

USULAN PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE PADA TRANSFER CONVEYOR STEEL CORD

Bahrinudin¹, W Tedja Bhirawa², Karel L Mandagie³, T. Dikatama T⁴.

^{1,2,3} Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma;

⁴National Air And Space Power Of Indonesia.

^{1,2,3}Tedjabhirawa1@gmail.com; ⁴ikeo.santai@gmail.com;

Abstract — Penelitian ini dilaksanakan bertujuan untuk mengetahui dan mengukur Overall Equipment Effectiveness (OEE) mesin Transfer Conveyor Steel Cord, mengidentifikasi dan memverifikasi faktor-faktor kerugian dominan bagi perusahaan berdasarkan six big losses dengan melakukan Root Cause Analysis serta mengukur total efektivitas performansi dari mesin-Transfer Conveyor Steel Cord. (4)Membuat usulan kepada perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dan efektivitas dimasa yang akan datang. Penelitian dilaksanakan di PLTU Bukit Asam Sumatera Selatan dengan menggunakan Transfer Conveyor Steel Cord. Pada penelitian ini untuk dapat meningkatkan OEE mesin pada Transfer Conveyor Steel Cord, maka rancangan sistem perawatan yang dibuat dengan menggunakan metode TPM. penerapan TPM yang diperoleh setelah melakukan pengolahan data. Analisis yang dilakukan meliputi analisis jadwal perawatan, analisis six big losses, analisis nilai OEE, dan analisis rancangan penerapan TPM. Pengukuran tingkat efektivitas Transfer Conveyor Steel Cord dengan menggunakan metode OEE diperoleh nilai OEE sebesar 81,1 %. Langkah perbaikan yang perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya breakdown adalah operator melakukan pengecekan mesin sebelum mesin tersebut dioperasikan, sehingga dapat meminimalkan potensi kerusakan mesin. Memberikan pelatihan secara berkala kepada para operator dan maintenance untuk meningkatkan kemampuan mereka. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan perancangan penjadwalan preventive maintenance dan optimalisasi autonomous maintenance untuk meminimalkan breakdown yang terjadi. Beberapa tindakan Planned Maintenance diantaranya adalah pemeriksaan alat secara menyeluruh, melakukan pembersihan, dan pelumasan dan penggantian komponen (spare part) dilakukan secara berkala sesuai prosedur.

Kata Kunci: *Conveyor Steel Cord, Overall Equipment Effectiveness, Root Cause Analysis, Transfer Conveyor Steel Cord*

Abstract —*This research was carried out with the aim of knowing and measuring the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of the Transfer Conveyor Steel Cord machine, identifying and verifying the dominant loss factors for the company based on the six big losses by carrying out Root Cause Analysis and measuring the total performance effectiveness of the Transfer Conveyor Steel machine. Cord. (4) Make proposals to the company to increase productivity and effectiveness in the future. The research was carried out at PLTU Bukit Asam, South Sumatra using a Steel Cord Transfer Conveyor. In this research, to increase the OEE of the machine on the Steel Cord Transfer Conveyor, a maintenance system design was created using the TPM method. application of TPM obtained after processing the data. The analysis carried out includes maintenance schedule analysis, six big losses analysis, OEE value analysis, and TPM implementation design analysis. Measuring the level of effectiveness of the Transfer Conveyor Steel Cord using the OEE method obtained an OEE value of 81.1%. The corrective steps that need to be taken to prevent breakdowns are for the operator to check the machine before the machine is operated, so as to minimize the potential for machine damage.*

Provide regular training to operators and maintenance to improve their abilities. This research can be continued by designing preventive maintenance scheduling and optimizing autonomous maintenance to minimize breakdowns that occur. Some of the Planned Maintenance actions include thorough inspection of equipment, cleaning and lubrication and replacement of components (spare parts) carried out periodically according to procedures.

Keywords: *Conveyor Steel Cord, Overall Equipment Effectiveness, Root Cause Analysis, Transfer Conveyor Steel Cord.*

