

ANALISIS INTERVAL PEMELIHARAAN KOMPONEN KRITIS UNIT *FUEL CONVEYOR* DENGAN PENDEKATAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)*

INTERVAL ANALYSIS OF CRITICAL COMPONENT OF FUEL CONVEYOR UNIT USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) APPROACH

Marimin* dan Nabila Fatin Zulna

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: marimin@ipb.ac.id, marimin_07@yahoo.co.id, nabilafatinzulna@gmail.com

Makalah: Diterima 10 Mei 2021; Diperbaiki 26 Desember 2021; Disetujui 20 Januari 2022

ABSTRACT

The scheduling of the machine maintenance system is a system that can assist companies in preventing machine damage which results in disrupted production processes. Corrective treatment methods have not been able to guarantee a smooth production process. This research will plan preventive maintenance activities to increase the reliability of production machines using the Reliability Centered Maintenance (RCM) approach. The result shows the highest downtime was boiler station with a percentage of 22.25%. The machine that works at the boiler station which has the highest level of damage was the fuel conveyor 2 with a percentage of 35.10%. The critical components which are the root causes of the highest damage problems in the fuel conveyor 2 machine were electromotor, chain coupling, and gearbox. In the electromotor, chain coupling, and gearbox components, preventive maintenance scheduling based on the results of each simulation were when $t = 158$, $t = 190$, and $t = 67$, respectively. The results of critical component maintenance scheduling indicated the achievement of the reliability value from before. After doing preventive maintenance, the reliability value of each component increased by 12%, 32%, and 8%, respectively. The frequency of periodic inspection every month on electromotor, chain coupling, and gearbox components were at least 4 times, 3 times, and 10 times, respectively.

Keywords: downtime, maintenance, preventive maintenance, reliability, scheduling

ABSTRAK

Penjadwalan sistem pemeliharaan mesin merupakan suatu sistem yang dapat membantu perusahaan dalam melakukan pencegahan terhadap kerusakan mesin yang mengakibatkan proses produksi terganggu. Metode pemeliharaan korektif belum mampu menjamin kelancaran proses produksi. Penelitian ini akan merencanakan kegiatan pemeliharaan preventif guna meningkatkan keandalan mesin produksi dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Hasil analisis berupa stasiun produksi kelapa sawit yang memiliki *downtime* tertinggi adalah stasiun *boiler* dengan persentase 22,25%. Mesin yang bekerja pada stasiun *boiler* yang memiliki tingkat kerusakan tertinggi adalah mesin *fuel conveyor 2* dengan persentase 35,10%. Dan komponen kritis yang menjadi akar penyebab masalah kerusakan tertinggi pada mesin *fuel conveyor 2* diantaranya adalah *electromotor*, *chain coupling*, dan *gearbox*. Pada komponen *electromotor*, *chain coupling*, dan *gearbox*, penjadwalan *preventive maintenance* berdasarkan hasil simulasi masing-masing adalah pada saat $t = 158$, $t = 190$, dan $t = 67$. Hasil penjadwalan pemeliharaan komponen kritis menunjukkan ketercapaian nilai *reliability* dari sebelumnya. Setelah dilakukan *preventive maintenance* nilai *reliability* dari komponen masing-masing meningkat sebesar 12%, 32%, dan 8% dan frekuensi pemeriksaan secara berkala setiap bulannya dilakukan pada komponen *electromotor* minimal 4 kali, *chain coupling* 3 kali, dan *gearbox* 10 kali.

Kata kunci: *downtime*, penjadwalan, pemeliharaan, *preventive maintenance*, *reliability*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia dengan jumlah produksi dan ekspor minyak kelapa sawit pada tahun 2019 mencapai 51828 ribu ton dengan jumlah PKO sebesar 4648 ribu ton dan jumlah CPO sebesar 47180 ribu ton (GAPKI, 2020). Selain kegiatan impor, kegiatan ekspor minyak sawit menurut (GAPKI, 2020) selama 5 tahun terakhir selalu mengalami peningkatan dikarenakan jumlah produksi minyak sawit setiap tahunnya pun meningkat. Pada tahun 2019, kegiatan ekspor minyak

sawit Indonesia mencapai 37.390 ribu ton, dengan negara-negara tujuan terbesar diantaranya China, India, dan, Uni Eropa. Dengan peningkatan jumlah produksi dan ekspor minyak sawit tersebut, agroindustri perkebunan dan pengolahan kepala sawit menjadi kunci perekonomian Indonesia sebagai salah satu industri berkelanjutan.

Menurut Djassesmi dan Seifoddini (2019) munculnya persaingan global dan kemajuan teknologi, keandalan fasilitas produksi serta sumberdaya menjadi salah satu tolak ukur penting dalam industri kelapa sawit. Tingginya *demand* atas

CPO menjadikan salah satu faktor bagi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dengan cara memanfaatkan peralatan produksi seefektif mungkin. Pemeliharaan mesin produksi merupakan salah satu kegiatan yang tidak dapat dihindari karena sangat mempengaruhi kelancaran dan keberhasilan proses produksi. Tujuan dilakukannya pemeliharaan adalah untuk menjaga nilai reliabilitas suatu mesin agar dapat beroperasi dengan baik (Syahrudin, 2013). Selain itu kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk dapat meminimalkan kerugian-kerugian yang bisa disebabkan oleh kerusakan mesin (Febianty *et al.*, 2016). Dengan melakukan perbaikan terhadap kinerja fasilitas produksi, perusahaan mampu bertahan dalam persaingan global (Jonson dan Lesshamar, 1999).

