

Analisis Efektivitas Dan Strategi Pemeliharaan Mesin Dust Collector Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus: PT. CHNV Technology Indonesia)

Miftakhul Huda¹, Moh Jufriyanto²

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatra 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia
Email: miftakhul9697@gmail.com, jufriyanto@umg.ac.id

ABSTRAK

Dust collector merupakan peralatan utilitas yang menyaring dan mengendalikan debu pada proses produksi zinc stearate di PT. CHNV Technology Indonesia, yang melayani lintasan produksi Grinder 1 dan Grinder 2 dengan siklus cleaning filter setiap satu jam selama sepuluh menit sehingga menimbulkan downtime berulang. Penelitian ini menggabungkan dua pendekatan yang saling melengkapi, yaitu Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk mengukur tingkat efektivitas peralatan dan Reliability Centered Maintenance (RCM) yang didukung Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk merumuskan strategi pemeliharaan berbasis risiko. Data operasional dan produksi periode April–Mei 2026 diolah dengan rumus OEE standar Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), sedangkan data historis kerusakan komponen selama satu tahun terakhir diolah untuk memperoleh nilai Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), dan Risk Priority Number (RPN). Hasil penelitian menunjukkan nilai Availability sebesar 83,33%, Performance Rate rata-rata 71,34%, dan Quality Rate 100%, sehingga diperoleh OEE rata-rata sebesar 59,45%, jauh di bawah standar world class 85%. Analisis RCM-FMEA mengidentifikasi filter bag sebagai komponen paling kritis dengan MTBF terendah (888,9 jam) dan RPN tertinggi (360), diikuti hopper (RPN 280), sehingga kedua komponen ini menjadi penyumbang utama rendahnya downtime dan Availability pada perhitungan OEE. Kedua temuan tersebut saling menguatkan dan mengarahkan rekomendasi pada penguatan preventive dan predictive maintenance pada filter bag, hopper, dan blower, pemantauan parameter operasi secara berkala melalui Distributed Control System (DCS), serta penyusunan jadwal pemeliharaan berbasis risiko guna meningkatkan efektivitas dan keandalan mesin dust collector secara berkelanjutan.

Kata kunci: Dust collector; Overall Equipment Effectiveness; Reliability Centered Maintenance; FMEA; Keandalan Mesin.

ABSTRACT

The dust collector is a utility equipment that filters and controls dust generated during the zinc stearate production process at PT. CHNV Technology Indonesia, serving the Grinder 1 and Grinder 2 production lines with a filter-cleaning cycle performed every hour for ten minutes, resulting in recurring downtime. This study combines two complementary approaches: Overall Equipment Effectiveness (OEE) to measure equipment effectiveness, and Reliability Centered Maintenance (RCM) supported by Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to formulate a risk-based maintenance strategy. Operational and production data for the April–May 2026 period were processed using the standard OEE formula of the Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), while one year of historical failure data were processed to obtain Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), and Risk Priority Number (RPN) values. The results show an Availability of 83.33%, an average Performance Rate of 71.34%, and a Quality Rate of 100%, yielding an average OEE of 59.45%, well below the 85% world-class standard. The RCM-FMEA analysis identified the filter bag as the most critical component, with the lowest MTBF (888.9 hours) and the highest RPN (360), followed by the hopper (RPN 280), making these two components the main contributors to the low downtime and Availability found in the OEE calculation. Both findings reinforce each other and point toward strengthening preventive and predictive maintenance on the filter bag, hopper, and blower, periodically monitoring operating parameters through the Distributed Control System (DCS), and establishing a risk-based maintenance schedule to sustainably improve the effectiveness and reliability of the dust collector.

Keywords: Dust collector; Overall Equipment Effectiveness; Reliability Centered Maintenance; FMEA; Equipment Reliability.

Pendahuluan

Perkembangan industri manufaktur yang semakin kompetitif menuntut keandalan mesin produksi yang tinggi agar target produksi dapat tercapai secara konsisten. Kemajuan teknologi yang menyertai Revolusi Industri Keempat turut mendorong perusahaan untuk terus meningkatkan performa peralatan produksinya [1]. Seiring dengan perkembangan dan kemajuan industri manufaktur dan jasa dari waktu ke waktu, wajar bagi setiap industri untuk berupaya mencapai daya saing dengan meningkatkan kinerja dan produktivitas [2]. Mesin produksi merupakan aset penting bagi perusahaan manufaktur [3], sehingga tingginya waktu henti (downtime) akibat kegagalan peralatan menjadi salah satu permasalahan utama yang dihadapi industri [4]. Kondisi ini tidak hanya mengganggu kelancaran proses produksi, tetapi juga mengakibatkan peningkatan biaya pemeliharaan dan penurunan produktivitas perusahaan secara keseluruhan [5], sehingga diperlukan strategi pemeliharaan yang baik untuk menjaga kelangsungan proses produksi [6], sejalan dengan tuntutan konsumen terhadap kecepatan dan kualitas produk yang terus meningkat [7]. Dengan melakukan maintenance semacam itu, manajemen dapat mengambil keputusan yang lebih efisien dan efektif demi mencapai keberhasilan bisnis [8].