1. PENDAHULUAN

Sistem penanganan batubara (Coal Handling System) di PLTU Bukit Asam Sumatera Selatan adalah suatu proses untuk menyalurkan PT Energi Primer (batubara) untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar Unit Pembangkit dengan menggunakan *Belt Conveyor*. Untuk menjaga ketersediaan bahan bakar PLTU, diperlukan kuantitas dan kualitas batubara pada proses penyaluran energi primer secara efektif dan efisien. *Belt conveyor* di dalam Coal handling system merupakan peralatan yang sangat vital dan berfungsi untuk mentransmisikan batubara dari unloading area (*Intake Hopper*) sampai *Coal bunker (power plant)*, beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan *Belt Conveyor* yaitu meminimalisasi biaya dan waktu saat memindahkan batubara, meningkatkan efisiensi pemindahan material, dan meningkatkan kondisi lingkungan kerja. Kuantitas dan peralatan. OEE berfokus pada waste (waktu yang terbuang ketika mesin tidak bekerja), dan pada in-efisiensi dalam proses manufaktur. Selain itu, OEE dapat digunakan sebagai indikator peningkatan proses dan sebagai pendekatan untuk mencapainya seperti peningkatan proses di bidang manufaktur. OEE digunakan sebagai dasar penggerak kinerja bisnis perusahaan yang berfokus pada kualitas, produktivitas, dan masalah pemanfaatan mesin untuk mengurangi kegiatan yang tidak bernilai tambah dalam proses bisnis perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai OEE *Transfer Conveyor Steel Cord* yang digunakan sebagai dasar usulan perbaikan berdasarkan nilai terendah dari ketiga parameter dalam OEE. Usulan perbaikan ini diharapkan sebagai dasar

keputusan manajemen dalam mengoptimalkan kinerja *Transfer Conveyor Steel Cord* melalui peningkatan nilai OEE di masa mendatang. Berdasarkan uraian di atas penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian dengan judul "Usulan Penerapan Total *Productive Maintenance* pada *Transfer Conveyor Steel Cord*". Komponen pada bagian pendahuluan terdiri dari: apa yang telah penulis ketahui, apa yang penulis belum ketahui, serta rasional/ argumentasi penulis dan tujuan/hipotesis penelitian. Kualitas batubara mempengaruhi efisiensi pada Unit Pembangkit. Total *Productive Maintenance* (TPM) adalah suatu kegiatan perencanaan kegiatan pemeliharaan peralatan dari aspek pemeriksaan, perbaikan kecil sampai perbaikan yang terencana yang melibatkan semua personel yang berkaitan dengan pemeliharaan. TPM membantu pemeliharaan peralatan dalam mencapai tingkat produktif yang maksimal melalui kerja sama dari semua bidang fungsional dari sebuah organisasi. Metode yang digunakan untuk mengukur kegiatan TPM adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). OEE adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengevaluasi dan memperbaiki atau meningkatkan produktivitas

2. METODE PENELITIAN

Untuk menentukan frekuensi pemeriksaan, perhitungan menggunakan *reliability under preventive maintenance* (Ebeling, 1997). Untuk sistem yang kompleks peningkatan keandalan sering dapat dicapai melalui program pemeliharaan preventif. Program tersebut dapat mengurangi efek penuaan

atau aus pada mesin dan memiliki peningkatan pada kehidupan sistem. Model keandalan berikut mengasumsikan bahwa sistem dikembalikan ke kondisi aslinya setelah pemeliharaan preventif.

$$R_m(t) = \exp[-n(T - \theta)\beta] \exp[-(t - nT - \theta)\beta]$$

Model Optimal Inspection Frequency (Minimization Downtime) Untuk memperoleh ekspektasi downtime yang terjadi pada saat dilakukannya perawatan, dapat dengan menggunakan perhitungan optimal *inspection frequency (minimization downtime)* menurut (Jardine 1973). Untuk mengetahui besarnya downtime yang terjadi akibat banyaknya pemeriksaan, dapat menggunakan model persamaan berikut ini: $D(n) = \lambda(n) \mu + n i$

The six big losses merupakan enam kerugian besar yang terjadi, yang menjadi bagian dari tindakan TPM untuk menghilangkan enam kerugian tersebut. Enam kerugian besar tersebut dapat dikalkulasikan dalam perhitungan OEE menurut (Nakajima 1984). *Equipment failure/Breakdowns* (kerugian karena kerusakan peralatan). *Set-up and Adjustment Losses* (Kerugian karena pemasangan dan penyetelan). *Idling and minor stoppages losses* (kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat). *Reduced speed losses* (kerugian karena penurunan kecepatan operasi). *Process defect losses* (kerugian karena produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang). *Reduced yield losses* (kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai kondisi produksi yang stabil). *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* merupakan produk dari kegiatan operasi dengan six big losses pada mesin/peralatan. Formula matematis dari *overall OEE* dirumuskan sebagai berikut:

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance efficiency} \times \text{Rate of quality product} \times 100\%$$

2.1. Total Productive Maintenance (TPM)

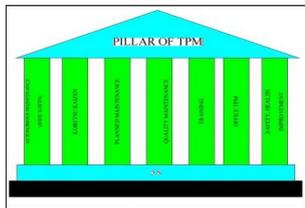
Total productive maintenance merupakan ide Nakajima (1988) yang menekankan

pada pendayagunaan dan keterlibatan sumber daya manusia dan sistem Preventive Maintenance untuk memaksimalkan efektifitas peralatan dengan melibatkan semua departemen dan fungsional organisasi. TPM adalah hubungan kerjasama yang erat antara perawatan dan organisasi produksi secara menyeluruh yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi waste, mengurangi biaya produksi, meningkatkan kemampuan peralatan dan pengembangan dari keseluruhan sistem perawatan pada perusahaan manufaktur. Secara menyeluruh definisi dari total productive maintenance menurut Nakajima mencakup lima elemen berikut:

