

IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* PADA EXCAVATOR PC-800

M.Burhannudin¹, Moch. Anshori^{2*}

*E-mail korespondensi: ansori@dosen.umaha.co.id

^{1,2}Teknik Industri, Fakultas Teknik

Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia

ABSTRAK

PT. PPN adalah perusahaan penyewaan alat-alat tambang salah satunya adalah excavator P-800. Permasalahan pada perusahaan adalah tingginya *downtime* pada komponen-komponen Excavator sehingga mengakibatkan *downtime* dan mengganggu proses produksi pada penyewa. Untuk mengatasi masalah tersebut penulis melakukan rekomendasi perawatan dengan metode RCM dengan harapan dapat mengurangi *downtime* pada Excavator. Dari hasil dilakukannya penelitian didapatkan 16 komponen kritis yang diantaranya fuel pre filter cartridge, fuel main filter cartridge, pilot filter element, drain filter cartridge, teeth bucket, hydraulic oil filter element, breather element in hydraulic tank, corrosion resistor cartridge, starting motor, boom cylinder line hose, bucket cylinder line hose, water pump, accumulator, arm cylinder line hose, fuel spill hose engine - fuel tank, dan fuel hose feed pump - cooling plate, dan dari penghitungan didapatkan saran interval penggantian komponen yang optimal pada komponen Dan menghasilkan saran untuk mengurangi *downtime* dan dengan biaya penghematan penggantian komponen Rp. 20.629.592/tahun atau penghematan biaya sebesar 23%.

Kata Kunci: RCM, FMEA, *Pareto Diagram*, Dan *LTA*

ABSTRACT

PT. PPN is a mining equipment rental company, one of which is the P-800 excavator. The problem with the company is the high downtime on Excavator components, resulting in downtime and disrupting the production process for the tenants. To overcome this problem, the author recommends maintenance using the RCM method in the hope of reducing downtime on the excavator. From the results of the research, 16 critical components were obtained which include fuel pre filter cartridge, fuel main filter cartridge, pilot filter element, drain filter cartridge, teeth bucket, hydraulic oil filter element, breather element in hydraulic tank, corrosion resistor cartridge, starting motor, boom cylinder line hose, bucket cylinder line hose, water pump, accumulator, arm cylinder line hose, fuel spill hose engine - fuel tank, and fuel hose feed pump - cooling plate, and from the calculations obtained suggestions for optimal component replacement intervals on components and produce suggestions for reducing downtime and with component replacement cost savings of Rp. 20,629,592/year or a cost savings of 23%.

Keywords: RCM, FMEA, *Pareto Diagram*, and *LTA*

PENDAHULUAN

PT. PPN merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pendistribusian dan perawatan alat berat dimana alat berat tersebut digunakan untuk kegiatan pertambangan. Pertambangan dimulai dari pembersihan area lahan pertambangan batubara dari material hutan, kemudian dilanjutkan dengan pengupasan tanah pucuk, selanjutnya pembersihan sisa-sisa tanah yang menempel dengan ujung atau permukaan awal pada lapisan batubara awal, dan dilakukan penambangan batubara, kemudian dilakukan pengangkutan batubara ke unit pengolahan yang disimpan di Run of Mine (ROM) selanjutnya diangkut ke tempat coal crushing dengan alat crusher atau pemecah batubara kemudian dilakukan homogenisasi untuk mendapatkan batubara yang sesuai dengan permintaan

pasar dan kemudian dilakukan preparasi atau pemisahan batubara dari pengotornya setelahnya dilakukan pemindahan batubara dari proses pengolahan ke tongkang selanjutnya dilakukan transshipment dari tongkang ke kapal besar dan dilakukan pengurusan pengurusan dokumen.

Kegiatan Penambangan batubara adalah merupakan aliran proses kerja yang berlanjut apabila terjadi kendala yang disebabkan oleh rusaknya alat atau mesin pendukung akan mengganggu proses penambangan. PT. PPN mengalami permasalahan pada tingginya breakdown pada excavator PC-800 yang dimana digunakan untuk memindahkan hasil tambang ke dalam dump truck. Tingginya angka breakdown yang disebabkan oleh komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan dapat menyebabkan beberapa resiko tang meliputi, resiko jiwa, resiko keuangan, resiko

pencemaran lingkungan dan resiko sosial (Hardhianto et al., 2021), dan PT. PPN sudah melakukan perawatan dengan menggunakan perawatan pencegahan, dan pada kenyataannya masih terjadi masalah dalam pelaksanaannya. Kegiatan perawatan mesin memiliki peranan penting dalam mendukung sistem kerja yang sesuai dengan harapan atau lancar, dengan perawatan dapat menekan waktu kerugian akibat yang ditimbulkan oleh mesin yang disebabkan oleh kerusakan komponen-komponen yang terjadi diluar penjadwalan perawatan yang dapat mengganggu proses produksi.