Mesin-mesin di PT X yang bersifat 1 lane, beroperasi *nonstop* selama 24 jam. Hal tersebut akan menjadi sangat rawan terjadinya kerusakan sehingga akan mengakibatkan *downtime*. *Downtime* merupakan tolak ukur lamanya waktu yang dibutuhkan mesin-mesin dapat berfungsi kembali (Sari *et al.*, 2018). Dampak dari penggunaan mesin-mesin berkapasitas besar di pabrik adalah sering terjadi kebisingan yang ditimbulkan oleh mesin-mesin pengolahan. Kebisingan merupakan hal yang tidak dikehendaki karena dapat mengganggu dan membahayakan konsentrasi kerja. Penyebab terjadinya kebisingan adalah kondisi mesin yang sudah melewati batas standar normal serta mesin yang tidak dirawat dengan baik (Bary *et al.*, 2013). Oleh karena itu, membutuhkan manajemen pemeliharaan yang baik dan teratur untuk mengurangi jumlah kerusakan. Pendekatan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk merencanakan kegiatan pemeliharaan mesin. Menurut Shoffiyati *et al.* (2019), *reliability* menggambarkan kemampuan dalam melaksanakan pekerjaan sesuai dengan yang diharapkan. *Reliability* berfokus pada proses yang hasilnya dapat diramalkan. Simulasi *reliability* dilakukan untuk mengetahui waktu interval pemeliharaan berdasarkan target yang sudah ditentukan oleh perusahaan. Pendekatan RCM diharapkan dapat memberikan solusi untuk membantu perusahaan dalam memperbaiki sistem manajemen pemeliharaan yang telah dilakukan sebelumnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis sistem pemeliharaan mesin, mengetahui komponen kritis yang menjadi akar penyebab permasalahan kerusakan mesin, menentukan interval jadwal pemeliharaan komponen kritis berdasarkan target *reliability* dan membandingkan biaya pemeliharaan mesin yang dilakukan saat sebelum dan sesudah dilakukan tindakan *preventive maintenance*.

METODE PENELITIAN

Kerangka Penelitian

Penelitian ini diawali dengan analisis sistem pemeliharaan yang sedang diterapkan PT X saat ini. Analisis sistem pemeliharaan mesin pada PT X dilakukan dengan analisis deskriptif berdasarkan konsep RCM (*Reliability Centered Maintenance*) untuk mengetahui keadaan sekarang dan apa penyebab-penyebab lain yang menyebabkan tingginya *downtime*. Analisis dan penentuan komponen kritis dilakukan dengan menggunakan *tools* FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) dan diagram pareto berdasarkan peringkat dari nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan data historis perusahaan. Penentuan interval jadwal pemeliharaan komponen kritis dilakukan berdasarkan konsep *reliability* dengan menggunakan simulasi *reliability* berdasarkan target yang ditentukan pada waktu dan kondisi tertentu. Analisis dan perhitungan biaya pemeliharaan saat sebelum dan sesudah penjadwalan dilakukan berdasarkan biaya *production loss* akibat stagnasi, biaya pembelian *sparepart*, biaya rata-rata kerusakan dan biaya teknisi. Perbandingan biaya ini didapatkan dengan selisih dari total biaya saat waktu kerusakan dan saat interval penjadwalan dari hasil simulasi. Hasil dari seluruh analisis akan dikumpulkan menjadi implikasi manajerial. Alur kerangka pemikiran penelitian ini tersedia pada Gambar 1.

Pengumpulan Data

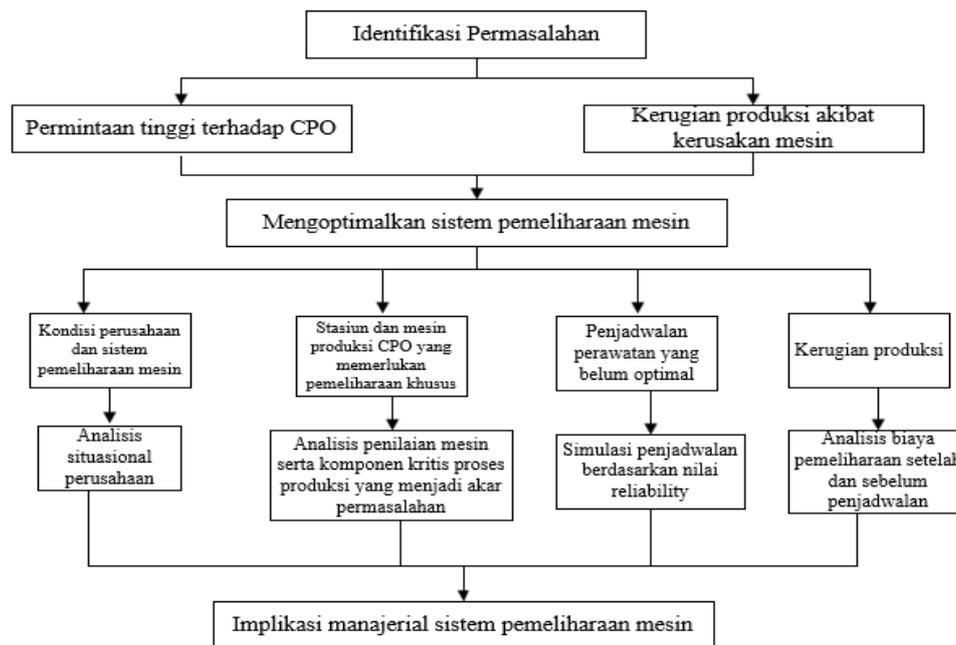
Data yang digunakan pada penelitian ini terdapat dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui observasi lapangan, wawancara, serta diskusi dari pihak perusahaan. Observasi lapangan dilakukan untuk analisis situasional sistem pemeliharaan mesin, alur proses produksi CPO, penyebab dan penilaian *downtime* dari seluruh stasiun produksi yang dilakukan PT X. Wawancara dan diskusi oleh pihak perusahaan digunakan untuk mendapatkan target *reliability* serta kriteria FMEA berdasarkan situasi. Data sekunder didapatkan dari data historis perusahaan untuk mendukung penilaian stasiun produksi dan mesin kritis. Studi pustaka dan dokumentasi perusahaan juga dilakukan untuk menunjang analisis situasional dan penentuan penjadwalan pemeliharaan.