- TPM bertujuan untuk menciptakan suatu sistem preventive maintenance (PM) untuk memperpanjang umur penggunaan mesin/peralatan.
- TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektifitas mesin/peralatan secara keseluruhan (*overall effectiveness*)
- TPM dapat diterapkan pada berbagai departemen (seperti *engineering*, bagian produksi, bagian *maintenance*)
- TPM melibatkan semua orang mulai dari tingkatan manajemen tertinggi hingga para karyawan/operator lantai pabrik.
- TPM merupakan pengembangan dari sistem maintenance berdasarkan PM melalui manajemen motivasi: *autonomous small group activities*. Kemudian (Ljungberg 1998) menambahkan bahwa OEE juga merupakan cara efektif menganalisis efisiensi sebuah mesin tunggal atau sebuah sistem permesinan terintegrasi.

Bagaimanapun suatu perusahaan menginginkan peralatan produksinya dapat beroperasi 100% tanpa ada downtime, pada kinerja 100% tanpa ada speed losses, dengan output 100% tanpa ada reject. Dalam kenyataannya, hal ini sangat sulit tapi bukan tidak mungkin hal ini dapat dicapai. Menghitung OEE merupakan salah satu komitmen untuk mengurangi kerugian-kerugian dalam peralatan produksi maupun proses melalui aktivitas TPM dan hal ini

merupakan tujuan utamanya. Subjek utama yang menjadi ide dasar dari kegiatan TPM adalah manusia dan mesin. Dalam hal ini diusahakan untuk dapat merubah pola pikir manusia terhadap konsep pemeliharaan yang selama ini biasa dipakai. Pola pikir “saya menggunakan peralatan dan orang lain yang memperbaiki” harus diubah menjadi “saya merawat peralatan saya sendiri.” Untuk itu para karyawan dituntut untuk dapat belajar menggunakan dan merawat mesin/peralatan dengan baik dan dengan demikian perlu dipersiapkan suatu sistem pelatihan (training) yang baik. Dalam TPM ada terdapat pilar-pilar yang mendukung kegiatan ini. Dapat kita lihat pada gambar berikut:



Gambar 1 Delapan Pilar TPM

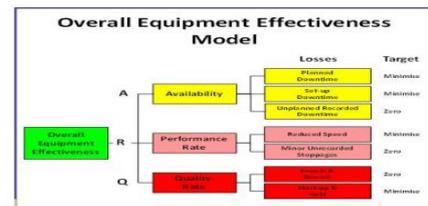
Untuk benar-benar menjalankan implementasi dari TPM, maka perusahaan harus merencanakan untuk menerapkan semua pilar tersebut. Tidak mudah bagi perusahaan untuk bisa menerapkan semua pilar tersebut sebagai langkah untuk meningkatkan produktivitas produksi karena penerapan pilar-pilar tersebut pastinya memerlukan waktu, energi, dan biaya yang tidak sedikit. Disamping hal-hal tersebut setiap perusahaan yang akan menerapkan konsep ini pasti memerlukan adanya penjelasan yang lebih luas tentang pilar-pilar tersebut agar lebih mudah untuk menjalankannya.

2.2. OEE (Overall Equipment Effectiveness)

$$OEE = \text{availability} \times \text{performance} \times \text{quality} \quad (1)$$

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan tingkat efektivitas peralatan. Dengan metode ini TPM berusaha untuk memaksimalkan Output dengan memper-

tahankan kondisi operasi yang ideal dan peralatan/mesin berjalan dengan efektif. Sebuah peralatan yang mengalami *break down*, penurunan kecepatan, atau kurang presisi dan menghasilkan produk-produk cacat maka peralatan/mesin tidak beroperasi secara efektif. Untuk mencapai Overall Equipment Effectiveness, TPM bekerja untuk menghilangkan six big losses (enam kerugian besar) yang merupakan hambatan berat. Secara garis prosedur perhitungan Overall Equipment Effectiveness ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2 : Overall Equipment Effectiveness

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan ukuran menyeluruh yang mengindikasikan tingkat produktivitas mesin/peralatan dan kinerjanya secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu untuk ditingkatkan produktivitasnya ataupun efisiensi mesin/peralatan dan juga dapat menunjukkan area *bottleneck* yang terdapat pada lintasan produksi. OEE juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memberikan cara yang tepat untuk menjamin peningkatan produktivitas penggunaan mesin/peralatan. Perhitungan dengan Ukuran OEE adalah sebagai berikut: *Availability* adalah perbandingan antara aktual waktu mesin memproduksi dengan jumlah waktu yang dijadwalkan untuk produksi (Hermanto 2016). Faktor penting dalam elemen *availability* adalah *loading time*. *Loading time* dapat didefinisikan sebagai total *loading time* setelah pengurangan untuk *downtime* yang terjadi (*Engineering, Singapore*). *Downtime* yang terjadi dapat disebabkan oleh kegagalan peralatan, waktu tunggu, listrik padam, atau yang lainnya yang menyebabkan peralatan tidak bekerja.

