki implikasi serius berupa penghentian total proses pencacahan, yang secara langsung memvalidasi status mesin cacah sebagai titik sumbatan (*bottleneck*) dalam alur pengolahan sampah di TPA BLE Banyumas.

Hasil ini mengindikasikan bahwa strategi pemeliharaan yang tidak berbasis pada prioritas risiko rentan mengakibatkan kerusakan berulang pada komponen kritis. Oleh karena itu, penggunaan nilai RPN sebagai acuan dalam memetakan fokus pemeliharaan menjadi sangat esensial. Dengan memprioritaskan penanganan pada komponen berisiko tinggi, upaya perawatan dapat dijalankan secara lebih efektif, efisien, dan terarah.

C. Rekomendasi Mitigasi Risiko dan Tindakan Korektif Berdasarkan Hasil FMEA

Formulasi rekomendasi mitigasi disusun secara terstruktur dengan berpedoman pada pemeringkatan nilai RPN, di mana prioritas penanganan diarahkan pada komponen mesin yang paling rentan mengalami gangguan. Pendekatan ini mengintegrasikan upaya pencegahan dini dan perbaikan responsif guna menurunkan laju frekuensi kegagalan serta menjaga kontinuitas alur proses pengolahan sampah dari hambatan yang signifikan.

TABEL 3
(Rekomendasi Mitigasi Risiko dan Tindakan Korektif Berdasarkan Hasil FMEA)

Komponen Mesin	**Mode Kegagalan**	**RPN**	**Kategori Risiko**	**Rekomendasi Mitigasi Risiko**	**Tindakan Korektif**
Bearing poros	*Bearing* panas berlebih akibat kurang pelumasan	240	Tinggi	Penyusunan jadwal pelumasan *bearing* secara rutin setiap 1 minggu sekali, serta dilakukan inspeksi visual dan pendengaran setiap hari sebelum mesin dioperasikan untuk mendeteksi adanya panas berlebih atau suara abnormal.	Penggantian *bearing* dilakukan segera apabila terdeteksi *overheating*, getaran berlebih, atau bunyi abnormal saat mesin beroperasi.
Poros utama	Poros macet akibat lilitan sampah	216	Tinggi	Pengawasan material yang masuk ke mesin setiap hari selama proses operasi, serta pembersihan area poros setelah selesai jam operasional untuk mencegah terjadinya lilitan sampah.	Mesin dihentikan sementara untuk dilakukan pembersihan poros secara manual apabila terjadi kemacetan akibat lilitan sampah.

Komponen Mesin	Mode Kegagalan	RPN	Kategori Risiko	Rekomendasi Mitigasi Risiko	Tindakan Korektif
Pisau pencacah	Mata pisau tumpul akibat gesekan terus-menerus	210	Sedang	Pemeriksaan ketajaman pisau pencacah setiap hari sebelum dan sesudah mesin beroperasi, serta penjadwalan penajaman pisau setiap 2 minggu sekali atau apabila hasil cacahan mulai menurun.	Penajaman pisau dilakukan sesuai jadwal, dan penggantian pisau dilakukan apabila tingkat keausan sudah tidak dapat diperbaiki melalui proses penajaman.
V-*belt*	V-*belt* yang longgar	200	Sedang	Pemeriksaan kekencangan dan kondisi V-*belt* setiap 1 minggu sekali, serta pengecekan visual ringan setiap hari sebelum mesin dioperasikan.	Penyetelan ulang V-*belt* dilakukan apabila ditemukan kondisi kendur, dan penggantian V-*belt* dilakukan apabila terjadi kerusakan atau keausan yang signifikan.
Motor penggerak	Motor mendengung namun tidak berputar	180	Sedang	Pengawasan beban kerja mesin setiap hari selama operasi, serta pengecekan kondisi sistem kelistrikan dan sambungan listrik setiap 1 bulan sekali.	Pemeriksaan sistem kelistrikan dan motor penggerak, serta penghentian sementara operasi mesin apabila motor tidak dapat berputar secara normal.
Hopper	Penyumbatan pada leher corong	144	Sedang	Pembersihan *hopper* setiap hari setelah proses pengolahan selesai, serta pengaturan aliran material secara konsisten selama proses pengumpanan.	Pembersihan manual *hopper* dilakukan segera apabila terjadi penyumbatan yang menggangu aliran material ke mesin cacah.

Implementasi langkah-langkah mitigasi yang diusulkan diharapkan dapat menjadi solusi konkret untuk meningkatkan reliabilitas mesin cacah. Melalui upaya ini, frekuensi gangguan operasional dan downtime dapat direduksi, sehingga kontinuitas proses pengolahan sampah di TPA BLE Banyumas dapat terjaga dengan baik.