Terjadinya kerusakan komponen yang terjadi diluar penjadwalan dapat diselesaikan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan akandilakukannya analisis keandalan sehingga dihasilkan nilai waktu rata-rata kerusakan (MTTF) dan membuat penjadwalan untuk penggantian komponen kritis (RPN). Penyimpanan komponen kritis juga sangat penting agar total biaya penyimpanan minimum (Anshori et al., 2021) and (Anshori et al., 2017).

RCM adalah sebuah rangkain teknik logika yang membuat jadwal pemeliharaan atau perawatan yang dapat menjamin proses perancangan sistem keandalan pada pengoprasian dengan spesifikasi khusus. RCM didefinisikan sebagai proses yang digunakan untuk memastikan bahwa aset fisik perusahaan berjalan dengan semestinya dan dapat melakukan fungsi yang diinginkan oleh pemakainya. (Wibowo et al., 2019)

Diharapkan dengan penerapan perawatan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di perusahaan PT.PPN dapat mengurangi tingginya angka breakdown pada PC-800 yang disebabkan oleh komponen kritis dan penentuan waktu perawatan yang tepat sehingga dapat memaksimalkan penggunaan mesin dengan maksimal.

METODE PENELITIAN

Diagram Pareto

Diagram pareto bisa digunakan untuk mencari kecacatan sebesar 20% yang merupakan 80% kecacatan dari seluruh proses selama kegiatan produksi. (Ramadhani, 2019) Manfaat dari Diagram Pareto sebagai berikut:

- 1 Menentukan jenis masalah atau kendala utama
- 2 Membandingkan setiap jenis masalah dengan himpunan.
- 3 Menampilkan tingkat perbaikan yang dilakukan.
- 4 Menunjukkan hasil perbandingan untuk masing-masing jenis permasalahan sebelum dan sesudah.

Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance adalah metode yang digunakan untuk memilih, mengembangkan atau membuat alternatif sebagai perawatan dengan kriteria operasional, ekonomi dan keamanan (Aritonang &

Setiawan, 2015). RCM berfungsi untuk mencari kegagalan yang terjadi pada setiap kegiatan preventive maintenance.

Tujuan dari penerapan *Reliability Centered Maintenance* adalah:

- 1 Untuk membentuk penjadwalan kegiatan perawatan yang sesuai dengan kendala
- 2 Meningkatkan informasi dari setiap kegagalan untuk meningkatkan desain yang berkaitan dengan keandalan
- 3 Membantu membuat desain untuk mengembalikan kehandalan dan keamanan pada kondisi mendekati semula pada preventive maintenance
- 4 Menghemat waktu dan biaya

Langkah-Langkah Penerapan dalam RCM adalah sebagai berikut:

- 1 Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi
Pemilihan fungsi dari setiap sistem dan sub sistem digunakan untuk penentuan jajaran dari sistem dan subsistem, sehingga dapat menggambarkan komponen mana yang tidak bekerja jika komponen utama mengalami kerusakan.
- 2 Pemilihan batasan sistem
Batasan sistem merupakan sebuah batasan dan sistem yang sudah ditentukan guna mengetahui bagian atau tidak termasuk kedalam bagian yang akan diteliti. Pada langkah ini dibuat tentang masukan (input) dan keluaran (output) yang berasal dari sistem.
- 3 Pemilihan sistem dan functional Diagram Blok (FDB)
Pendesripsian dari sebuah sistem berguna untuk mendokumentasikan dan mengidentifikasi tentang hal-hal penting dari sebuah sistem seperti informasi Riwayat, cara kerja, input dari system, dll. Langkah pendeskripsian sistem diharapkan dapat mengetahui komponen komponen yang ada di dalam sistem tersebut serta bagaimana komponen yang ada pada sistem tadi beroperasi. Sedangkan laporan fungsi alat-alat dan cara sistem operasinya bisa digunakan menjadi isu pembuatan dan membentuk dasar untuk memilih aktivitas perawatan terpolo buat membentuk Diagram Blok Fungsional.
- 4 Penetapan fungsi dan kegagalan fungsi
Fungsi adalah sesuatu yang dilakukan oleh alat atau sistem yang dapat membantu sesuai harapan alat atau sistem tersebut. Kegagalan (disappointment) dapat diartikan Ketika peralatanketidakmampuan melakukan fungsi yang diharapkan oleh pemakai. Sedangkan kegagalan fungsi dapat diartikan sebagai ketidakmampuan peralatan untuk menjalankan fungsi atau kegunaan sesuai fungsi peralatan sesuai standar yang dapat diterima oleh pengguna. Fungsi serta sistem