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (2)$$

Performance adalah perbandingan antara kemampuan mesin aktual dengan kemampuan mesin yang ditetapkan. *Performance* akan di pengaruhi oleh umur peralatan, beban kerja peralatan, dan faktor lain yang dapat menurunkan *performance* peralatan.

$$Performance = \frac{Actual\ speed}{Normal\ speed} \times 100\% \quad (3)$$

Quality merupakan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk, yaitu perbandingan antara jumlah produk yang memenuhi standar kualitas dengan jumlah produk yang diproduksi. Formula ini sangat membantu untuk memonitoring masalah kualitas dalam proses produksi. Dalam penelitian ini, nilai *quality* dianggap 97,50% dengan asumsi bahan bakar yang keluar karena vibrasi. Standar Nilai OEE Kelas Dunia. Adapun nilai ideal/acuan kerja kinerja OEE kelas dunia adalah sebagai berikut:

OEE faktor	OEE procented (world class)
Availability	90.0%
Performance	95.0%
Quality	99.0%
Overall OEE	85.0%

Tabel 1. Nilai Ideal Kinerja OEE

$$\sigma_{cr} = \sigma_{mu} + \sigma'_R(V_r)$$

3. PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

3.1. Pembahasan

Transferconveyor Steel Cord salah satu dari daigram alir pertambangan batu bara adalah *Transferconveyor Steel Cord* adalah suatu elemen tambahan dalam suatu rangkaian belt conveyor. Di PLTU Bukit Asam Sumatera Selatan ada salah satu *Transferconveyor Steel Cord*. Mayoritas pembongkaran batu bara mulai tahun 1993 dilakukan di Dermaga , dengan kapal yang memiliki kapasitas 30.000 ton s/d 65.000 ton. Proses pembongkaran dari Dermaga tidak bisa dilakukan stacking ke area Unit Coal Handling 1 – 4 yang melalui Telescopic Chute, dikarenakan tidak ada line Conveyor yang mengakomodir proses tersebut. Yang dapat dilakukan dari Dermaga ke Stock pile hanya melalui proses pengisian langsung

ke Unit Power Plant. Dengan demikian maka ada opsi untuk melakukan Tapping Discharge Chute ke BC 05 & BC 06. Oleh karena itu untuk melakukan Project agar efektif dan efisien maka dilakukan Tapping Conveyor dari ke BC 05 dan BC 06 Coal Handling yang disebut dengan Transfer conveyor. Transfer Conveyor Steel Cord adalah tapping saluran discharge chute yang diarahkan ke BC 05 dan BC 06. BC adalah line conveyor pembongkaran dari Dermaga yang hanya bisa disalurkan langsung ke pengisian bunker Stock pile . Belt Conveyor 05 & Belt Conveyor 06 adalah line conveyor pembongkaran dari Dermaga yang bisa disalurkan ke pengisian langsung Stock pile, Stacking melalui Telescopic Chute



Gambar 3. Flow Transfer Conveyor Steel Cord

Keterangan:

- A. Telescopic Chute
- B. Transfer Conveyor Steel Cord
- C. Stock Pile

3.2. Total Productive Maintenance dengan perhitungan OEE

Kegiatan TPM (Total Productive Maintenance) identik dalam pengamatan nilai OEE atau Overall Equipment Effectiveness dimana di OEE mempunyai beberapa penyakit yang menyebabkan penurunan nilainya yaitu: Kerugian karena kerusakan (*break down*), Kerusakan mesin atau peralatan akan menyebabkan waktu terbuang sia-sia yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan, yang mengakibatkan berkurangnya volume produksi atau kerugian material/hasil produksi yang kurang baik/hasilnya cacat sehingga menimbulkan beberapa permasalahan antara lain:

- Kerugian karena kesalahan dalam pemasangan dan penyetelan (*setup and adjustment losses*). Kerugian karena pemasangan dan penyetelan adalah semua waktu pemasangan dan waktu

penyesuaian yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan mengganti suatu jenis produk ke ke jenis produk berikutnya untuk produksi selanjutnya. Dengan kata lain, total kebutuhan mesin tidak berproduksi guna mengganti peralatan.