PT. CHNV Technology Indonesia merupakan perusahaan kimia yang memproduksi zinc stearate dan produk turunannya, berlokasi di kawasan industri Kabupaten Gresik, Jawa Timur, dengan orientasi pasar domestik maupun ekspor. Salah satu peralatan penunjang produksi pada perusahaan ini adalah dust collector, yaitu mesin penghisap debu yang berfungsi menyingkirkan debu dari lingkungan produksi sekaligus menjaga kelancaran proses [4] dan dapat pula berperan sebagai bagian dari sistem ventilasi pabrik [9]. Berdasarkan pengamatan di lapangan, dust collector yang melayani Grinder 1 dan Grinder 2 menjalani proses cleaning filter bag setiap interval satu jam dengan durasi sepuluh menit. Dalam periode pengamatan April–Mei 2026, pola cleaning tersebut menyebabkan downtime selama 120 jam pada April dan 124 jam pada Mei. Kondisi tersebut menghasilkan operating time sebesar 600 jam dari loading time 720 jam pada April dan 620 jam dari loading time 744 jam pada Mei, sehingga nilai Availability pada kedua bulan tersebut hanya mencapai 83,33%. Di lapangan, sistem ini juga kerap mengalami gangguan seperti blower yang macet atau kehilangan tenaga, filter bag yang bocor, hopper yang penuh, hingga rotary valve yang tersumbat, sehingga diperlukan metode pengukuran yang tidak hanya mengidentifikasi ada atau tidaknya gangguan, tetapi juga mampu mengukur dampaknya terhadap efektivitas peralatan sekaligus merumuskan strategi pemeliharaan yang tepat sasaran.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi kinerja peralatan dengan mempertimbangkan tiga aspek utama, yaitu Availability Rate, Performance Rate, dan Quality Rate secara bersamaan [10]. Di fasilitas manufaktur modern, OEE merupakan metrik kinerja yang paling krusial [11]. Metode ini telah terbukti efektif dalam menilai kinerja motor fan dust collector pada penelitian terdahulu [12] maupun efisiensi motor penggerak sistem vakum pada industri sejenis [13], bahkan studi pada dust collector di PT. Hankook mencatatkan nilai OEE hanya sebesar 66% sebelum dilakukan perbaikan [14]. Namun, nilai OEE sekadar menunjukkan besaran masalah tanpa menjelaskan komponen mana yang paling berkontribusi terhadap kegagalan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) yang didukung Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi fungsi kritis peralatan, mode kegagalan, dan penyebabnya secara lebih rinci [15], sehingga strategi pemeliharaan yang disusun benar-benar berbasis risiko dan data, bukan sekadar perbaikan setelah kerusakan terjadi (*corrective maintenance*) [16].

Kajian yang mengintegrasikan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Reliability Centered Maintenance (RCM) yang didukung Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada dust collector di industri kimia berbasis zinc stearate masih terbatas. Dalam penelitian ini, metode OEE digunakan untuk mengukur efektivitas dust collector berdasarkan Availability Rate, Performance Rate, dan Quality Rate sehingga dapat diketahui tingkat efektivitas serta faktor yang berkontribusi terhadap rendahnya nilai OEE. Selanjutnya, metode RCM-FMEA digunakan secara terpadu untuk menganalisis data kerusakan komponen, menghitung MTBF dan MTTR, mengidentifikasi mode kegagalan, serta menentukan tingkat risiko melalui nilai Risk Priority Number (RPN). Hasil OEE kemudian dihubungkan dengan hasil RCM-FMEA untuk menentukan komponen yang perlu diprioritaskan dalam strategi pemeliharaan. Dengan demikian, integrasi kedua pendekatan tersebut bertujuan untuk menghubungkan pengukuran efektivitas peralatan dengan identifikasi risiko kegagalan dan penentuan tindakan pemeliharaan yang sesuai, sehingga diperoleh strategi pemeliharaan yang lebih terarah untuk meningkatkan efektivitas dan keandalan dust collector.

Pada objek penelitian, dust collector memiliki keterkaitan operasional dengan Grinder 1 dan Grinder 2. Peralatan ini tidak hanya berfungsi sebagai pengumpul debu, tetapi juga mendukung kelancaran transfer material menuju silo. Ketika dust collector berhenti untuk proses pembersihan filter bag atau mengalami gangguan yang mengharuskan penghentian sistem, grinder yang terhubung dengannya juga harus berhenti beroperasi. Kondisi tersebut menyebabkan ketersediaan dust collector berkaitan dengan kontinuitas proses produksi pada lintasan yang dilayaninya. Data output grinder digunakan untuk menggambarkan aktivitas produksi pada sistem yang terhubung dengan dust collector. Penggunaan data tersebut didasarkan pada hubungan operasional kedua peralatan.

Metode Penelitian

Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) dengan pendekatan deskriptif-kuantitatif yang dilaksanakan pada area *dust collector* tipe *baghouse* di PT. CHNV Technology Indonesia yang melayani lintasan produksi Grinder 1 dan Grinder 2. Data yang dikumpulkan meliputi data operasional, data produksi, dan data kerusakan komponen *dust collector*. Data operasional yang digunakan terdiri atas waktu operasi mesin selama 24 jam per hari, *loading time*, waktu *cleaning filter bag*, *planned downtime*, *unplanned downtime*, dan *operating time*. Data produksi meliputi jumlah *output* aktual Grinder 1 dan Grinder 2, kapasitas maksimum mesin sebesar 1.625 kg/jam, serta data produk *reject*. Data tersebut digunakan untuk menghitung *Availability Rate*, *Performance Rate*, *Quality Rate*, dan OEE.

Selain data untuk perhitungan OEE, dikumpulkan data historis kerusakan lima komponen utama *dust collector*, yaitu *blower/fan*, *filter bag*, *hopper*, *rotary valve*, dan *pressure sensor*. Data kerusakan meliputi frekuensi kerusakan, waktu operasi, waktu perbaikan, jenis atau mode kegagalan, penyebab kegagalan, serta dampak yang ditimbulkan. Data tersebut digunakan untuk menghitung MTBF dan MTTR serta menyusun analisis FMEA melalui penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk memperoleh nilai RPN. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara dengan teknisi dan kepala bagian *maintenance*, serta pemeriksaan *logsheets*/inspeksi, sedangkan data sekunder diperoleh dari data operasional dan produksi perusahaan periode April–Mei 2026, data historis kerusakan komponen selama satu tahun terakhir, dan manual teknis peralatan.

