

Usulan Perancangan Sistem Pemeliharaan Mesin Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dan *Overall Resource Effectiveness (ORE)* pada Pemanfaatan Mesin *Packer Chronos 6*

1st Tariza Fitria
 Fakultas Rekayasa Industri
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia

tarizafitria@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Judi Alhilman
 Fakultas Rekayasa Industri
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia

alhilman@telkomuniversity.ac.id

3rd Aji Pamoso
 Fakultas Rekayasa Industri
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia

humamsiddiq@telkomuniversity.ac.id

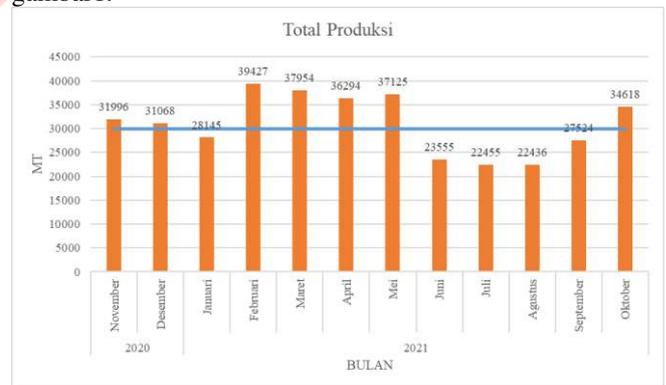
Abstrak— PT. Eastern Pearl Flour Mills merupakan perusahaan memproduksi tepung terigu. Pada bulan November 2020 – Oktober 2021, perusahaan mengalami instabilitas total produksi sehingga tidak memenuhi target produksi yaitu 30.000 Ton setiap bulan. Berdasarkan identifikasi permasalahan, penyebab target produksi tidak tercapai disebabkan oleh kinerja mesin yang tidak optimal karena frekuensi kerusakan mesin yang tinggi dan usia pemakaian mesin yang sudah lama. Kondisi mesin tersebut menyebabkan *downtime* yang akan mengganggu produktivitas kerja pada mesin dalam melakukan proses produksi tidak maksimal. Penyelesaian permasalahan dapat dilakukan dengan evaluasi pengukuran efektivitas mesin menggunakan metode OEE dan ORE. Berdasarkan data kerusakan pada bulan November 2020 – Oktober 2021, mesin packer chronos 6 memiliki jumlah frekuensi kerusakan terbanyak, yaitu sebanyak 62 kali.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperoleh nilai OEE sebesar 62.38% dan nilai ORE sebesar 52%. Nilai tersebut menunjukkan rendahnya tingkat efektivitas mesin karena berada dibawah standar JIPM yaitu sebesar 85%. Berdasarkan hasil six big losses, jenis kerugian yang dominan adalah faktor *reduced speed loss* dan *idling and minor stoppages loss* dengan nilai sebesar 31.54% dan 20.92%. Hal ini mengakibatkan performance mesin rendah sehingga dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Usulan hasil perancangan berupa sistem pemeliharaan mesin berbasis dengan penerapan dua pilar TPM yaitu *quality maintenance* dan *autonomous maintenance*.

Kata kunci — *overall equipment effectiveness, overall resource effectiveness, six big losses, total productive maintenance*

I. PENDAHULUAN

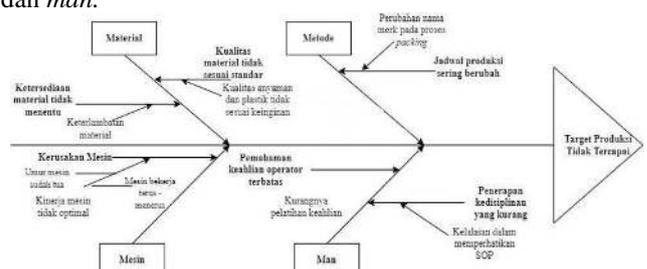
PT. Eastern Pearl Flour Mills merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri makanan yang menghasilkan berbagai produk tepung terigu dan berlokasi di Kota Makassar. Produk tepung terigu yang di produksi terdiri dari berbagai merek dagang seperti “Gerbang”, “Kompas”, “Teko Merah”, “Gatot Kaca”, “Dua Pedang”, dan “Serdadu”. Berikut merupakan total produksi perusahaan pada rentang bulan November 2020 – Oktober 2021 dapat dilihat pada

gambar 1.