- Kerugian karena dalam peng operasian yang tiba-tiba berhenti (*small stop*). Kerugian karena mesin beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat muncul jika factor eksternal mengakibatkan mesin atau peralatan berhenti berulang-ulang atau beroperasi tanpa menghasilkan produk.
- Kerugian karena adanya penurunan kecepatan operasi (*reduced speed*), Menurnnya kecepatan produksi timbul jika kecepatan operasi actual lebih kecil dari kecepatan mesin yang telah dirancang beroperasi dalam kecepatan normal.
- Kerugian karena hasil produk cacat (*process defect losses*), Produk cacat yang dihasilkan akan meng akibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkatkan dan peningkatan biaya untuk pengerjaan ulang. Kerugian akibat pengerjaan ulang termasuk biaya tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk ber produksi kembali.
 - Kerugian pada awal produksi (*reduced yield losses*), Kerugian ini timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin atau peralatan untuk meng hasilkan produk baru dengan kualitas produk yang diharapkan. Kerugian yang timbul bergantung pada factor seperti kondisi operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan dan pemasangan peralatan ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan produksi yang dilakukan.



Gambar 4 Perawatan Transfer Conveyor Steel Cord

Pada gambar diatas adalah mengenai program perawatan dan perbaikan dari Transfer Conveyor Steel Cord. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan objek penelitian di lapangan yaitu Transfer Conveyor Steel Cord. Pengumpulan data dilakukan baik secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa data yang dibutuhkan dalam proses analisis adalah: waktu operasi conveyor, loading time, set up dan downtime. Data bersumber dari Laporan Harian pengoperasian Transfer Conveyor, Laporan Pembongkaran Batu Bara dari Dermaga. Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis dengan OEE yang terdiri dari faktor Availability, Performance, dan Quality. Tahap selanjutnya dilakukan analisis akar penyebab masalah dengan melakukan brainstorming terhadap beberapa pekerja yang memahami permasalahan tersebut, kemudian dituangkan dalam fishbone diagram untuk dibuat usulan perbaikan. Usulan perbaikan untuk meningkatkan efektivitas Transfer Conveyor steel Cord dilakukan dengan melakukan sejumlah perbaikan terhadap beberapa akar penyebab masalah dengan menggunakan tabel 5W+1H serta usulan perbaikan untuk menjaga konsistensi dalam pemeliharaan Transfer Conveyor Steel Cord melalui pendekatan TPM. Penelitian ini mengadopsi penelitian yang dilakukan tanpa memperhatikan nilai quality dengan asumsi peralatan yang diteliti tidak bisa menghasilkan produk. Dalam penelitian ini kualitas produk diasumsikan 97,50% dengan asumsi ada batubara yang tidak keluar jalur karena vibrasi conveyor. Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah metrik kuantitatif yang digunakan dalam industri untuk mengontrol dan memantau produktivitas peralatan produksi serta sebagai indikator dan penggerak proses dan peningkatan kinerja. Metrik ini telah diterima secara luas sebagai alat kuantitatif yang penting untuk pengukuran produktivitas dalam operasi manufaktur. Dalam konsep ini, OEE dapat mengukur kinerja, mengidentifikasi peluang pengembangan,

dan fokus dalam upaya pening katan yang terkait dengan peralatan atau pemanfaatan proses (availability), tingkat operasional (performance) dan kualitas (quality). OEE memiliki standar 90 persen ketersediaan, 95 persen efisiensi kinerja, dan 99 persen tingkat kualitas . Secara keseluruhan, 85 persen benchmark OEE dianggap sebagai kinerja kelas dunia. Ukuran OEE memberikan dorongan kuat untuk mening katkan nilai OEE pada program TPM selanjutnya. Rumus OEE adalah sebagai berikut:

$$OEE = \text{availability} \times \text{performance} \times \text{quality} \quad (1)$$

Availability adalah perbandingan antara aktual waktu mesin memproduksi dengan jumlah waktu yang dijadwkan untuk produksi (Hermanto 2016). Faktor penting dalam elemen availability adalah loading time. Loading time dapat didefinisikan sebagai total loading time setelah pengurangan untuk downtime yang terjadi (*Engineering, Singapore*). Downtime yang terjadi dapat disebabkan oleh kegagalan peralatan, waktu tunggu, listrik padam, atau yang lainnya yang menyebabkan peralatan tidak bekerja.

$$\text{Availability} = \frac{\text{Loading Time} - \text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (2)$$

Performance adalah perbandingan antara kemampuan mesin aktual dengan kemampuan mesin yang ditetapkan. Performance akan dipengaruhi oleh umur peralatan, beban kerja peralatan, dan faktor lain yang dapat menurunkan performance peralatan.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Actual speed}}{\text{Normal speed}} \times 100\% \quad (3)$$

Quality merupakan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk, yaitu perbandingan antara jumlah produk yang memenuhi standar kualitas dengan jumlah produk yang diproduksi. Formula ini sangat membantu untuk memonitoring masalah kualitas dalam proses produksi. Dalam penelitian ini, nilai quality dianggap 97,50% dengan asumsi bahan bakar yang keluar karena vibrasi.