kegagalan fungsi bisa diketahui sesuai definisi sistem, berita kejadian kerusakan, dimana dilakukan penelitian secara mendalam terhadap sistem yang sedang diteliti atau mengalami kerusakan. Bagian ini dilakukan Analisis kegagalan komponen yang saling terkait dan saling terhubung pada setiap komponen sistem yang diteliti.

5 Disappointment Mode and Effect Analysis (FMEA) berfungsi untuk menentukan komponen yang mengalami kegagalan yang paling berpengaruh serta efek yang terjadi pada sistem. Disappointment impact adalah kerusakan yang muncul karena kegagalan. Hubungan kegagalan fungsi dan penyebab kerusakan dapat ditentukan dengan pembuatn riwayat informasi sebelumnya atau mencatat setiap fungsi kegagalan fungsi sebelumnya. Selanjutnya analisis tersebut dapat digunakan untuk penentuan keputusan yang akan diambil untuk mengantisipasi atau mencegah dan memperbaiki atau mendeteksinya. Dengan penelusuran efek-dampak kegagalan komponen sinkron menggunakan sistem level, bagian yang spesifik dapat dinilai dan diberikan perbaikan yang dibutuhkan dengan membuat perbaikan dengan mendesain dan mengeliminasi atau memperkecil kemunculan kegagalan dari bagian yang kritis. Cara analisis dilakukan dengan pendekatan dari bawah ke atas. Dikarenakan Analisis yang dilakukan dilakukan dari peralatan dengan taraf terendah dilanjutkan ke sistem yang memiliki taraf lebih tinggi. Beberapa macam komponen dari mode kegagalan sistem dituliskan di lembar kerja FMEA.

6 Risk Priority Number (RPN) Sistem matematis dari akibat atau kemungkinan akan terjadinya sesuatu yang akan menimbulkan suatu kegagalan yang berafiliasi menjadi efek serta kemampuan yang digunakan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi kegagalan. RPN bisa bisa digambarkan menggunakan persamaan berikut ini:

$$RPN = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection} \quad (1)$$

Risk Priority Number (RPN) hasil yang berasal dari RPN memberikan tingkat keamanan alat-alat yang diklaim berisiko tinggi, menjadi pedoman dilakukan perawatan. RPN terbentuk dari tiga komponen, komponen tersebut meliputi:

a. **Keparahan (Severity)**
Keparahan merupakan efek yang disebabkan oleh modus kegagalan atau kerusakan terhadap keseluruhan mesin

Tabel 1 Keparahan (Severity)

Nilai	Efek Kriteria
10	Tidak dapat bberfungsi
9	Menampilkan peringatan dan kehilangan fungsi utama
8	Fungsi utama menghilang
7	Fungsi utama berkurang
6	Kehilangan kenyamanan dalam fungsi pengguna
5	Berkurangnya fungsi kenyamanan pengguna
4	Berubahnya fungsi dan pengguna menyadari ada masalah
3	Tidak menimbulkan efek dan pengguna menyadari ada masalah
2	Tidak menimbulkan efek dan pengguna tidak menyadari ada masalah
1	Tidak menimbulkan efek

b. **Occurrence (Kejadian)**

Kejadian merupakan sebuah penelitian menggunakan tingkat tertentu dimana terjadinya penyebab dari sebuah kerusakan mekanis yang terjadi pada mesin atau peralatan

Tabel 2. Occurrence (Kejadian)

No	Rata-Rata Kejadian
10	Lebih dari 50 kali/7200 jam pemakaian
9	35-50 kali/7200 jam pemakaian
8	31-35 kali/7200 jam pemakaian
7	26-30 kali/7200 jam pemakaian
6	21-25 kali/7200 jam pemakaian
5	16-20 kali/7200 jam pemakaian
4	11-15 kali/7200 jam pemakaian
3	5-10 kali/7200 jam pemakaian
2	Kurang dari 5 kali/7200 jam pemakaian
1	Tidak pernah sama sekali

c. **Mendeteksi (Detection)**

Detection merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengukur kemampuan dalam pengontrolan kerusakan yang telah terjadi

Tabel 3. Mendeteksi (Detection)