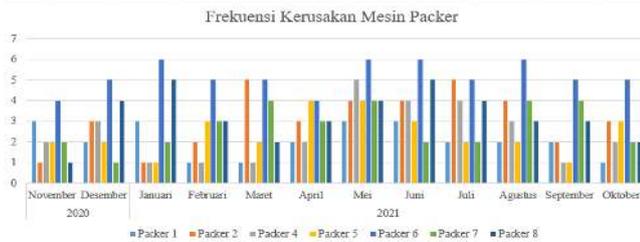
GAMBAR 1
 (Total Produksi Tepung Terigu)

Berdasarkan gambar I.2 mengenai data produksi PT. Eastern Pearl Flour Mills pada rentang bulan November 2020 – Oktober 2021 mengalami ketidakstabilan pada hasil produksi sehingga tidak memenuhi target produksi yaitu 30.000 MT per bulan. Pada bulan Januari tahun 2020, Juni, Juli, Agustus, dan September tahun 2021 mengalami target produksi yang tidak tercapai. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat permasalahan yang terjadi pada proses produksi PT. Eastern Pearl Flour Mills. Dalam mengidentifikasi permasalahan dilakukan menggunakan *fishbone diagram* untuk mengetahui akar permasalahan dari dasar permasalahan awal yang didapatkan. Faktor – faktor yang digunakan dalam mengidentifikasi akar permasalahan dengan *fishbone diagram* terdiri dari metode, material, mesin, dan man.



GAMBAR 2
(Fishbone Diagram)

Berdasarkan gambar 2, dasar permasalahan awal yaitu target produksi yang tidak tercapai pada bulan Januari tahun 2020, Juni, Juli, Agustus, dan September tahun 2021 dapat dilihat dari identifikasi akar permasalahan menggunakan beberapa faktor yang terdiri dari metode, material, mesin, dan *man*. Pada proses identifikasi akar permasalahan, telah dilakukan proses *interview* bersama manajer bagian produksi yaitu Bapak Irfan Wijaya di PT. Eastern Pearl Flour Mills bahwa masalah yang paling sering terjadi yaitu pada mesin yang digunakan di proses produksi. Terdapat tujuh jenis mesin yang digunakan di departemen pengemasan dengan usia pakai mesin sejak tahun 1999. Mesin – mesin tersebut bekerja secara terus – menerus untuk mencapai target produksi. Hal tersebut mengakibatkan mesin mengalami beberapa kendala saat proses produksi, yaitu kinerja mesin yang tidak optimal sehingga menyebabkan terjadinya *downtime* saat terjadi kerusakan mesin, dan hal ini dapat mempengaruhi produktivitas kerja pada mesin terganggu saat beroperasi, sehingga waktu produksi akan berlangsung lama, kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standar, dan hasil produksi tidak mencapai target.



GAMBAR 3
(Data Frekuensi Kerusakan Mesin Packer)

Terdapat informasi pada gambar I.4 yang menunjukkan terdapat tujuh mesin packer yang digunakan pada rentang waktu November 2020 – Oktober 2021. Dapat diambil kesimpulan dari gambar diatas bahwa mesin packer 6 mengalami frekuensi kerusakan terbesar yaitu 61 kali dalam rentang waktu November 2020 – Oktober 2021, sehingga mesin tersebut akan dijadikan fokus objek penelitian.