3.3. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Perhitungan nilai OEE berdasarkan data operasi Transfer Conveyor Steel Cord. Perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Loading Time} &= \text{Working} - \text{Downtime} \\ &= 10 \text{ jam} \times 60 - 0 \\ &= 600 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Operation Time} &= 10 \text{ jam} \times \text{jumlah putaran pulley} \\ &\text{actual per menit rpm} \\ &= 10 \times 59 \\ &= 590 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Set Up} &= \text{waktu pengaturan mesin} \\ &= 10 \text{ menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan data, terjadi downtime yang mengakibatkan Transfer Conveyor Steel Cord tidak beroperasi sesuai dengan tabel 4.1.

No	Tanggal	Loading Time (Menit)	Operation time (Menit)	Set Up (Menit)	Breakdown (Menit)
1	1	600	590	10	0
2	2	600	590	10	0
3	3	600	590	10	0
4	4	600	590	10	0
5	5	600	590	10	0
6	6	0	0	0	600
7	7	600	590	10	0
8	8	600	590	10	0
9	9	600	590	10	0
10	10	0	0	0	600
11	11	600	590	10	0
12	12	600	590	10	0
13	13	600	590	10	0
14	14	600	590	10	0
15	15	600	590	10	0
16	16	600	590	10	0
17	17	600	590	10	0
18	18	0	0	0	600
19	19	600	590	10	0
20	20	600	590	10	0
21	21	600	590	10	0
22	22	600	590	10	0
23	23	600	590	10	0
24	24	0	0	0	600
25	25	600	590	10	0
26	26	600	590	10	0
27	27	600	590	10	0
28	28	600	590	10	0

Tabel 2. Data Loading dan Downtime Transfer Conveyor Steel Cord

Berdasarkan data teknis di peroleh dari perusahaan, untuk data spesifikasi Data Spesifikasi Transfer Conveyor Steel Cord adalah sebagai berikut:

DATA SPESIFIKASI TRANSFER CONVEYOR STEEL CORD	
Lebar Belt	1500 mm
Idlear Pitch Carrier (jarak roll atas)	1200 mm
Diameter Idlear Carrier	166 mm
Panjang Idlear Carrier	480 mm
Jumlah Idlear Carrier (roll)	3 Buah
Kemiringan Idlear Carrier	35 derajat
Idlear Pitch Return (jarak roll bawah)	1300 mm
Diameter Idlear Return	166 mm
Panjang Idlear Return	1470 mm
Jumlah Idlear Return (roll)	1 bush
Kemiringan Idlear return	0 derajat
Kapasitas Belt	1000 ton/jam
Kecepatan	3,14 m/s
Handling Distance (horizontal)	105,19 m
Handling Distance (vertical)	24,8 m
Diameter Pulley	1000 mm
Driven Motor (power)	221 KW
Jumlah Putaran Pulley Permenit	60 Putaran

Tabel 3 Data Spesifikasi Transfer Conveyor Steel Cord

Nilai Availability:

$$\text{Availability} = \frac{\text{Loading Time} - \text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{14400 - 2400}{15000} \times 100\% \\ &= 0,828 = 82,8\% \end{aligned}$$