Data operasional *dust collector* mencakup pencatatan ampere motor setiap jam dan informasi mengenai proses pembersihan filter bag. Pencatatan ampere digunakan untuk menggambarkan kondisi operasi, tetapi tidak secara khusus memisahkan kondisi sebelum dan sesudah proses pembersihan. Oleh karena itu, perubahan ampere tidak digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk menyimpulkan besarnya pengaruh *cleaning* terhadap kinerja *dust collector*.

Waktu pembersihan filter bag selama sekitar 10 menit setiap jam digunakan sebagai dasar estimasi kehilangan waktu operasi berdasarkan kondisi operasional yang diamati. Namun, estimasi tersebut perlu dibedakan dari *downtime* aktual yang diukur melalui pencatatan waktu mulai dan selesai setiap kejadian. Keterbatasan pencatatan waktu tersebut dipertimbangkan dalam interpretasi hasil *Availability*.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara bertahap dengan mengintegrasikan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan Reliability Centered Maintenance (RCM). Tahap pertama adalah pengolahan data OEE untuk mengetahui efektivitas *dust collector* berdasarkan tiga parameter, yaitu *Availability Rate*, *Performance Rate*, dan *Quality Rate*. Data yang digunakan meliputi *loading time*, *planned downtime*, *unplanned downtime*, *operating time*, *output* aktual, *ideal cycle time*, dan jumlah produk *reject*. Hasil ketiga parameter tersebut digunakan untuk memperoleh nilai OEE dan mengidentifikasi faktor efektivitas yang memiliki nilai paling rendah serta jenis *downtime* yang memberikan pengaruh terhadap efektivitas *dust collector*.

Tahap kedua adalah analisis keandalan dan FMEA berdasarkan hasil identifikasi permasalahan pada tahap OEE. Data historis kerusakan selama satu tahun digunakan untuk menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) pada komponen *blower/fan*, *filter bag*, *hopper*, *rotary valve*, dan *pressure sensor*. Data tersebut dilengkapi dengan informasi mode kegagalan, penyebab kegagalan, dan dampak kegagalan yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan catatan kerusakan. Selanjutnya, setiap mode kegagalan dinilai berdasarkan *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk memperoleh nilai Risk Priority Number (RPN). Komponen dan mode kegagalan dengan tingkat risiko tertinggi yang memerlukan prioritas pemeliharaan diidentifikasi menggunakan hasil FMEA.

Tahap ketiga adalah penyusunan strategi Reliability Centered Maintenance (RCM). Hasil FMEA berupa mode kegagalan dengan nilai RPN tinggi, bersama dengan hasil MTBF dan MTTR, digunakan sebagai dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan untuk setiap komponen. Selanjutnya ditentukan jenis tindakan pemeliharaan yang sesuai, yaitu *preventive*, *predictive*, atau *corrective maintenance*, beserta interval pemeliharannya. Dengan demikian, integrasi penelitian dilakukan dengan OEE sebagai tahap pengukuran efektivitas, MTBF-MTTR dan FMEA sebagai tahap identifikasi serta penentuan prioritas risiko kegagalan, kemudian RCM sebagai tahap penentuan strategi pemeliharaan berdasarkan hasil analisis sebelumnya.

Integrasi OEE dan RCM-FMEA dalam penelitian ini dilakukan pada tahap interpretasi hasil dan penyusunan rekomendasi pemeliharaan. OEE digunakan untuk mengevaluasi kinerja operasional berdasarkan data waktu dan produksi yang tersedia, sedangkan MTBF, MTTR, dan FMEA digunakan untuk mengevaluasi keandalan serta menentukan prioritas risiko kegagalan komponen. Data historis kegagalan dari beberapa *dust collector* digunakan untuk menggambarkan pola kegagalan peralatan sejenis. Oleh karena itu, hasil analisis tersebut tidak secara

otomatis menunjukkan bahwa kegagalan komponen tertentu merupakan penyebab langsung seluruh downtime pada objek pengukuran OEE.

Mesin Dust Collector

Dust collector secara umum ialah sebuah alat yang difungsikan untuk menangkap dan memisahkan partikel padat seperti debu atau serbuk dari udara/gas buang pada *system* insdustri. Namun selain untuk menjaga kebersihan udara / tercemarnya udara dalam beberapa kasus dust collector juga dapat digunakan sebagai media transfer produk terlebih jika material produk merupakan media ringan seperti debu.

Sistem ini juga banyak digunakan diberbagai sektor industry yang meliputi beberapa industri seperti semen, logam, kimia, makanan, dan farmasi. Menurut [4], mesin dust collector adalah mesin yang beroperasi menggunakan motor listrik untuk menyedot debu. Alat ini berfungsi mirip dengan penyedot debu (vacum), yaitu mengumpulkan partikel yang dihasilkan oleh mesin produksi.

Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah metrik yang digunakan dalam pelaksanaan program TPM untuk memastikan peralatan tetap dalam kondisi optimal dengan mencegah six big losses yang terkait dengannya [17]. Metode OEE, yang diterapkan secara luas oleh berbagai perusahaan di seluruh dunia, memiliki keunggulan dalam kemampuannya mengidentifikasi secara akurat akar penyebab dan faktor-faktor yang berkontribusi, sehingga upaya pengembangan dapat difokuskan [18].