Nilai	Efek Kriteria
10	Tidak Terdeteksi
9	Kemungkinan sangat sulit serta sangat rendah untuk terdeteksi
8	Kemungkinan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi
7	Kemungkinan sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kemungkinan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kemungkinan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kemungkinan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

7 **Logic Tree Analysis (LTA)**

Logic Tree Analysis adalah pengukuran kualitatif yang berfungsi untuk mengelompokan mode kegagalan. Dengan dilakukanya peninjauan fungsi dari kegagalan yang telah terjadi akan menghasilkan status mode kerusakan menjadi tidak sama. Pada LTA

terdiri dari 4 pertanyaan, dimanasetiap pertanyaan yang hanya perlu dijawab dengan “Ya” atau “Tidak”. Sebab hal ini sangat penting untuk penentuan analisis tingkat kekritisan, yaitu:

- Evident yaitu apakah operator mengetahui sistem mengalami sistem bekerja dengan normal atau telah mengalami kendala atau gangguan pada sistem?
- Safety yaitu apakah terjadinya kerusakan mengakibatkan masalah pada keselamatan operator dan lingkungan?
- Outage yaitu mode kerusakan apakah menyebabkan sebagian atau seluruh mesin berhenti atau tidak dapat bekerja?
- Category yaitu merupakan pengelompokan dari jawaban yang didapat dari pertanyaan yang diberikan, 4 kategori tersebut adalah:
 - a. Kategori A (safety problem): apabila mode kegagalan mengakibatkan dan berdampak pada operator dan lingkungan.
 - b. Kategori B (Outage problem): apabila mode kegagalan mengakibatkan terganggunya perencanaan operasional yang mengakibatkan kerugian ekonomi yang sangat signifikan atau besar.
 - c. Kategori C (Economic problem): apabila mode kegagalan tidak berdampak pada perencanaan operasional atau kerugian ekonomi yang cukup kecil relatif untuk melakukan sebuah perbaikan.
 - d. Kategori D (Hidden failure) apabila mode kegagalan terjadi secara tak terlihat atau tersembunyi, dan kemudian dikelompokkan kedalam kategori D/A, D/B, dan D/C

8 Pemilihan Tindakan

Assignment choice adalah tindakan yang bersumber dari kebijakan –kebijakan Assignment Selection adalah Tindakan yang bersumber dari kebijakan-kebijakan yang kemungkinan efektif jika diterapkan dan memiliki tugas yang efisien pada setiap mode kegagalan. Tahap terakhir pada RCM adalah pemilihan tindakan. Asalkan setiap mode kegagalan dibautkan daftar tindakan yang memungkinkan untuk menghubungkan pada kegagalan yang ada, dimana apabila kegagalan yang ada saling berhubungan secara eksklusif apakah menggunakan:

- a. Time Directed (TD) Waktu terarah adalah langkah pencegahan yang eksklusif terhadap sumber kerusakan atau kegagalan yang berpedoman pada umur komponen atau waktu. Langkah yang dilakukan sangatserius dikarenakan kegiatan penggantian dilakukan dengan terencana.

- b. Condition Directed (CD) Kondisi terarah adalah tindakan perawatan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa dengan indera. bila pada investigasi atau pengecekan ditemukan tanda-tanda kerusakan, maka dilakukan perbaikan atau penggantian komponen yang rusak.
- c. Failure Finding (FF) Menentukan kegagalan adalah tindakan perawatan yang bertujuan untuk menentukan kerusakan yang tersembunyi (hidden failure) dengan menggunakan investigasi terpola.
- d. Run to Failure (RTF) Kegiatan yang menggunakan alat-alat atau mesin sampai mengalami kerusakan, karena tidak adanya tindakan ekonomis yang dapat digunakan untuk pencegahan kerusakan.

Keandalan

Keandalan merupakan kondisi dimana komponen atau sistem dapat memenuhi kegunaan sesuai dengan yang diharapkan dalam waktu interval tertentu. Indeks keandalan adalah indikator yang ditunjukkan menggunakan besaran probabilitas, yang terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh hasil yang mendalam untuk kinerja (Gide, 2011)