$$\text{Normal Speed} = \frac{(2 \times \pi \times r \times n)}{60}$$

$$Normal\ speed = \frac{2 \times 3,14 \times 0,5 \times 60}{60} = 3,14\ m/s$$

$$Aktual\ Speed = \frac{(2 \times \pi \times r \times n)}{60}$$

$$Aktual\ speed = \frac{2 \times 3,14 \times 0,5 \times 59}{60}$$

$$= \frac{3,09}{3,14} \times 100\ %$$

$$Performance = 98,09\ % = 0,98$$

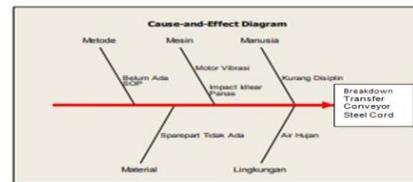
$$OEE = 0,82,8 \times 0,9809 \times 100\ % = 0,811\ %$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka diperoleh nilai availability, performance dan quality. Nilai ini yang digunakan untuk menentukan Nilai OEE. Nilai availability untuk Transfer Conveyor Steel Cord adalah tidak ideal, karena nilai availability (82,800 %) di bawah 90%. Rendahnya nilai availability diakibatkan tingginya nilai downtime karena adanya breakdown. Tingkat Performance Efficiency untuk Transfer Conveyor Steel Cord pada periode bulan Desember 2019 adalah ideal, karena nilai Performance Efficiency (98,00 %). Untuk nilai Performance Efficiency masih ideal karena Efficiency untuk Transfer Conveyor Steel Cord merupakan peralatan baru di penyaluran energi primer. Dalam pengam bilan data hanya terdapat selisih satu putaran dalam satu menit. Tingkat quality untuk Transfer Conveyor Steel Cord diasumsikan sebesar 97,50 %. 2,5% dianggap scrap sebagai batu bara yang tidak terangkut oleh Transfer Conveyor Steel Cord karena conveyor mengalami gangguan (vibrasi). Setelah nilai Availability, Performance dan Quality pada alat Transfer Conveyor Steel Cord diketahui, selanjutnya dilakukan perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) untuk mengetahui seberapa besar tingkat efektivitas dalam penggunaan alat Transfer Conveyor Steel Cord. Secara keseluruhan diperoleh nilai OEE sebesar 81,1 %. Perlu dilakukan perbaikan nilai OEE agar bisa mendekati atau sama dengan OEE dunia sebesar 85%. Dari ketiga parameter yang ada, nilai availability yang

perlu mendapat perhatian lebih dikarenakan adanya breakdown selama 4 hari yang menyebabkan Transfer Conveyor Steel Cord tidak beroperasi.

4. DISKUSI DAN HASIL PENELITIAN

Solusi dari penyebab masalah adalah dilakukan dengan menganalisis penyebab breakdown dengan menggunakan diagram sebab akibat. Gambar 7 menunjukkan proses yang menghambat pengoperasian Transfer Conveyor Steel Cord.



Gambar 5. Fishbone Diagram Penyebab Breakdown

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meminimalkan permasalahan antara lain:

- Faktor lingkungan: cuaca alam seperti angin kencang tidak dapat dihindari karena faktor alam, akan tetapi untuk hujan deras bisa diatasi dengan penutupan dengan atap area belt conveyor.
- Faktor peralatan (mesin) motor mengakibatkan terjadinya vibrasi. Operator sebagai orang pertama yang mengontrol peralatan harus dibekali ilmu tentang vibrasi agar bisa mengetahui lebih dini tanda-tanda akan terjadinya vibrasi, sehingga tidak semakin parah atau besar tingkat nilai vibrasinya. Untuk impact idler yang panas karena anjlok, operator dibekali keahlian atau ilmu maintenance dasar agar bisa melaksanakan First Line Maintenance (FLM).
- Faktor manusia kurang teliti, maka diberikan pelatihan dalam pengawasan peralatan, pencatatan parameter-parameter yang dibutuhkan dan pelatihan pengoperasian tentang Transfer Conveyor Steel Cord.
- Faktor metode kerja yang belum standar untuk segera dibuatkan standart pengoperasian (SOP) sehingga aman untuk dioperasikan.

- Faktor material seperti perbaikan motor vibrasi yang lama, karena sparepart motor tidak ada bisa diatasi dengan penyetakan sparepart, dalam hal ini divisi gudang atau pengadaan yang bertanggung jawab.

Konsep delapan pilar TPM dapat diterapkan untuk meminimalkan kejadian breakdown. Penerapan pilar TPM dapat dilakukan seperti berikut:

- 5S dapat dilakukan pembersihan dan pelumasan komponen conveyor secara rutin dan terjadwal.
- Autonomous maintenance, merupakan proses pemeliharaan yang dilakukan secara mandiri oleh operator dengan tujuan agar operator
- mampu menangani permasalahan permasalahan yang sifatnya sederhana dan tidak memerlukan keterlibatan pihak engineering dalam proses perbaikannya.
- Kaizen, merupakan segala upaya perbaikan yang dilakukan agar kinerja conveyor dapat berjalan sesuai dengan harapan serta mencegah terjadinya masalah serupa. Adapun implementasi dari proses kaizen adalah dengan membuat instrumen pengendalian pemeliharaan *Transfer Conveyor Steel Cord* baik secara manual maupun otomatis.
- Planned Maintenance, sebagai upaya yang dilakukan untuk menjaga agar *Transfer Conveyor Steel Cord* tidak mengalami masalah selama proses berlangsung, kegiatan ini juga dilakukan untuk mendeteksi potensi-potensi masalah pada peralatan conveyor. Beberapa tindakan *Planned Maintenance* diantaranya adalah pemeriksaan alat secara menyeluruh, melakukan pembersihan, dan pelumasan dan penggantian komponen (*spare part*) *Quality Maintenance*, tindakan yang dilakukan untuk memastikan kinerja alat masih sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti melakukan pengawasan saat *Transfer Conveyor Steel Cord* mengirimkan batubara dan memastikan kapasitasnya, memeriksa kelayakan komponen dan menggantinya dan melakukan proses pemeriksaan secara rutin.

memastikan conveyor berjalan sesuai kapasitasnya, memeriksa kelayakan komponen dan menggantinya dan melakukan proses pemeriksaan secara rutin.