Prosedur Analisis

Analisis RCM

Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Pemilihan sistem dilakukan agar sistem yang dikaji tidak terlalu luas. Penentuan sistem dilakukan berdasarkan pengaruh sistem tersebut terhadap sistem yang lebih kompleks (Utama, 2012).



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Dalam hal ini pemilihan sistem berarti pemilihan stasiun produksi yang memiliki pengaruh sangat besar terhadap pabrik. Pengaruh ini bisa menyebabkan pabrik mengalami stagnasi dalam beberapa waktu.

Pendefinisian Batasan Sistem

Pendefinisian sistem dilakukan agar sistem ruang lingkup yang diidentifikasi dan dikaji lebih jelas diketahui secara terstruktur sehingga tidak terjadi adanya penyimpangan ataupun tumpang tindih dengan sistem lainnya.

Perhitungan Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Penentuan tingkat kekritisan dalam penelitian ini mencakup stasiun produksi, mesin produksi dan komponen-komponen pendukung kerusakan. Penentuan pemilihan komponen suatu mesin dapat ditentukan berdasarkan dari tingginya *downtime* (jam) yang menyebabkan stagnasi yang dialami dan digambarkan dalam diagram pareto.

Functional Block Diagram (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) atau blok diagram merupakan diagram alir yang menggambarkan hubungan dan aliran kerja antar fungsi komponen yang membentuk suatu sistem serta untuk memperjelas ruang lingkup analisis sehingga proses analisis fungsi dan kegagalan fungsi dapat dilakukan dengan mudah (Moubrey, 2000).

Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Dari analisis ini dapat diprediksi komponen yang mana yang paling kritis atau paling sering rusak dan jika terjadi kerusakan maka sejauh mana pengaruhnya terhadap fungsi sistem secara keseluruhan berdasarkan nilai RPN (Risk Priority

Number) dengan 3 kriteria yaitu, Severity, Occurrence, dan Detection. Nilai RPN menunjukkan keseriusan dari *potential failure*, semakin tinggi nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah (Bangun *et al.*, 2014).

$$RPN = Severity * Occurrence * Detection$$

$$RPN = S * O * D$$

Logic Tree Analysis (LTA)

Penyusunan LTA digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Proses LTA menggunakan struktur keputusan dalam empat kategori, setiap pertanyaan akan dijawab “Ya atau Tidak” (Rikka 2017). Setelah itu dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya yaitu A (*Safety Problem*), B (*Outage Problem*), C (*Economic Problem*) dan D (*Hidden Failure*).

Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan adalah tahap akhir dari proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Tindakan dapat dilakukan dengan empat cara yaitu, *Condition Directed* (CD), *Time Directed* (TD) dan *Finding Failure* (FF) (Azis *et al.*, 2010). Dari tiap jenis kerusakan dibuat tindakan yang mungkin untuk dilakukan berdasarkan *road map* menurut Smith dan Hinchilfee (2004).

Simulasi Reliability

Proses penentuan distribusi untuk data TTF dan TTR masing-masing komponen kritis adalah dengan membuat hipotesa apakah data kerusakan mengikuti fungsi distribusi statistik (normal,

lognormal, weibull dan eksponensial). Setelah itu, dicari nilai parameter sesuai dengan distribusi yang digunakan dengan bantuan *software Minitab 18*. Hasil pengujian menggunakan *Minitab* dilihat pada nilai AD (*Anderson Darling*) terkecil dan nilai P value terbesar. Setelah ditentukan jenis distribusi terpilih selanjutnya dilakukan perhitungan nilai MTTF dan MTTR dari setiap komponen. Berikut merupakan rumus menghitung nilai MTTF dan MTTR berdasarkan tipe distribusi:

- Normal
MTTF = MTTR = μ
- Lognormal
MTTF = MTTR = $tmed. e^{\frac{s^2}{2}}$
- Weibull
MTTF = MTTR = $\theta \cdot \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$
Nilai $\Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \rightarrow$ didapat dari $\Gamma(x)$ = tabel fungsi Gamma
- Eksponensial
MTTF = MTTR = $\frac{1}{\lambda}$

Simulasi *reliability* dilakukan untuk mengetahui waktu interval pemeliharaan sebelum terjadinya kerusakan pada waktu MTTF dengan menggunakan prinsip *reliability*. Untuk menghitung nilai *reliability* t sebelum dan sesudah *preventive maintenance* adalah:

$$R_m(t) = R(t) \quad \text{untuk } 0 \leq t < T$$

$$R_m(t) = R(T) \cdot R(t-T) \quad \text{untuk } T \leq t < 2T$$

$$R_m(t) = R(T)^n \cdot R(t-nT) \quad \text{untuk } nT \leq t \leq (n+1)T, \text{ dimana } n = 0, 1, 2, \dots$$

Keterangan:

T	=	interval waktu penggantian pencegahan kerusakan
n	=	jumlah pemeliharaan
R _m (t)	=	<i>reliability</i> dengan <i>preventive maintenance</i>
R(t)	=	<i>reliability</i> tanpa <i>preventive maintenance</i>
R(T)	=	peluang dari <i>reliability</i> hingga <i>preventive maintenance</i> pertama
R(T) ⁿ	=	probabilitas <i>reliability</i> hingga n selang waktu pemeliharaan
R(t-T)	=	peluang dari <i>reliability</i> antara waktu t-nT dari tindakan <i>preventive maintenance</i> yang terakhir

Frekuensi kerusakan komponen per bulan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Sebelum *preventive maintenance*:

$$K_f = \frac{\text{Jam Kerja (bulan)}}{\text{MTTF}}$$

Sesudah *preventive maintenance*:

$$K_p = \frac{\text{Jam Kerja (bulan)}}{T}$$

Analisis Biaya Pemeliharaan

Biaya kerugian produksi diperoleh dari keuntungan biaya yang hilang akibat kerusakan atau pemeliharaan mesin yang mengakibatkan mesin berhenti beroperasi. Menurut Ahilman (2017), dalam bisnis produksi banyak sekali faktor yang mempengaruhi untung dan rugi perusahaan, salah satunya disebabkan oleh mesin yang tidak dapat diandalkan di lini produksi. Jika keandalan mesin menurun, maka produksi akan terhenti dan akan mengganggu target produksi yang telah ditentukan sehingga berdampak pada kerugian pendapatan yang seharusnya diperoleh oleh perusahaan. Perhitungan total biaya sebelum dan sesudah dapat dihitung dengan rumus:

$$C_f = \text{Harga komponen} + (\text{MTTR} \times \text{Gaji TK}) + (\text{kapasitas produksi} \times \text{MTTR} \times \text{production loss})$$

$$C_p = \text{Harga komponen} + (T \times \text{Gaji TK}) + (\text{kapasitas produksi} \times T \times \text{production loss})$$

$$\text{Penghematan biaya} = \frac{\text{total failure cost} - \text{total preventive cost}}{\text{total failure cost}} \times 100\% \quad (12)$$

Keterangan:

C _f	(Biaya kerusakan)	=	biaya pemeliharaan sebelum penjadwalan
C _p	(Biaya pemeliharaan)	=	biaya pemeliharaan setelah penjadwalan
Gaji TK		=	gaji tenaga kerja (jam)
Production loss		=	kerugian saat stop production (ton/jam)
Kapasitas produksi		=	actual output (ton/jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Situasional

Sistem pemeliharaan pemeliharaan mesin berlangsung pada PT X yaitu bersifat *corrective maintenance*, dimana mesin baru dilakukan pemeliharaan atau pergantian komponen-komponen mesin setelah adanya laporan kerusakan oleh operator, sehingga mesin harus berhenti beroperasi dan dilakukan perbaikan, yang mengakibatkan produksi menjadi berhenti. Meskipun perusahaan saat ini sedang mencoba menerapkan sistem pemeliharaan *preventive maintenance* dengan mulai membuat perencanaan terhadap pengadaan komponen untuk mengurangi tingginya *downtime*, tapi secara keseluruhan sistem masih berjalan dengan prinsip *corrective maintenance*.

Analisis RCM

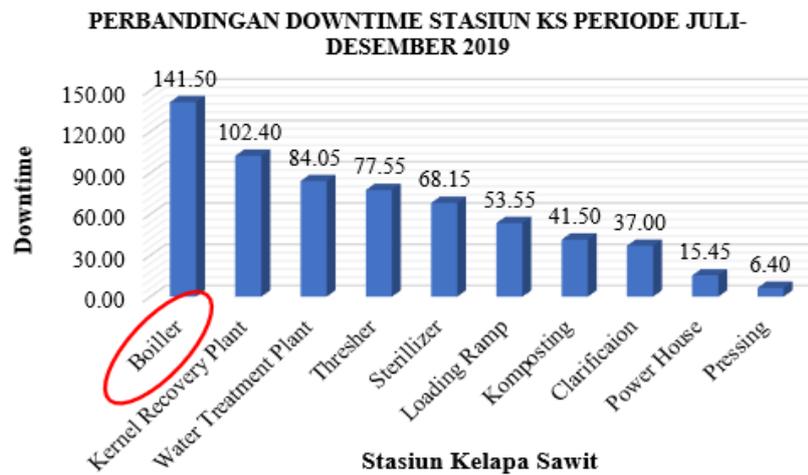
Pengolahan pada PT X bersifat hanya 1 lane, yang artinya jika terjadi kerusakan di satu titik maka

pabrik akan berhenti beroperasi. Dari keseluruhan stasiun, stasiun yang memiliki waktu *downtime* tertinggi atau yang menyebabkan pabrik sering mengalami *stop production* adalah stasiun *boiler*, stasiun *kernel recovery plant* (KRP) dan stasiun *water treatment plant* (WTP). Tingginya waktu *downtime* pada setiap stasiun di PT X dapat dilihat pada Gambar 2.