Nilai OEE dihitung mengikuti kerangka Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) telah menetapkan standar benchmark yang telah diterapkan secara luas di seluruh dunia [19], melalui tiga komponen: Availability Rate (rasio waktu operasi aktual terhadap waktu tersedia untuk produksi), Performance Rate (kemampuan mesin menghasilkan output sesuai kapasitas ideal dibandingkan waktu operasi tersedia), dan Quality Rate (proporsi produk yang memenuhi standar kualitas terhadap total produk), yang selanjutnya dikalikan untuk memperoleh nilai OEE, sebagaimana Persamaan (1)–(4).

$$\text{Availability} = (\text{Operating Time} / \text{Loading Time}) \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Performance Rate} = (\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Output Aktual}) / \text{Operating Time} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Quality Rate} = ((\text{Output Aktual} - \text{Jumlah Reject}) / \text{Output Aktual}) \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate} \quad (4)$$

Tabel 1. Nilai OEE

OEE Factor	OEE Percented
Avaibility Rate	≥ 90%
Performance Rate	≥ 95%
Quality Rate	≥ 99%
Overall Equipment Effectiveness	≥ 85%

Objek amatan dibatasi pada dust collector yang melayani Grinder 1 dan Grinder 2, sehingga data produksi dari Grinder 3 tidak dimasukkan dalam perhitungan.

Analisis FMEA dan Penentuan Strategi RCM

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) is a methodology used to evaluate failures that occur in a system, design, process or service [20]. Dan Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan prosedur analisis pemeliharaan yang digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem pemeliharaan [21], dan juga RCM merupakan metode pengembangan dari perawatan untuk menjamin mesin tetap berjalan baik dengan mempertimbangkan fungsi kinerja serta proses perawatan [22].

Metode RCM memberikan berbagai keuntungan, antara lain seperti prioritas terhadap keselamatan dan integritas lingkungan, peningkatan kinerja operasional, perbaikan efektivitas biaya dalam operasi dan pemeliharaan, peningkatan ketersediaan dan keandalan peralatan, perpanjangan masa pakai komponen, pembentukan basis data yang lebih komprehensif, peningkatan motivasi individu, serta dorongan terhadap kolaborasi yang efektif antarberbagai departemen di dalam fasilitas [23]. Tujuan utama pemeliharaan adalah menjamin keandalan sistem (reliability) dengan memastikan keandalannya. Perusahaan menerapkan metode preventive maintenance maupun corrective maintenance [24]. RCM juga dapat menurunkan biaya perawatan mesin pada penelitian [25].

Keandalan komponen dianalisis melalui perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) berdasarkan data historis kerusakan satu tahun terakhir, sebagaimana Persamaan (5) dan (6).

$$\text{MTBF} = \text{Total Waktu Operasi} / \text{Jumlah Kegagalan} \quad (5)$$

$$\text{MTTR} = \text{Total Waktu Perbaikan} / \text{Jumlah Kegagalan} \quad (6)$$

Selanjutnya, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab, dan dampak pada tiap komponen, dengan menetapkan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk memperoleh Risk Priority Number ($RPN = S \times O \times D$) sebagaimana Persamaan (7). Komponen dengan RPN tertinggi ditetapkan sebagai prioritas utama dalam penyusunan strategi *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan tiap komponen dan menentukan jenis tindakan pemeliharaan yang sesuai (*predictive*, *preventive*, atau *corrective*) beserta interval pelaksanaannya.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (7)$$

Hasil Dan Pembahasan

Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Pada bulan April 2026, loading time selama 30 hari operasi sebesar 720 jam dengan total downtime akibat cleaning filter selama 120 jam, sehingga diperoleh operating time 600 jam dan Availability 83,33%. Pada bulan Mei 2026, dengan 31 hari operasi diperoleh loading time 744 jam dan downtime 124 jam sehingga operating time 620 jam, yang juga menghasilkan Availability 83,33%. Kesamaan nilai pada kedua periode menunjukkan bahwa proporsi downtime akibat cleaning filter bersifat konsisten dan berulang setiap bulan, sebagai konsekuensi interval cleaning tetap satu jam sekali dengan durasi sepuluh menit.

Ideal cycle time mesin dihitung berdasarkan kapasitas maksimum 1.625 kg/jam (0,6154 jam/ton). Pada bulan April, dengan output aktual 802,05 ton dan operating time 600 jam, diperoleh Performance Rate 82,26%. Pada bulan Mei, dengan output aktual 608,55 ton dan operating time 620 jam, Performance Rate menurun menjadi 60,42% akibat pengalihan sebagian produksi kemasan jumbo bag ke Grinder 3 yang berada di luar cakupan dust collector yang diteliti. Selama periode pengamatan tidak ditemukan produk reject akibat gangguan dust collector, sehingga Quality Rate bernilai 100% pada kedua periode. Sehingga didapatkan data:

Tabel 2. Nilai Parameter

Parameter	Nilai
Waktu Operasi Ideal	24 jam/hari
Interval cleaning	1 jam
Durasi Cleaning	10 menit
Produk Defect	Tidak ada
Kualitas Finest	Memenuhi Standar
Output actual bulan April	802050 kg
Output actual bulan Mei	608550 kg
Kapasitas maximum mesin	1.625 kg/jam

Pengolahan Data

Sebelum melakukan perhitungan untuk menilai OEE, terlebih dahulu kita dapat menghitung nilai Availability Rate, Performance Rate, Quality Rate sebagai komponen utama efektivitas mesin. Contoh Perhitungan di bulan April