- *Training* (pelatihan rutin), dilakukan untuk meningkatkan skill operator dalam melakukan pemeliharaan *Transfer Conveyor Steel Cord*.
 - *Office*, segala permasalahan yang ditemukan harus dicatat serta didokumentasikan agar proses perbaikan dapat dilakukan tepat sasaran.
 - Safety Health Environment, sebagai ketentuan dari perusahaan yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja, dimana setiap pegawai diwajibkan untuk mengenakan alat pelindung diri saat memasuki area kerja.
- Analisis 5W1H 1. Faktor Metode (Waktu menyambung Belt aus dan putus)

What	Who	When	Where	Why	How
Belt aus dan putus	Operator Maintenance	Pada saat membawa batubara	Transfer Conveyor Steel Cord	Terdapat bagian yang harus disambung kembali	Melakukan penyambungan kembali

Tabel 4. Metode 5 W 1 H

What	Who	When	Where	Why	How
Standar per Transfer Conveyor Steel Cord awatan	Supervisor Maintenance	Pada saat membawa batubara beberapa waktu ada yg putus	Transfer Conveyor Steel Cord	Planned Maintenance, sebagai upaya yang dilakukan untuk menjaga Transfer Conveyor Steel Cord tidak mengalami masalah selama proses berlangsung, kegiatan ini juga dilakukan untuk mendeteksi potensi-potensi masalah pada peralatan conveyor. Beberapa tindakan <i>Planned Maintenance</i> diantaranya adalah pemeriksaan alat secara menyeluruh, melakukan pembersihan, dan pelumasan dan penggantian komponen (<i>spare part</i>) mengirimkan batubara dan memastikan conveyor berjalan sesuai kapasitasnya, memeriksa kelayakan komponen dan menggantinya dan melakukan proses pemeriksaan secara rutin.	<i>Quality Maintenance</i> , tindakan yang dilakukan untuk memastikan kinerja alat masih sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti melakukan pengawasan saat Transfer Conveyor Steel Cord mengirimkan batubara dan memastikan conveyor berjalan sesuai kapasitasnya, memeriksa kelayakan komponen dan melakukan proses pemeriksaan secara rutin.

Tabel 5. Analisis 5W1H Standar perawatan belum optimal

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Pengukuran tingkat efektivitas *Transfer Conveyor Steel Cord* dengan menggunakan metode OEE diperoleh nilai OEE sebesar 81,1 %. Langkah perbaikan yang perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya breakdown adalah operator melakukan pengecekan mesin sebelum mesin tersebut dioperasikan, sehingga

dapat meminimal kan potensi kerusakan mesin.

- Memberikan pelatihan secara berkala kepada para operator dan maintenance untuk meningkatkan kemampuan mereka. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan perancangan penjadwalan preventive maintenance dan optima lisasi autonomous maintenance untuk meminimalkan breakdown yang terjadi. Beberapa tindakan *Planned Maintenance* diantaranya adalah pemeriksaan alat secara menyeluruh, melakukan pemberian, dan pelumasan dan penggantian komponen (*spare part*) dilakukan secara berkala sesuai prosedur.

6. REFERENSI

- [1] Ahyari, A. (2002). *Manajemen Produksi dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta:BPFE.
- [2] Assauri, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta.
- [3] Blanchard, B. S. (1990). *System Engineering and Analysis 2nd*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- [4] Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance. United State of America: McGraw-Hill Companies, Inc.*
- [5] Chase, R. B., Aquilano, N. J. and Jacobs, F. R. (2004). *Production and Operations Management*. McGraw Hill.
- [6] Corder, A., & Hadi, K. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- [7] Davis, R. K. (1995). *Productivity Improvement Through TPM*. New York: Prentice Hall.
- [8] Denso. (2006). *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM) and Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Study Guide.
- [9] Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies Inc.
- [10] Engineering. Singapore: The McGraw-Hill Companies Inc.
- [11] Hansen, R.C. (2002). *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool or Increased Profits*, New York: Industrial Press Inc.
- [12] Heizer, J., & Render, B. (2001). *Operations Management, Seventh Edition*.
- [13] Hermanto. (2016). Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness pada Divisi Painting di PT. AIM. *Jurnal Metris*, 97-106.
- [14] Imai, M. (2001). *Kaizen (Ky'zen) Kunci Sukses Jepang Dalam Persaingan*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Presindo.
- [15] Nakajima, Seiichi, 1994, *Maintenance Management, Productivity Press, Inc., Cambridge, Massachusetts*.
- [16] Roberts, J. (1997). *Total productive Maintenance (TPM) The Technology Interface*. Texas: A&M University.
- [17] Setiawan, F.D. 2008. *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*. Yogyakarta: Maximus.