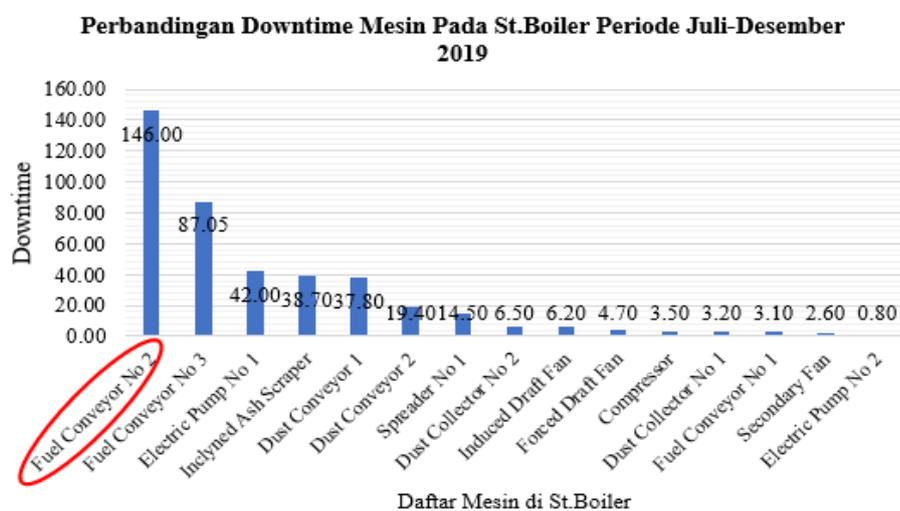
Subsistem *boiler* menjalankan proses sebagai stasiun pembangkit tenaga untuk menggerakkan mesin-mesin dan peralatan lain yang memerlukan tenaga dalam jumlah besar. Subsistem WTP merupakan subsistem pengolahan air untuk kebutuhan PKS, subsistem KRP merupakan stasiun pemisahan inti kernel sawit (IKS) dari buah sebagai hasil produksi pabrik. Selain itu juga merupakan stasiun penghasil bahan bakar untuk *boiler* yaitu

berupa *fiber* dan *shell* (cangkang). Subsistem tersebut yang tersusun secara kontinyu, maka apabila terjadi kerusakan terhadap satu subsisten maka subsistem yang lain akan terganggu.

Dengan meminimasi kerusakan pada mesin dapat menurunkan *breakdown* keseluruhan sistem dan meningkatkan jumlah produksi. Penelitian ini hanya berfokus pada 1 subsistem yang memiliki nilai *downtime* tertinggi dan memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kinerja mesin lain untuk mengolah CPO dan kernel. Selain itu pemilihan ini didasarkan pada tingginya biaya pemeliharaan pada subsistem tersebut. Oleh karena itu subsistem *boiler* dipilih karena menjadi subsistem yang memiliki persentase *downtime* tertinggi diantara ketiga lainnya.



Gambar 2. *Downtime* seluruh stasiun kelapa sawit



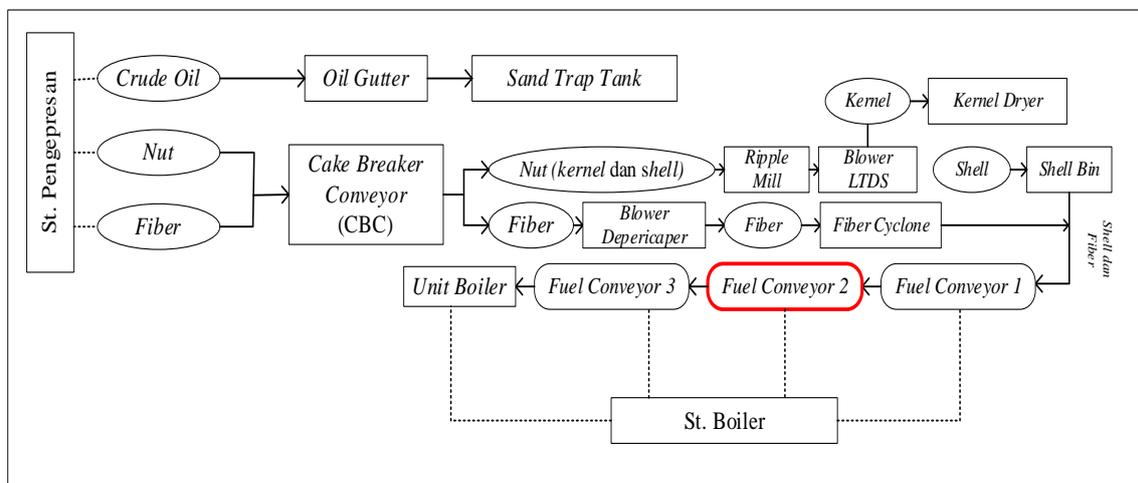
Gambar 3. *Downtime* mesin pada unit boiler

Pemilihan mesin kritis pada stasiun boiler juga difokuskan hanya pada satu mesin yang memiliki nilai *downtime* yang tertinggi. Berdasarkan penilaian dari seluruh mesin-mesin yang berada pada stasiun boiler pada Gambar 3 didapatkan hasil bahwa mesin *fuel conveyor 2* merupakan mesin yang berada dalam tingkat kekritisan berdasarkan jam *downtime* paling tinggi sebesar 146.00 jam selama enam bulan terakhir pada tahun 2019.

Apabila mesin *fuel conveyor* pada sistem boiler ini mengalami suatu gangguan atau kerusakan, maka penyuplaian dilakukan secara manual oleh para pekerja, dimana hal ini dapat membahayakan pekerja itu sendiri dan penyuplaian tidak akan berjalan maksimal dengan ketentuan dan standar produksi yang telah ditetapkan. Mesin konveyor merupakan salah satu *material handling* yang penting untuk memenuhi kebutuhan produksi, karena konveyor dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan kontinyu dari satu tempat ke tempat lain. Perbedaan dari ketiga jenis konveyor tersebut berada pada ukuran dari setiap konveyor. *Fuel conveyor 2*

memiliki posisi yang paling menanjak atau paling tinggi diantara yang lain. Sehingga beban kerja pada titik bawah menjadi lebih berat dibanding yang lain, oleh karena itu sering sekali terjadi kerusakan pada jenis konveyor ini, misalnya seperti *pen as* yang patah. Penggunaan konveyor akan semakin mempengaruhi kelancaran suatu proses produksi. Aliran sistem kerja *fuel conveyor 2* yang diawali dari sumber bahan bakar berasal dapat digambarkan dengan blok diagram fungsi yang dapat dilihat pada gambar 4. Bahan bakar yang dibawa oleh *fuel conveyor* berasal dari hasil sumping pengepresan.