Interval Optimal dan Perubahan Komponen

Prinsip dasar dalam mengelola sistem pemeliharaan adalah menjaga waktu henti seminimal mungkin, sehingga keputusan keputusan untuk mengganti komponen sistem sangat penting karena waktu henti yang minimal. Masalahnya adalah menentukan waktu terbaik untuk kapan harus dilakukan penggantian komponen untuk meminimalkan waktu henti secara keseluruhan. Kendalanya adalah (1) penggantian komponen menyebabkan peningkatan pada waktu henti yang disebabkan oleh penggantian, akan tetapi dapat mengurangi waktu henti yang disebabkan oleh kerusakan atau kegagalan. (2) apabila dilakukan penundaan waktu rata-rata penggantian akan menurunkan waktu henti karena pergantian, tetapi akan mengakibatkan potensi bertambahnya waktu henti yang disebabkan oleh kerusakan. Dari kedua kondisi tersebut diharapkan bisa mencapai keseimbangan antara keduanya. Tujuan utama adalah untuk mendapatkan waktu penggantian komponen pada waktu optimal berdasarkan waktu interval t_p antara perawatan preventif dengan kriteria yang meminimalkan total waktu henti per unit. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk meminimasi biaya yang terjadi dalam siklus (Wiratno et al., 2011). Total *downtime* menurut (Becker et al., 2015) dirumuskan sebagai berikut:

$$D(t) = (H(t)T_f + T_p) / (t_p + T_p) \quad (2)$$

Ket:

- H(t) = Banyaknya interval kerusakan waktu (0.tp), merupakan nilai harapan
- Tf = Waktu yang digunakan untuk penggantian komponen
- Tp = Waktu yang digunakan untuk penggantian komponen karena kegiatan preventif (sebelum komponen rusak)
- tp+Tp = Panjang satu siklus

Total Minimum Downtime menuju pada kegiatan penggantian item atau komponen yang didasarkan oleh interval waktu tp optimal. Untuk item atau komponen yang distribusi kegagalan mengikuti distribusi probabilitas tertentu yang berguna untuk probabilitas f(t), sehingga nominal ekspektasi dari banyak kegagalan (0.tp) terjadi dalam waktu yang dapat dihitung sbb:

$$H(tp) = \sum_{t=0}^{tp-1} [1 + H(tp) - 1 - i] \int_i^{i+1} f(t)dt \quad (3)$$

H(0)ditetapkan sama dengan nol, sehingga untuk tp=0,maka H(tp)=H(0)

Penghitungan Biaya Perawatan

Penghitungan biaya perawatan dapat dihitung dengan menggunakan data harga komponen, data biaya pekerja dan data kehilangan (tidak adanya kegiatan produksi). Rumus yang dapat digunakan pada scheduled restoration task dan sceduled discard task yaitu dengan menggunakan penghitungan biaya kerusakan komponen atau biaya perbaikan. Rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut: (Dhamayanti, Alhilman and Athari, 2016)

$$Cf = Cr + MTTR + (Co + Cw) \quad (4)$$

Dimana:

- Cf = Biaya perbaikan setiap kerusakan atau penggantian setiap siklus perawatan
- Cr = Biaya Penggantian Kerusakan komponen
- Co = Biaya Kerugian produksi
- Cw = Biaya tenaga kerja Cf(biaya perbaikan), kemudian dilakukan penghitungan untuk biaya yang dikeluarkan

Penghitungan biaya perawatan dari penghitungan perawatan usulan yang telah dihitung sebelumnya. Penghitungan ini dilakukan dengan rumus: (T. Harvard, 2000)

$$Tc = (Cm + Cr X fm) \quad (5)$$

Dimana:

- Cm = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan
- Cr = Biaya komponen
- fm = Frekuensi pelaksanaan preventive maintenance

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan Komponen Kritis

Excavator PC-800 telah terjadi kerusakan sebanyak 90 Kali dalam satu tahun dengan jumlah total

downtime 545:31 Jam. Dalam penentuan komponen kritis ditentukan dari komponen yang memiliki waktu downtime terbanyak dan waktu frekuensi kerusakan tertinggi dari diagram pareto dimana komponen mana saja yang paling efektif atau nilai kerusakan tertinggi dengan nilai kumulatif 80% dijadikan komponen kritis, dikarenakan dari 20% usaha diharapkan dapat menghasilkan 80% hasil, sehingga didapatkan 16 jenis komponen yang termasuk kedalam komponen kritis diantaranya adalah *fuel pre filter cartridge, fuel main filter cartridge, pilot filter element, drain filter cartridge, teeth bucket, hydraulic oil filter element, breather element in hydraulic tank, corrosion resistor cartridge, starting motor, boom cylinder line hose, bucket cylinder line hose, water pump, accumulator, arm cylinder line hose, fuel spill hose engine - fuel tank, dan fuel hose feed pump - cooling plate.*

Tindakan Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

1. Failure Mode and Effect Analsys (FMEA).

FMEA pada komponen Excavator PC-800 didapatkan nilai RPN untuk setiap komponen kerusakan sebagai berikut

Tebel 4. Failure Mode and Effect Analsys (FMEA).