TABEL 1
(Analisa Pembangkitan Alternatif Solusi)

No.	Akar Masalah	Potensi Solusi
1	Jadwal produksi sering mengalami perubahan	Perancangan jadwal produksi yang efektif
2	Penerapan kedisiplinan yang kurang	Perancangan sistem informasi untuk pengawasan penerapan SOP
3	Pemahaman keterampilan operator yang terbatas	Perencanaan pelatihan keterampilan operator
4	Tingginya kerusakan mesin	Perancangan sistem pemeliharaan mesin berdasarkan penyebab kerugian terbesar.
5	Ketersediaan material yang tidak menentu dan tidak sesuai standar perusahaan	Perencanaan persediaan material dan <i>safety stock</i> berdasarkan informasi standar perusahaan.

Berdasarkan gambar 2, permasalahan utama dapat diidentifikasi berdasarkan hasil wawancara dan pengumpulan data dari pihak perusahaan yang dilaksanakan pada Desember 2021 bersama kepala departemen produksi dan kepala bagian pengemasan PT. Eastern Pearl Flour Mills. Hasil analisis dari wawancara dan pengumpulan data menunjukkan bahwa akar permasalahan utama dari penyebab permasalahan awal adalah tingginya kerusakan mesin, sehingga diperlukan perancangan sistem pemeliharaan mesin berbasis TPM. Penelitian ini akan berfokus pada usulan perancangan sistem pemeliharaan mesin menggunakan metode OEE dan ORE.

II. KAJIAN TEORI

Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

A. Preventive Maintenance

Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah timbulnya kerusakan fasilitas produksi saat digunakan (Nursanti et al., 2019). (Sullivan et al., 2010) menyatakan bahwa *Preventive Maintenance* adalah sebuah tindakan berdasarkan jadwal yang mendeteksi, mencegah, atau pengurangan penurunan produktivitas mesin atau sistem dengan tujuan untuk mempertahankan atau memperpanjang umur mesin atau sistem dengan melakukan pengendalian tingkat degradasi atau penurunan produktivitas mesin untuk tetap pada tingkat yang dapat diterima.

B. Corrective Maintenance

Corrective Maintenance merupakan tindakan pemeliharaan tidak terjadwal yang dilakukan akibat terjadinya kegagalan yang ditemukan dengan tujuan mengembalikan kondisi peralatan sesuai keadaan operasionalnya (Dhillon, 2002). (Ben-Daya et al., 2009) menyatakan bahwa *corrective maintenance* adalah tindakan untuk memulihkan komponen yang mengalami kegagalan agar kembali sesuai pada status operasional melalui pemeliharaan yang tepat.

C. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan hierarki metrik yang berfokus dalam mengukur produktivitas dan efisiensi peralatan manufaktur yang digunakan (Stamatis, 2010). Sedangkan menurut (Olivella & Gregorio, 2015) OEE merupakan pengukuran ukuran kinerja peralatan total untuk mengetahui sejauh mana peralatan melakukan fungsinya. Pengukuran OEE juga digunakan sebagai *key performance indicator* (KPI) dalam mengidentifikasi performansi mesin yang optimal berdasarkan nilai efektivitas pemanfaatan mesin (Ben-Daya et al., 2009). Rumus perhitungan OEE dapat dilihat pada persamaan 1 berikut.

$$OEE = A \times P \times Q \tag{1}$$

Keterangan :

A = Availability, P = Performance, Q = Rate of quality

D. Availability (A)

Menurut (Borris, 2005), *availability* pada OEE berdasarkan pada perbandingan total waktu mesin beroperasi dan waktu operasi mesin.

$$\text{Availability (\%)} = \frac{(\text{total time available} - \text{downtime})}{\text{total time available}} \times 100\% \quad (2)$$

E. Performance (P)

Performance bertujuan untuk mengukur rasio kecepatan operasi aktual dari suatu peralatan yang terdiri dari (*ideal speed minus speed losses, minor stoppages* dan *idling time*) dan kecepatan ideal dari suatu peralatan berdasarkan standar kapasitas peralatan (Jonsson & Lesshammar, 1999).