Availability Rate

$$Availability = \frac{Operating\ time}{Loading\ time} \times 100\% = \frac{600}{720} \times 100\% = 83,33\%$$

Performance Rate

$$Performance = \frac{Idle\ Cycle\ time \times Output\ aktual}{Operating\ Time} = \frac{0,6154 \times 802,05}{600} \times 100\% = 82,26\%$$

Quality Rate

$$Quality\ Rate = \frac{Output\ Aktual - Product\ Defect}{Output\ Aktual} = \frac{802,05 - 0}{802,05} = 100\%$$

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai OEE Periode April–Mei 2026

Periode	Availability	Performance	Quality	OEE
April 2026	83,33%	82,26%	100%	68,55%
Mei 2026	83,33%	60,42%	100%	50,35%
Rata-rata	83,33%	71,34%	100%	59,45%

Tabel 4. Perbandingan Nilai OEE dengan Standar World Class (JIPM)

Parameter	Hasil	Standar (JIPM)
Availability	83,33%	≥ 90%
Performance Rate	71,34%	≥ 95%
Quality Rate	100%	≥ 99%
OEE	59,45%	≥ 85%

Perbandingan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa Availability sebesar 83,33% dan Performance Rate rata-rata sebesar 71,34% masih berada di bawah standar pembandingan yang digunakan. Nilai Availability dalam penelitian ini dihitung dengan memasukkan estimasi waktu pembersihan filter bag sebagai kehilangan waktu operasi. Berdasarkan kondisi operasional di lapangan, proses cleaning mengharuskan dust collector berhenti, sehingga Grinder 1 serta Grinder 2 yang terhubung dengannya turut berhenti.

Meskipun demikian, waktu cleaning sebesar 120 jam pada April dan 124 jam pada Mei merupakan estimasi berdasarkan pola pembersihan sekitar 10 menit setiap jam. Karena logsheet yang tersedia mencatat ampere motor setiap jam dan tidak secara khusus mencatat waktu mulai serta selesai setiap cleaning, nilai Availability tersebut perlu diinterpretasikan sebagai hasil perhitungan berdasarkan estimasi waktu cleaning.

Performance Rate dihitung menggunakan output aktual grinder dan kapasitas acuan grinder. Oleh karena itu, hasilnya menggambarkan kinerja produksi sistem yang terhubung dengan dust collector, bukan ukuran langsung efisiensi penangkapan debu. Sementara itu, Quality Rate sebesar 100% didasarkan pada tidak ditemukannya produk reject selama periode pengamatan.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan tersebut, hasil OEE digunakan sebagai indikator awal kinerja operasional sistem yang diamati. Analisis MTBF, MTTR, dan FMEA selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi prioritas risiko kegagalan komponen dan menyusun rekomendasi pemeliharaan.

sejalan dengan temuan pada dust collector di PT. Hankook yang juga mencatatkan OEE di bawah standar sebesar 66% [14], yang mengindikasikan bahwa rendahnya efektivitas peralatan pendukung produksi merupakan persoalan yang relatif umum apabila program pemeliharaan dan pemantauan operasional belum dilakukan secara optimal. Untuk mengetahui akar penyebab rendahnya Availability tersebut, dilakukan analisis lanjutan terhadap keandalan komponen melalui pendekatan RCM dan FMEA pada bagian berikut.

Data Historis Kerusakan dan Perhitungan MTBF-MTTR

Data historis kerusakan diperoleh dari catatan logsheet lapangan dan laporan shift leader selama satu tahun terakhir untuk lima komponen utama dust collector.

Tabel 5. Data Historis Kerusakan Komponen

Komponen	Frekuensi Kerusakan	Waktu Operasi Rata-	Rata-rata Waktu
Blower/Fan	6	8.000	8
Filter Bag	9	8.000	5
Hopper	7	8.000	6
Rotary Valve	5	8.000	6
Pressure Sensor	3	8.000	4

Contoh perhitungan pada Filter bag

$$MTBF = \frac{\text{Waktu operasi Rata-rata}}{\text{Rata-rata waktu perbaikan}} = \frac{8000}{9} = 888,9 \text{ jam}$$

$$MTTR = \frac{\text{Total waktu perbaikan}}{\text{Kegagalan}} = \frac{9 \times 5}{9} = 5 \text{ jam}$$

Tabel 6. Perhitungan MTBF dan MTTR

Komponen	MTBF (jam)	MTTR (jam)
Blower	1.333,3	8
Filter Bag	888,9	5

Komponen	MTBF (jam)	MTTR (jam)
Hopper	1.142,9	6
Rotary Valve	1.600,0	6
Pressure Sensor	2.666,7	4

Filter bag memiliki MTBF paling rendah (888,9 jam), menunjukkan bahwa komponen ini paling sering mengalami kerusakan dan menjadi titik paling kritis dari sisi frekuensi kegagalan. Sebaliknya, pressure sensor memiliki MTBF paling tinggi (2.666,7 jam) sehingga tergolong komponen paling andal. Dari sisi lama perbaikan, MTTR tertinggi terdapat pada blower (8 jam), yang berarti kerusakan pada komponen ini memberikan dampak paling signifikan terhadap durasi downtime produksi apabila terjadi.

Data historis kerusakan komponen digunakan untuk menggambarkan pola kegagalan peralatan selama satu tahun pengamatan. Data tersebut mencakup beberapa dust collector di lokasi penelitian, sehingga cakupannya lebih luas daripada pengukuran OEE yang dilakukan pada sistem dust collector yang melayani Grinder 1 dan Grinder 2 selama April–Mei 2026. Oleh karena itu, hasil MTBF dan MTTR digunakan untuk mendukung evaluasi keandalan komponen, tetapi tidak secara langsung menunjukkan kontribusi setiap komponen terhadap downtime pada periode pengukuran OEE.

Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Analisis FMEA dilakukan untuk mengidentifikasi mode kegagalan pada tiap komponen, dampak yang ditimbulkan, serta prioritas penanganan berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN).

Tabel 7. Analisis FMEA Komponen Dust Collector

Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Utama	Dampak	S	O	D	RPN
Blower	Overheating, getaran tinggi, power rendah	Pelumasan kurang, bearing aus, penyumbatan	Aliran udara terhenti, blocking pada jalur	8	6	4	192
Filter Bag	Robek/bocor	Tekanan udara tinggi, umur pakai	Debu lolos ke udara, efisiensi menurun	9	8	5	360
Hopper	Penuh/tersumbat	Rotary valve gagal buang debu, akumulasi partikel	Tekanan meningkat, backflow ke filter	8	7	5	280
Rotary Valve	Macet	Penumpukan material pada poros/silo	Pembuangan terganggu, hopper cepat penuh	7	5	5	175
Pressure Sensor	Error pembacaan/tidak mengeluarkan semburan bertekanan	Debu menempel, kelembapan tinggi	Pengendalian tekanan tidak stabil, penumpukan pada filter bag	6	4	6	144

Hasil FMEA menunjukkan filter bag memiliki nilai RPN tertinggi (360), disusul hopper (280), yang berarti kedua komponen ini merupakan titik kritis utama yang paling berpengaruh terhadap kelangsungan operasi sistem dust collector. Temuan ini konsisten dengan hasil MTBF pada Tabel 4, yang juga menempatkan filter bag sebagai komponen paling sering rusak, sehingga kedua metode saling memperkuat kesimpulan bahwa filter bag adalah prioritas utama perbaikan.

Strategi dan Jadwal Pemeliharaan RCM

Berdasarkan hasil analisis FMEA dan data keandalan komponen, yaitu MTBF dan MTTR, disusun strategi Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai pada setiap komponen. Penentuan prioritas pemeliharaan mempertimbangkan nilai RPN, frekuensi kegagalan yang tercermin dari MTBF, lama waktu perbaikan berdasarkan MTTR, serta konsekuensi kegagalan terhadap operasi dust collector. Komponen dengan nilai RPN tinggi dan/atau tingkat kegagalan yang lebih sering menjadi perhatian utama dalam menentukan tindakan pemeliharaan. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk menentukan bentuk tindakan pemeliharaan, yaitu preventive, predictive, atau corrective maintenance.

Tabel 8. Strategi Reliability Centered Maintenance (RCM)

Komponen	Dasar Penentuan	Tindakan Pemeliharaan
Blower	MTTR tertinggi 8 jam dan RPN 192; kegagalan menyebabkan aliran udara terhenti	Predictive: pemantauan suhu dan getaran secara berkala
Filter Bag	MTBF terendah 888,9 jam dan RPN tertinggi 360; kegagalan menyebabkan debu lolos dan efisiensi menurun	Preventive: pemeriksaan kondisi filter dan penggantian apabila ditemukan kebocoran
Hopper	RPN 280; kegagalan menyebabkan tekanan meningkat dan <i>backflow</i> ke filter	Preventive: pemeriksaan level dan pembersihan secara berkala
Rotary Valve	RPN 175; kegagalan mengganggu pembuangan material	Preventive: pemeriksaan, pelumasan, dan pembersihan secara berkala
Pressure Sensor	RPN 144 dan MTBF tertinggi 2.666,7 jam; kegagalan menyebabkan pengendalian tekanan tidak stabil	Corrective/Calibration: pemeriksaan dan kalibrasi apabila terjadi penyimpangan pembacaan

Penentuan tindakan pemeliharaan didasarkan pada kombinasi hasil MTBF, MTTR, dan FMEA. Nilai MTBF digunakan untuk menggambarkan rata-rata waktu operasi antarkegagalan, sedangkan MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan. Nilai RPN digunakan untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan skor Severity, Occurrence, dan Detection. Kombinasi indikator tersebut menjadi dasar penyusunan rekomendasi pemeliharaan, tetapi tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa mode kegagalan tertentu menyebabkan downtime pada periode pengukuran OEE.

Tabel 9. Jadwal Pemeliharaan yang Disarankan

Komponen	Jenis Pemeliharaan	Interval	Tindakan Utama
Blower	Predictive	Harian	Pemantauan suhu dan getaran motor/fan
Filter Bag	Preventive	Setiap 3 bulan	Pemeriksaan dan penggantian bila ada kebocoran
Hopper	Preventive	Setiap hari	Pembersihan dan pengecekan level debu
Rotary Valve	Preventive	2 minggu	Pelumasan dan pembersihan mekanik
Pressure Sensor	Corrective/Calibration	1 bulan	Kalibrasi dan pembersihan sensor tekanan

Keterkaitan Temuan OEE dan RCM-FMEA

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dust collector yang melayani Grinder 1 dan Grinder 2 memiliki nilai Availability sebesar 83,33%, Performance Rate rata-rata sebesar 71,34%, Quality Rate sebesar 100%, dan OEE rata-rata sebesar 59,45%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa efektivitas dust collector masih berada di bawah standar *world class* OEE sebesar 85%. Rendahnya nilai OEE terutama dipengaruhi oleh Availability dan Performance Rate. Availability sebesar 83,33% dipengaruhi oleh downtime akibat proses *cleaning filter bag* yang dilakukan secara berkala, sedangkan Performance Rate yang rendah pada bulan Mei berkaitan dengan pengalihan sebagian produksi ke Grinder 3 yang berada di luar cakupan dust collector yang diteliti.