No	Nama Komponen	Nilai RPN
1	Fuel pre filter cartridge	24
2	Fuel main filter cartridge	6
3	Pilot filter element	12
4	Drain filter cartridge	8
5	Teeth bucket	8
6	Hydraulic oil filter element	18
7	Breather element in hydraulic tank	20
8	Corrosion resistor cartridge	8
9	Starting motor	40
10	Boom cylinder line hose	20
11	Bucket cylinder line hose	20
12	Water pump	20
13	Accumulator	60
14	Arm cylinder line hose	20
15	Fuel spill hose engine - fuel tank	20
16	Fuel hose feed pump - cooling plate	20

Nilai RPN pada Komponen Fuel pre filter cartridge adalah sebesar 24 dimana nilai Severity Mendapatkan 3 karena tidak menimbulkan efek dan pengguna menyadari adanya masalah, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian dan Nilai detection sebesar 4 Kemungkinan yang cukup tinggi untuk terdeteksi.

Nilai RPN pada Komponen Fuel main filter cartridge adalah sebesar 6 dimana nilai Severity Mendapatkan 3 karena tidak menimbulkan efek dan pengguna menyadari adanya masalah, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi.

Nilai RPN pada Komponen Pilot filter element adalah sebesar 12 dimana nilai Severity Mendapatkan 2 karena tidak menimbulkan efek dan pengguna tidak menyadari adanya masalah, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 3 kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Drain filter cartridge adalah sebesar 8 dimana nilai Severity Mendapatkan 2 karena tidak menimbulkan efek dan pengguna tidak menyadari adanya masalah, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 2 kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Teeth bucket adalah sebesar 8 dimana nilai Severity Mendapatkan 4 karena berubahnya fungsi dan pengguna menyadari adanya masalah, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi.

Nilai RPN pada Komponen Hydraulic oil filter element adalah sebesar 18 dimana nilai Severity Mendapatkan 3 karena tidak menimbulkan efek dan pengguna menyadari adanya masalah, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 3 kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi

Nilai RPN pada Breather element in hydraulic tank adalah sebesar 20 dimana nilai Severity Mendapatkan 5 karena berkurangnya fungsi kenyamanan pengguna, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 2 Dikarenakan kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Corrosion resistor cartridge adalah sebesar 8 dimana nilai Severity Mendapatkan 2 karena tidak menimbulkan efek dan pengguna tidak menyadari adanya masalah, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 2 kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Starting motor adalah sebesar 40 dimana nilai Severity Mendapatkan 10 karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 2 Dikarenakan kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Boom cylinder line hose adalah sebesar 20 dimana nilai Severity Mendapatkan 10 karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Bucket cylinder line hose adalah sebesar 20 dimana nilai Severity Mendapatkan 10 karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Water pump adalah sebesar 20 dimana nilai Severity Mendapatkan 10 karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Accumulator adalah sebesar 60 dimana nilai Severity Mendapatkan 10

karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 3 Dikarenakan kemungkinan yang tinggi untuk terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Arm cylinder line hose adalah sebesar 20 dimana nilai Severity Mendapatkan 10 karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Fuel spill hose engine - fuel tank adalah sebesar 20 dimana nilai Severity Mendapatkan 10 karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi

Nilai RPN pada Komponen Fuel hose feed pump - cooling plate adalah sebesar 20 dimana nilai Severity Mendapatkan 10 karena tidak berfungsi, Nilai Occurance sebesar 2 karena Kerusakan Kurang dari 5 kali/7200 Jam pemakaian, dan Nilai detection sebesar 1 Dikarenakan pasti terdeteksi

2. Logic Tree Analysis (LTA)

maka didapatkan 4 kategori kegagalan pada komponen Excavator PC-800 yang dipertimbangkan sebagai berikut:

- a. Kategori A (safety problem): apabila mode kegagalan mengakibatkan dan berdampak pada operator dan lingkungan. Adapun Komponen yang masuk kedalam kategori ini adalah : *Boom cylinder line hose, Arm cylinder line hose, dan Bucket cylinder line hose.*
- b. Kategori B (Outage problem): apabila mode kegagalan mengakibatkan terganggunya perencanaan operasional yang mengakibatkan kerugian ekonomi yang sangat signifikan atau besar. Adapun komponen yang masuk kedalam kategori ini adalah : *Fuel pre filter cartridge, Fuel main filter cartridge, Pilot filter element, Drain filter cartridge, Hydraulic oil filter element, Breather element in hydraulic tank, Corrosion resistor cartridge, Starting motor, Water pump, Fuel spill hose engine - fuel tank, dan, Fuel hose feed pump - cooling plate.*
- c. Kategori C (Economic problem): apabila mode kegagalan tidak berdampak pada perencanaan operasional atau kerugian ekonomi yang cukup kecil relatif untuk melakukan sebuah perbaikan. Yang masuk kedalam kategori ini adalah: *teeth bucket*
- d. Kategori D (Hidden failure) apabila mode kegagalan terjadi secara tak terlihat atau tersembunyi, adapun komponen yang masuk ke dalam kategori ini adalah: *Accumulator.*

3. Pemilihan Tindakan

Hasil analisis pemilihan tindakan pada komponen Excavator PC-800 yang saat ini terdapat 16 Komponen yang mengalami kegagalan, tindakan yang ada saat ini adalah hanya kegiatan perawatan preventif. Sedangkan kegiatan perawatan dengan metode RCM didapatkan perubahan tindakan

perawatan pada komponen yang terjadi kegagalan dan diperoleh beberapa tindakan yaitu:

1. Time Directed (TD) Waktu terarah adalah langkah pencegahan yang eksklusif terhadap sumber kerusakan atau kegagalan yang berpedoman pada umur komponen atau waktu.
2. Condition Directed (CD) Kondisi terarah adalah tindakan perawatan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa dengan indera. bila pada investigasi atau pengecekan ditemukan tanda-tanda kerusakan, maka dilakukan perbaikan atau penggantian komponen yang rusak. Komponen yang masuk kedalam Condition Directed (CD) adalah:
3. Failure Finding (FF) Menentukan kegagalan adalah tindakan perawatan yang bertujuan untuk menentukan kerusakan yang tersembunyi (hidden failure) dengan menggunakan investigasi terpola. Komponen yang termasuk kedalam tindakan Failure Finding (FF) adalah

Interval Yang Direkomendasikan Untuk Penggantian Komponen

Dilakukanya pendekatan dengan metode RCM, maka tindakan lebih berfokus pada komponen-komponen yang masuk kedalam kategori Time Directed (TD) yaitu: *Fuel pre filter cartridge, Fuel main filter cartridge, Pilot filter element, Drain filter cartridge, Hydraulic oil filter element, Breather element in hydraulic tank, Corrosion resistor cartridge, Boom cylinder line hose, Bucket cylinder line hose, Arm cylinder line hose, Fuel spill hose engine - fuel tank dan Fuel hose feed pump - cooling plate.* Interval penggantian komponen didapatkan dari pendekatan Total Minimum Downtime (TMD) dengan nilai terkecil. Sebelum di lakukanya penghitungan TMD dilakukan pengujian distribusi dengan nilai interval kerusakan dari setiap komponen. Hasil penghitungan Total Minimum Downtime (TMD) pada setiap komponen tersebut adalah:

Tabel 5 Hasil Penghitungan TMD

No	Komponen	Penggantian komponen yang optimal
1	Fuel pre filter cartridge	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 107
2	Fuel main filter cartridge	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 107
3	Pilot filter element	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 107
4	Drain filter cartridge	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 107
5	Hydraulic oil filter element	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 92

No	Komponen	Penggantian komponen yang optimal
6	Breather element in hydraulic tank	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 92
7	Corrosion resistor cartridge	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 92
8	Boom cylinder line hose	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 206
9	Bucket cylinder line hose	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 167
10	Arm cylinder line hose	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 193
11	Fuel spill hose engine - fuel tank	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 170
12	Fuel hose feed pump - cooling plate	Rekomendasi penggantian komponen sebaiknya dilakukan pada hari ke 227

Analisa Biaya Penggantian Komponen

Perawatan yang sebelumnya atau sebelum penggantian terencana yang meliputi biaya kerja, harga sparepart dan biaya kehilangan produksi. Sedangkan pemeliharaan usulan perawatan menggunakan interval waktu optimal berdasarkan kriteria minimasi *downtime*. Analisa biaya penggantian komponen sebelum penjadwalan adalah:

Penurunan biaya perawatan Fuel pre filter cartridge:

$$= (\text{biaya perawatan sebelum penjadwalan} - \text{biaya perawatan sesudah usulan}) / (\text{biaya perawatan sebelum penjadwalan}) \times 100\%$$

$$= (\text{Rp}22.061.447 - \text{Rp}17.269.034) / \text{Rp}22.061.447 \times 100\%$$

$$= 21,7 \%$$

Dari hasil penghitungan didapatkan hasil: Penulisan Persamaan Matematika.