Dari seluruh penilaian komponen kritis berdasarkan nilai RPN pada Tabel 1, didapatkan hasil bahwa tiga komponen kritis terpilih adalah *electromotor*, *chain coupling*, dan *gearbox*. Menurut Hidayat *et al.* (2010) nilai RPN yang diperoleh menunjukkan tingkat kepentingan terhadap perhatian atau prioritas risiko yang diberikan untuk komponen-komponen yang ada dalam subsistem *fuel conveyor 2*. Sehingga pemeliharaan yang lebih pada komponen-komponen tersebut dapat dilakukan.



Gambar 4. Blok diagram fungsi unit fuel conveyor

Tabel 1. Nilai tingkat risiko komponen kritis

Mesin	Jenis Komponen	RPN	Rangking
<i>Fuel Conveyor 2</i>	<i>Electromotors</i> (E1)	336	1
	<i>Chain Coupling</i> (Cc)	288	2
	<i>Gearbox</i> (Gb)	140	3
	<i>Bearing</i> (Be)	120	4
	<i>Contactactor</i> (Co)	100	5
	<i>Bearing Gearbox</i> (BG)	36	6

Tabel 2. Hasil tindakan pemeliharaan

Kategori	Tindakan	Persentase (%)
CD (<i>Condition Directed</i>)	9	53
TD (<i>Time Directed</i>)	8	47
FF (<i>Finding Failure</i>)	-	-
Total	17	100

Pada tahap LTA berdasarkan metode RCM adalah memberikan kategori kerusakan yang mungkin dihasilkan dari kerusakan tersebut. Kategori yang diperoleh untuk hampir seluruh komponen mesin *Fuel Conveyor 2* masuk ke dalam kategori B (*Outage Problem*). Artinya apabila mode kerusakan ini terjadi pada setiap komponen akan mengakibatkan seluruh mesin terhenti untuk berproduksi. Selanjutnya setelah mengetahui hal tersebut, komponen kerusakan terpilih harus dilakukan tindakan pemeliharaan. Berdasarkan analisis tindakan pemeliharaan pada komponen kritis tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil tindakan pemeliharaan merupakan analisa yang dilakukan pada sistem *Boiler* untuk mengetahui tindakan pencegahan yang dilakukan berdasarkan kondisi sebenarnya. *Condition directed* (CD) adalah kegiatan pemeliharaan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan kondisi yang berlangsung dimana variabel waktu tidak diketahui kapan secara tepat, sehingga tidak diketahui kerusakan akan terjadi pada peralatan, sedangkan *time directed* (TD) yaitu kegiatan pemeliharaan pencegahan yang dilakukan secara berkala pada suatu peralatan sehingga alat tersebut kembali pada kondisi semula, sebelum alat tersebut diganti oleh alat yang baru. Pada tabel 2 diketahui bahwa tindakan *condition directed* (CD) memiliki jumlah yang tidak beda jauh dengan tindakan *time directed* (TD). Pada tindakan berdasarkan CD, maka tindakan yang dapat diambil adalah tindakan yang berupa pergantian dan perbaikan komponen yang terdeteksi mengalami kerusakan berdasarkan keadaan saat itu dengan cara memonitor keadaan mesin secara langsung. Dalam analisa ini tidak ditemukan tindakan pemeliharaan yang bersifat *Finding Failure* (FF) karena tidak ada pemeliharaan pencegahan yang dilakukan dengan cara memeriksa fungsi tersembunyi (*hidden function*) secara periodic atau terjadwal.

Simulasi Reliability

Simulasi *reliability* adalah simulasi yang dilakukan untuk mengetahui tingkat nilai keterandalan dari suatu sistem yang diawali dari perhitungan TTF dan TTR. Interval waktu selesai perbaikan kerusakan sebelumnya sampai kerusakan berikutnya. Sedangkan *downtime* didapat dengan menghitung selisih jam antara waktu mulai terjadinya