Hasil tersebut memiliki relevansi dengan penelitian [14] pada dust collector di PT. Hankook yang memperoleh nilai OEE sebesar 66% sebelum dilakukan perbaikan. Meskipun nilai OEE penelitian ini lebih rendah, kedua penelitian sama-sama menunjukkan bahwa metode OEE dapat digunakan untuk mengidentifikasi rendahnya efektivitas dust collector. Perbedaan nilai OEE menunjukkan bahwa kondisi operasional, pola penggunaan peralatan, dan sumber downtime pada masing-masing objek penelitian dapat menghasilkan tingkat efektivitas yang berbeda.

Pada aspek keandalan, hasil penelitian menunjukkan bahwa filter bag memiliki MTBF terendah sebesar 888,9 jam dan RPN tertinggi sebesar 360, sedangkan hopper memiliki RPN sebesar 280. Temuan ini menunjukkan bahwa filter bag dan hopper perlu mendapat perhatian lebih dalam strategi pemeliharaan. Hasil tersebut relevan dengan penelitian [16] yang menerapkan metode RCM pada mesin Dust Collector PECS ID Fan. Kesamaan tersebut terletak pada penggunaan pendekatan RCM untuk menyusun perencanaan pemeliharaan pada peralatan dust collector. Penelitian ini melengkapinya dengan mengintegrasikan hasil pengukuran OEE dengan MTBF,

MTTR, dan FMEA sehingga prioritas pemeliharaan ditentukan berdasarkan kondisi efektivitas dan risiko kegagalan komponen.

Integrasi hasil OEE dan RCM-FMEA dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kedua pendekatan tersebut memberikan informasi yang berbeda, tetapi saling melengkapi. OEE menunjukkan tingkat efektivitas dust collector dan mengidentifikasi faktor yang berkontribusi terhadap rendahnya efektivitas, sedangkan MTBF, MTTR, dan FMEA memberikan informasi mengenai keandalan, waktu perbaikan, serta tingkat risiko kegagalan komponen. Hasil FMEA selanjutnya digunakan sebagai salah satu dasar untuk menentukan prioritas tindakan pemeliharaan melalui pendekatan RCM. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya menunjukkan bahwa efektivitas dust collector masih rendah, tetapi juga menjadi dasar untuk menentukan komponen yang perlu mendapat perhatian dalam program pemeliharaan.

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis efektivitas dan keandalan dust collector yang melayani Grinder 1 dan Grinder 2 di PT. CHNV Technology Indonesia, diperoleh nilai Availability Rate 83,33%, Performance Rate rata-rata 71,34%, dan Quality Rate 100%, dengan OEE rata-rata 59,45% masih jauh di bawah standar world class 85%. Rendahnya Availability disebabkan oleh downtime rutin akibat cleaning filter menggunakan pulse jet, sedangkan penurunan Performance pada bulan Mei dipengaruhi oleh pengalihan sebagian produksi ke Grinder 3 di luar cakupan penelitian. Analisis RCM-FMEA mengonfirmasi bahwa filter bag adalah komponen paling kritis, dengan MTBF terendah (888,9 jam) dan RPN tertinggi (360), disusul oleh hopper (RPN 280). Sementara itu, pressure sensor merupakan komponen paling andal (MTBF 2.666,7 jam), sedangkan blower memiliki MTTR terlama (8 jam).

Perusahaan disarankan memperkuat preventive maintenance pada filter bag (pemeriksaan dan penggantian setiap tiga bulan atau saat ditemukan kebocoran) dan hopper (pembersihan dan pengecekan level debu harian), menerapkan predictive maintenance berupa pemantauan suhu dan getaran blower secara real-time, melakukan pelumasan dan pembersihan rotary valve setiap dua minggu, serta kalibrasi pressure sensor setiap bulan. Pemantauan parameter operasi, seperti ampere motor, secara berkala melalui Distributed Control System (DCS) juga disarankan agar potensi penurunan performa dapat dideteksi lebih awal sebelum menyebabkan penghentian proses produksi. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode pengamatan OEE yang lebih panjang, mengadopsi sensor pemantauan otomatis untuk mendukung pemeliharaan berbasis kondisi (condition-based maintenance), serta melakukan pengumpulan data operasional dan data kerusakan secara lebih teratur agar hasil analisis RCM-FMEA pada penelitian mendatang semakin presisi dan mendukung perencanaan pemeliharaan berbasis keandalan.

Daftar Pustaka

- [1] M. Komunikasi, D. Pengembangan, T. Lingkungan, F. Rahmawati, B. Prasetyo Samadikun, and M. Hadiwidodo, "Jurnal Presipitasi Performance Evaluation of Cyclone Particulate Controller and Wet Scrubber Unit in Paper Mill 7/8 PT. Pura Nusapersada Kudus," vol. 17, no. 2, pp. 144–153, 2020.
- [2] Nurul Khoiriah Hasibuan and I. H. ,Sajaratud Dur, "G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 295–305, 2022.
- [3] D. D. Armanda, M. Jufriyanto, and A. W. Rizqi, "Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. XYZ," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 4, pp. 1588–1595, Oct. 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.3298.
- [4] R. Anton Triwijaya, A. Rijanto, and L. Puspa Indah Arum, "Analisis Mesin Dust Collector Untuk Meminimalisir Terjadinya Break Down Agar Tidak Mengganggu Proses Produksi," Mojokerto, Jun. 2020.
- [5] I. Faris Rudiana, L. Yulia, and E. Nursolih, "Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) PADA PT. Surya Agrolika Reksa," 2024.
- [6] Y. Saputra, M. Widyantoro, and R. I. Rosihan, "Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance dan Age Replacement," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, 2024.
- [7] R. M. Simanungkalit, S. Suliawati, and T. Hernawati, "Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 72–83, Jul. 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i1.199.
- [8] F. Gustian and A. E. Nurhidayat, "Optimalisasi Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Reliability Centered Spares (RCS)," *J. Indones. Sos. Sains*, vol. 3, no. 09, pp. 1249–1262, 2022, doi: 10.36418/jiss.v3i09.696.