Tabel 6 Perbandingan Biaya Sebelum Dan Sesudah Usulan

No	Komponen	Biaya Penggantian Kimponen Sebelum Usulan	Biaya Penggantian Kimponen Sesudah Usulan	Biaya Yang Dihemat	Biaya Yang Dihem at (%)
1	Fuel pre filter cartridge	Rp12.701.256	Rp9.600.458	Rp3.100.797	24%
2	Fuel main filter cartridge	Rp6.577.656	Rp5.007.758	Rp1.569.897	24%
3	Pilot filter element	Rp5.859.756	Rp4.469.333	Rp1.390.422	24%
4	Drain filter cartridge	Rp1.392.456	Rp1.118.858	Rp273.597	20%
5	Hydraulic oil filter element	Rp5.988.032	Rp4.789.876	Rp1.198.156	20%
6	Breather element in hydraulic tank	Rp9.037.322	Rp7.079.051	Rp1.958.272	22%
7	Corrosion resistor cartridge	Rp3.625.322	Rp3.020.051	Rp605.272	17%
8	Boom cylinder line hose	Rp12.238.956	Rp7.032.582	Rp5.206.374	43%
9	Bucket cylinder line hose	Rp16.918.094	Rp11.697.166	Rp5.220.929	31%
10	Arm cylinder line hose	Rp10.120.871	Rp10.090.523	Rp30.348	0,2%

No	Komponen	Biaya Penggantian Kimponen Sebelum Usulan	Biaya Penggantian Kimponen Sesudah Usulan	Biaya Yang Dihemat	Biaya Yang Dihemat (%)
11	Fuel spill hose engine - fuel tank	Rp1.905.491	Rp1.895.830	Rp9.661	1%
12	Fuel hose feed pump - cooling plate	Rp2.366.213	Rp2.300.345	Rp65.868	3%
Total		Rp88.731.424	Rp68.101.832	Rp20.629.592	23%

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa penghematan biaya sebelum dan sesudah usulan penggantian sebesar Rp20.629.592 per tahun atau penghematan biaya sebesar 23%

PENUTUP

Dengan menggunakan pendekatan RCM dapat dihasilkan penurunan *downtime* sebesar 99% dan perbandingan biaya sebelum usulan perawatan adalah Rp 88.731.424 dan biaya sesudah usulan adalah Rp 68.101.832 atau menghemat sebesar Rp 20.629.592 atau 23%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, M., Isnaini, N. H., & Adriansyah, G. (2021). Joint Economic Lot Sizing at Two Levels of Supply Chain in Food and Beverage Industry. *Sao Paulo*.
- Anshori, Moch., Pujawan, I. N., & Wiratno, S. E. (2017). *Model Koordinasi Pemanufaktur Tunggal Multi Pembeli dengan permintaan Probabilistik* [Preprint]. Open Science Framework. <https://doi.org/10.31219/osf.io/tb5av>
- Aritonang, Y. M. K., & Setiawan, A. (2015). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Fasilitas Produksi Kain. *Jurnal Telematika*, 7(2), 75–80.
- Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, Wkh, R. Q., ...)2015. (فاطمی ح). Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Application “SECOND EDITION.” In *Syria Studies* (Vol. 7, Issue 1).
- Gide, A. (2011). OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK DENGAN ALGORITMA GENETIKA Radiktyo. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 5–24.
- Hardhianto, H., Adriansyah, G., & ... (2021). Analisis Penentuan Remaining Life Dengan Pendekatan Metode Rbi Semi Kuantitatif (Studi Kasus Pada Pipa Penyalur Gas Bawah Tanah *JISO: Journal of ...*, 4, 88–95.
- Ramadhani, G. S. (2019). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN DIAGRAM KENDALI DEMERIT (Studi Kasus Produksi Air Minum Dalam Kemasan 240 ml di PT TIW). *CONCEPT AND COMMUNICATION*, null(23), 301–316. <https://doi.org/10.15797/concom.2019..23.009>
- Wibowo, H., Sidiq, A., & Ariyanto, A. (2019). Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Perusahaan Karet. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(2), 79–87. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i2.4106>
- Wiratno, S. E., Industri, J. T., Sidoarjo, S., Industri, F. T., & Industri, J. T. (2011). *MODEL KOORDINASI PEMANUFAKTUR TUNGGAL-MULTI*. 1976, 1–9.