kerusakan sampai selesai perbaikan. Selanjutnya dilakukan perhitungan pola distribusi atau *best distribution fit* yang dibantu dengan menggunakan *Software Minitab* 18. Setelah didapatkan jenis distribusi terpilih selanjutnya menentukan nilai MTTF dan MTTR berdasarkan jenis distribusi. Nilai MTTF mengartikan rata-rata interval kerusakan dari komponen tersebut akan mengalami kerusakan, sedangkan MTTR mengartikan rata-rata waktu perbaikan tiap komponen selesai di perbaiki pada periode tertentu. Hasil rekapitulasi perhitungan simulasi *reliability* yang dilakukan pada tiga jenis komponen dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 hasil rekapitulasi perhitungan menggunakan *Software Minitab* didapatkan hasil bahwa distribusi terpilih untuk komponen *electromotor*, *chain coupling* dan *gearbox* dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Nilai MTTF yang tinggi, tentunya membuat perusahaan mengalami kerugian mulai dari target produksi harian yang tidak tercapai hingga biaya maintenance yang dikeluarkan. Perhitungan simulasi *reliability* juga dilakukan mengikuti dari jenis distribusi terpilih. Waktu percobaan dilakukan dengan mengambil waktu selama 720 jam, karena sistem berjalan terus selama 24 jam 30 hari. Berdasarkan hasil simulasi dengan target 720 jam pada ketiga jenis komponen kritis, didapatkan hasil bahwa setiap percobaan yang dilakukan memiliki peningkatan nilai *reliability* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Menurut Lewis (1978), pemeliharaan preventif dilakukan apabila memberikan efek positif terhadap *reliability* komponen. Dengan meningkatnya nilai *reliability*, menyebabkan waktu pemeliharaan setelah dilakukan simulasi (PM1) semakin menurun dari waktu sebelumnya (PM0). Selain itu juga dapat dilihat dari hasil simulasi bahwa sebelum dilakukan tindakan *preventive* (RM0), nilai *reliability* yang mampu dicapai saat pemeliharaan korektif adalah sebesar 50% dan setelah dilakukan percobaan tindakan *preventive* (RM1) ternyata terjadi peningkatan sebesar 12% menjadi 62%. Artinya, jika tindakan *preventive* dilakukan secara terjadwal, maka seterusnya produktifitas mesin akan tetap stabil. Dari hasil simulasi yang dilakukan maka dapat dilakukan pemeliharaan secara rutin pada ketiga jenis komponen kritis tersebut.

Tabel 3. Hasil rekapitulasi simulasi reliability

Jenis Komponen	Distribusi Terpilih		Waktu Pemeliharaan		Simulasi Reliability	
	D, (MTTF)	D, (MTTR)	PM0	PM1	RM0	RM1
El	Normal, (441,75 jam)	Normal, (4,85 Jam)	441,75 jam	158 jam	50%	62%
Cc	Normal, (756,83 jam)	Normal, (3,02 Jam)	756,83 jam	190 jam	50%	82%
Gb	Weibull, (230,94 jam)	Normal, (5,02 Jam)	230,94 jam	67 jam	39%	47%

Tabel 4. Hasil perhitungan perbandingan biaya pemeliharaan

Jenis Komponen	Cf	Cp	Costdown
Electromotor	Rp 215.899.433	Rp 180.163.865	Rp 35.735.568
Chain Coupling	Rp 128.978.312	Rp 127.789.823	Rp 1.179.489
Gearbox	Rp 301.465.530	Rp 300.623.038	Rp 842.292
Total	Rp 646.343.276	Rp 608.585.727	Rp 377.57.549

Analisis Biaya Pemeliharaan

Untuk menghitung biaya baik sebelum maupun sesudah penjadwalan diperlukan data-data pendukung. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai biaya pemeliharaan pada setiap kerusakan diambil berdasarkan kondisi aktual di lapangan diantaranya adalah biaya komponen masing-masing kerusakan, biaya tenaga kerja pemeliharaan dan biaya kerugian produksi atau kehilangan produksi. Perhitungan biaya dilakukan untuk melihat *costdown* dari sistem penjadwalan yang telah di terapkan. *Costdown* didapatkan dari selisih biaya saat sistem pemeliharaan bersifat *corrective maintenance* dengan sistem pemeliharaan yang bersifat *preventive maintenance*. Hasil *costdown* yang positif menunjukkan bahwa sistem penjadwalan yang bersifat *preventive* layak untuk diterapkan pada beberapa komponen kerusakan. Tabel 4 menunjukkan hasil rekapitulasi perhitungan Cf atau biaya saat sebelum penjadwalan, Cp biaya saat sesudah penjadwalan dan nilai *costdown* yang diperoleh.

Terjadi penurunan atau penghematan biaya setelah dilakukan penjadwalan yaitu sebesar Rp 37.757.549. Penurunan ini tentu disebabkan karena adanya penjadwalan yang diberikan pada setiap komponen, sehingga waktu MTTF menjadi meningkat seiring pemeliharaan teratur yang dilakukan. Meningkatnya nilai MTTF menunjukkan bahwa semakin lamanya kerusakan akan terjadi. Kerusakan yang terjadi pun pada masa yang akan datang akan dapat diprediksi (Afiva *et al.*, 2019).

Implikasi Manajerial

Kerusakan mesin yang terjadi di PT X dikarenakan belum adanya sistem pemeliharaan mesin yang optimal karena sistem pemeliharaan mesin yang berjalan selama ini masih bersifat *corrective maintenance*. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan proses penentuan interval penjadwalan pemeliharaan mesin pada PT X dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi *reliability* berdasarkan waktu kerusakan dan berdasarkan target *reliability* perusahaan.

Peluang perbaikan yang dapat dilakukan dari hasil penilaian kekritisan komponen pada mesin dan stasiun produksi adalah dengan melakukan pemeliharaan sesuai dengan jadwal yang telah dilakukan. Dengan adanya perencanaan pemeliharaan mesin yang dilakukan setiap bulannya, perusahaan secara perlahan dapat memperbaiki sistem pemeliharaan mesin dari *corrective* menjadi