Di sisi lain, temuan dari analisis FMEA dan kalkulasi RPN memberikan panduan empiris yang jelas bagi manajemen dalam menentukan skala prioritas pemeliharaan. Informasi ini sangat vital bagi pengelola TPA BLE Banyumas untuk beralih menuju model pemeliharaan yang berbasis risiko (*risk-based maintenance*). Penerapan strategi ini diyakini mampu mengefisiensikan kegiatan perawatan serta memperkuat daya tahan sistem pengolahan sampah secara keseluruhan dalam menghadapi tantangan operasional.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini dapat memetakan dan menyusun prioritas risiko kerusakan pada mesin cacah di TPA BLE Banyumas melalui integrasi metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan kalkulasi *Risk Priority Number* (RPN). Hasil utama menggarisbawahi bahwa *bearing* poros menempati peringkat risiko tertinggi, disusul oleh komponen poros utama, pisau pencacah, dan V-*belt*. Rangkaian komponen ini diidentifikasi sebagai titik kritis yang, jika mengalami kegagalan, memiliki implikasi serius terhadap kontinuitas alur pengolahan sampah.

Mengacu pada tingkatan nilai RPN tersebut, strategi mitigasi dibuat dengan fokus utama pada penguatan penanganan komponen kritis, baik melalui tindakan preventif maupun perbaikan korektif. Langkah ini merepresentasikan transisi menuju pola pemeliharaan yang lebih terencana dan berbasis risiko. Implementasi dari rekomendasi ini diproyeksikan mampu mendongkrak keandalan mesin, meminimalisasi intensitas gangguan, serta mengoptimalkan efektivitas operasional sistem secara keseluruhan di TPA BLE Banyumas.

REFERENSI

[1] T. Oktaviani, S. N. Fauziah, and M. C. Raharja, "Implementation of Sustainable Waste Management with the Zero Waste Concept Towards a Banyumas Eco-City," 2023.

[2] Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden, *What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2025*. 2018.

[3] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah," sipsn.menlhk.go.id.

[4] Kementrian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Republik Indonesia, "7,2 Juta Ton Sampah di Indonesia Belum Terkelola Dengan Baik," https://www.kemenkopmk.go.id/72-juta-ton-sampah-di-indonesia-belum-terkelola-dengan-baik.

[5] A. Eka Sari Widyastuti, "Pentingnya Collaborative Governance dalam Pengelolaan Sampah: Studi Kasus Mekanisme Pengelolaan Sampah Berbasis Zero Waste di TPS Go-Sari dan TPA BLE Banyumas," *Jurnal Cendekia Ilmiah*, vol. 4, no. 3, 2025.

[6] M. Ma'rup and D. Kurniasih, "Akuntabilitas Pengelolaan Sampah Di Kabupaten Banyumas Melalui Program Sumpah Beruang (Sulap Sampah Berubah Uang)," *Jurnal Ekonomi, Koperasi & Kewirausahaan*, vol. 14, 2023, [Online]. Available: https://journal.ikopin.ac.id

[7] S. I. Purnamasari, P. S. A. Sitogasa, and K. Kunci, "Analisis Sistem Pengelolaan Sampah di TPA Tegalasri Kabupaten Blitar," 2024. [Online]. Available: http://envirotek.upnjatim.ac.id/

[8] S. N. Utami, “Implementasi Salinmas Sebagai Upaya Penanganan Sampah Organik (Studi Kasus: Kelurahan Grendeng, Kabupaten Banyumas),” 2024.

[9] Navik Kholili, Astria Hindratmo, and Alfi Nugroho, “Penerapan Metode Quality Function Deployment dan Antropometri dalam Perancangan Desain Mesin Cacah Sampah Organik dan Non Organik,” *Journal of Research and Technology*, vol. 7, pp. 163–174, Dec. 2021.

[10] B. Salah, M. Alnahhal, and M. Ali, “Risk prioritization using a modified FMEA analysis in industry 4.0,” *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, vol. 11, no. 4, pp. 460–468, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jer.2023.07.001.

[11] Daryanto, “Application of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method in the Shipping Industry in Identifying Potential Failure of Main Engine Components (Case Study on the Xyz Ship),” Nov. 2024. [Online]. Available: https://journal.unhas.ac.id/index.php/zonalautZONALAUT

[12] L. Petrescu, M. C. Petrescu, E. Cazacu, and V. Ionita, “Risk Priority Number vs Action Priority in Electrical Systems,” in *12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, ATEE 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2021. doi: 10.1109/ATEE52255.2021.9425178.