- [9] A. S. Vania and L. Rubianto, "DESain Cyclone Dust Collector Untuk Upaya Memperbaiki Sirkulasi Udara Dan Mengurangi Korosi Pada Area Proses Produksi," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, Mar. 2024, doi: 10.33795/distilat.v10i1.4951.
- [10] D. Andrianto and E. Ismiyah, "E-ISSN : 2746-0835 Volume 3 No 3 (2022) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri) Analisis Produktivitas Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin UH-61 E-ISSN : 2746-0835 Volume 3 No 3 (2022) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Tekni," vol. 3, no. 3, pp. 315–324, 2022.
- [11] D. O. Shafitri, A. Larasati, and A. M. Hajji, "Peningkatan Nilai Overall Equipment Effectiveness Mesin Stone Crusher Dengan Menggunakan Pendekatan Total Productive Maintenance (Studi Kasus Pt. Brantas Abipraya)," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 73–87, 2022, doi: 10.36040/industri.v12i2.4007.
- [12] S. Turinno, M. Facta, and C. Cahyadi, "Analisis Pengukuran dan Verifikasi Kinerja Penghematan Energi Motor Fan Dust Collector Menggunakan VFD dengan Perangkat Lunak RETScreen Expert," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 3, pp. 1615–1628, Jul. 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i3.4511.
- [13] D. Novianto, E. Zondra, and H. Yuwendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang," *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 73–80, 2022, doi: 10.31849/sainetin.v6i2.9734.
- [14] T. N. Wiyatno, W. Hadikristanto, and I. Rusdianto, "Kinerja Dengan Metode Overall Equipment," *Heuristic*, vol. 21, no. 3, pp. 23–32, 2024.
- [15] M. Prabowo and T. Ihsan, "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Untuk Mengoptimalkan Waktu C-Check Casa 212-400 i," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 2, 2023, doi: 10.46306/tgc.v3i2.
- [16] F. Fauliyadi, A. Nalhadi, D. Cahyadi, E. H. Sucipto, and S. Supriyadi, "Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Dust Collector Pecs Id Fan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance," *JENIUS J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–40, May 2021, doi: 10.37373/jenius.v2i1.102.
- [17] N. Februari *et al.*, "Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Pencacah Tongkol Jagung di PT Multindo Anugerah Perkasa 3 untuk penyedia alat pembangkit dari perusahaan induk PLN , alat pembangkit yang produksi biomass dalam hal ini mencacah tongkol jagung agar sesuai dengan standar yang tongkol jagung . Dimana pada mesin belum terdapat pengukuran efektivitas pada mesin cacah sehingga menyebabkan tidak optimalnya hasil produksi . Berhentinya proses," vol. 2, no. 1, 2024.
- [18] A. G. Ramadhani, D. Z. Azizah, F. Nugraha, and M. Fauzi, "Analisa Penerapan Tpm (Total Productive Maintenance) Dan Oee (Overall Equipment Effectiveness) Pada Mesin Auto Cutting Di Pt Xyz," *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 59–69, 2022, doi: 10.46306/tgc.v2i1.25.
- [19] Noveriady, Novalisae, and Mindo Tiorida Panjaitan, "Analisis Overall Equipment Effectiveness Pada Barge Loading Conveyor (Blc) Pt Mitra Barito," *Steam Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 125–131, 2023, doi: 10.37304/jptm.v4i2.8289.
- [20] Y. Yusuf, N. Djamal, and D. Cahyadi, "Forming machine maintenance planning using the reliability centered maintenance (RCM) method at PT. KHI pipe industries," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 20, no. 1, p. 105, 2024, doi: 10.62870/tjst.v20i1.24215.
- [21] D. Satrijo *et al.*, "Penggunaan metode Reliability-Centered Maintenance untuk menjaga keandalan material belt conveyor," *J. Mater. Teknol. Proses War. Kemajuan Bid. Mater. Tek. Teknol. Proses*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.22146/jmtp.66163.
- [22] A. S. Margana, W. S. Ayu, and E. I. Khoirunnisaa, "Maintenance System Analysis Using the Reliability Centered Maintenance Method with the Help of Failure Mode Effect Analysis on the Air Handling Unit G4," *J. Mek. Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 16–24, 2024, doi: 10.32722/jmt.v5i1.6299.
- [23] M. L. Pattiapon, "Analisis Perawatan Mesin Cetak Paving Block di UD.X dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance dan Maintenance Value Stream Mapping," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, pp. 22–30, 2024.
- [24] R. Putra, T. A. R. Arungpadang, and J. S. C. Neyland, "Perawatan Sistem Pengisian Produk Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di Pt Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Bitung," *J. Tekno Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 129–140, 2024, doi: 10.35793/jtm.v10i2.59195.
- [25] A. Muhazir, Z. Sinaga, and R. D. Septiadi, "Perencanaan Perawatan Mesin Building Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *J. Optim.*, vol. 10, no. 1, p. 120, 2024, doi: 10.35308/jopt.v10i01.9263.