preventive. Sistem pemeliharaan mesin yang dilakukan secara berkala akan berimplikasi terhadap kegiatan operasional yaitu produksi CPO yang lebih baik dan sesuai dengan target perusahaan. Penyusunan strategi pemeliharaan dan pengawasan pada setiap stasiun produksi dengan membuat SOP serta training bagi karyawan akan berimplikasi terhadap berkurangnya stagnasi dan *downtime* mesin. Sehingga akan menekan biaya kerugian yang dialami akibat stagnasi serta meningkatkan penghematan biaya yang dapat dikelola untuk kepentingan lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sistem pemeliharaan mesin yang berjalan saat ini di PT X berdasarkan analisa situasional menunjukkan sistem pemeliharaan bersifat *corrective maintenance*. Setelah diidentifikasi sistem (stasiun) yang sering mengalami kerusakan tertinggi dari stasiun lainnya adalah stasiun *boiler* dengan persentase 22,25%. Subsistem pendukung sistem kerja pada stasiun *boiler* yang memiliki *downtime* tertinggi adalah *fuel conveyor 2* dengan persentase 35,10%. Berdasarkan hasil simulasi dari komponen electromotor, *chain coupling* dan *gearbox* penjadwalan dilakukan pada saat $t = 158$, $t = 190$, dan $t = 67$. Hasil penjadwalan pemeliharaan komponen kritis menunjukkan ketercapaian nilai *reliability* dari sebelumnya, sebesar 12%, 32%, dan 8%. Dengan frekuensi pemeriksaan secara berkala setiap bulannya pada komponen electromotor minimal 4x, *chain coupling*, 3x, *gearbox* 10x. Setelah dilakukan penjadwalan terjadi penghematan biaya sebesar 6% yaitu sebesar Rp 37757549. Artinya simulasi yang diberikan pada ketiga komponen kritis berhasil dilakukan karena dapat menghemat pengeluaran perusahaan.

Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan pengembangan dari ruang lingkup penelitian hingga mengamati faktor-faktor lain seperti analisis persediaan (*stock*), *loss production*, *life time machine* untuk lebih mengetahui akar penyebab masalah dari kerusakan. Selain itu jumlah tingkat ketersediaan data kerusakan mesin juga perlu menjadi bahan pertimbangan, karena semakin banyak data kerusakan yang bisa dianalisis, maka hasil yang akan didapat juga akan lebih optimal. Pengembangan metode

analisis yaitu RCM juga dapat di *improve* dengan metode lain agar dapat menganalisa lebih dari satu jenis sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiva WH, Atmaji FT, dan Alhilman J. 2019. Usulan Interval *Preventive Maintenance* dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* dan FMECA. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 18(2): 213-223.
- Ahilman J. 2017. Cost of unreliability method to estimate loss of revenue based on unreliability data: case study of printing company. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 277 012072. doi: 10.1088/1757-899x/277/2/012072
- Azis MT, Wardhana MSP, dan Purwanto TP. 2010. Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Berbasis WEB Pada Sistem Pendingin Primer di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy. *Jurnal Forum Nuklir*. 4(1): 81-98.
- Bary MA, Syuaib MF, dan Rachmat M. 2013. Analisis beban kerja pada proses produksi CPO (*crude palm oil*) di pabrik minyak sawit dengan kapasitas 50ton tbs/jam. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23(3): 220-231.
- Djassemi M dan Seifoddini H. 2019. Analysis of critical machine reliability in manufacturing cells. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 12(1): 70-82. <https://doi.org/10.3926/jiem.2757>.
- Febianty E, Ferdinand PF, dan Mushofik. 2016. Usulan Perencanaan Pemeliharaan Mesin *Roughing Stand* dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Seminar Nasional IENACO. Banten (ID): Universitas Sultang Ageng Tirtayasa.
- Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). 2020. Kinerja Industri Sawit Indonesia 2019. [internet]. Jakarta [ID]. [diunduh 21 Juli 2019]. Tersedia pada <https://gapki.id/>
- Hakim L dan Fahrizal. 2012. Penerapan RCM pada sistem distribusi air di PDAM pasir putih pematangan barangan Kabupaten Rokan Hulu. *Jurnal Aplikasi Teknologi*. 4(2): 129-140.
- Hidayat R, Ansori N, dan Imron A. 2010. Perencanaan kegiatan *maintenance* dengan metode *reliability centered maintenance II*. *Makara Journal of Technology*. 14(1): 7-14.
- Jonson P dan Lesshamar M. 1999. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - The Role of OEE. *International Journal of Operation and production Management*. 19.
- Kurniawan F. 2013. *Manajemen Pemeliharaan Industri: Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mufarikhah N, Pribadi TW, dan Soejitno. 2016. Studi implementasi RCM untuk peningkatan produktivitas Dok Apung studi kasus: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. 5(2): 136-141.
- Moubray J. 2000. *Reliability Centered Maintenance II Second Edition*. New York (US): Industrial Press Inc.
- Rikka R. 2017. Usulan Pemeliharaan Komponen Pada Unit Off-Highway Truck 793C dengan Metode RCM (Studi Kasus: PT. Trakindo Utama, Batu Hijau). [tesis]. Malang (ID): Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sari NK, Puryani, dan Soepardi A. 2018. Penjadwalan kegiatan pemeliharaan untuk memaksimalkan availabilitas mesin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. 11(2): 105-111.
- Shoffiyati P, Noer M, Syahni R, Asrinaldi. 2019. Analisis kinerja rantai pasok agroindustri kakao di Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatra Barat. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 29(1): 27-33. doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.1.27
- Smith A dan Hinchliffe GR. 2004. *RCM-Gateway to World Class Maintenance*. Butterworth-Heinemann (US): Elsevier Inc.
- Syahrudin. 2013. Analisis system pemeliharaan mesin menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai dasar kebijakan pemeliharaan yang optimal di PLTD "X". *Jurnal Teknologi Terpadu*. 1(1): 42-49.
- Utama DN. 2012. Perancangan model aplikasi sistem pemeliharaan dengan metode pemeliharaan pencegahan dengan metode pemeliharaan pencegahan untuk memaksimumkan kinerja mesin screw press pada PT. Padasa Enam Utama. [tesis]. Medan (ID): Universitas Sumatra Utara.