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Cycle time} \times \text{Output}}{\text{Operating Time}} \times 100\% \quad (3)$$

F. Quality Rate (Q)

Rate of quality merupakan perbandingan rasio jumlah produk baik yang diproduksi (termasuk yang memerlukan pengerjaan ulang) dengan jumlah total produk yang diproduksi dan dinyatakan dengan persentase yang dihasilkan berada dalam spesifikasi, seperti yang ditentukan oleh pelanggan (Borris, 2005).

$$\text{Rate of Quality (Q)} = \frac{\text{Amount of unit produced} - \text{Amount of Defect}}{\text{Amount of unit produced}} \times 100 \quad (4)$$

G. The World Class OEE

Perhitungan keseluruhan OEE memiliki nilai 85% yang ditetapkan sebagai pengukuran standar world class, yang terdiri dari *availability* sebesar 90%, *performance* sebesar 95%, dan *rate of quality* sebesar 99%. (Ben-Daya et al., 2009).

H. Six Big Losses

Menurut (Nakajima, 1988) dalam *paper* (Taylor & Tsarouhas, 2013) menyatakan bahwa OEE adalah alat untuk membantu pengukuran efektivitas peralatan dengan tujuan mengidentifikasi dan mengurangi *six big losses* yang terdiri dari *equipment failures, setup and adjustments, idling and minor stoppages, reduced speed, defect in process, dan reduced yield*.

I. Equipment Failure Loss

Equipment Failure Loss merupakan kerugian yang terjadi akibat kegagalan peralatan. Jenis kegagalan yang terjadi adalah kegagalan penghentian fungsi sporadis dan kegagalan kronis di mana fungsi peralatan turun di bawah level normal.

$$\text{Equipment Failure Loss} = \frac{\text{Breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (5)$$

J. Setup and Adjustment

Setup and adjustment loss merupakan kerugian yang disebabkan oleh penghentian peralatan.

$$\text{Setup and adjustment loss} = \frac{\text{Set-up time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (6)$$

K. Idling and Minor Stoppages

Idling and minor stoppages loss merupakan kerugian yang disebabkan oleh terjadinya penghentian peralatan sementara seperti kesalahan sensor, aktivitas menunggu pekerjaan sehingga mesin terhenti, dan adanya *idling time*.

$$\text{Idling and minor stoppages} = \frac{\text{Non-productive time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (7)$$

L. Reduced Speed Losses

Reduced speed losses merupakan kerugian yang disebabkan oleh perbandingan desain kecepatan peralatan yang dioperasikan dan kecepatan operasi peralatan yang sebenarnya.

$$\text{Reduced speed losses} = \frac{\text{Operation time} - (\text{Cycle time} \times \text{Amount of produced})}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (8)$$

M. Defect in Process

Defect in process merupakan kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat selama proses produksi.

$$\text{Defect in process} = \frac{\text{Cycle time} \times \text{Total product reject}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (9)$$

N. Overall Resource Effectiveness (ORE)

ORE merupakan pengukuran waktu efektif keseluruhan peralatan pada sistem manufaktur dengan mempertimbangkan sumber daya. ORE membantu mengidentifikasi kerugian untuk meningkatkan kinerja peralatan berdasarkan sumber daya.

$$\text{ORE} = R \times A_f \times C \times A_m \times A_{mp} \times P \times Q \quad (11)$$

O. Readiness (R)

Readiness menunjukkan perbandingan antara waktu produksi yang direncanakan dengan total waktu yang tersedia.

$$\text{Readiness} = \frac{\text{Planned production time}}{\text{Total time}} \times 100\% \quad (12)$$

P. Availability of Facility (Af)

Menurut (Pandey & Sridhar, 2019) menyatakan bahwa *availability of facility* berkaitan dengan total waktu ketika sistem tidak beroperasi karena adanya penghentian fasilitas.

$$\text{Availability of Facility} = \frac{\text{Loading time}}{\text{Planned production time}} \times 100\% \quad (13)$$

Q. Changeover Efficiency (C)

Menurut (Pandey & Sridhar, 2019) menyatakan bahwa *changeover efficiency* berkaitan dengan total waktu ketika mesin tidak beroperasi disebabkan oleh *set up and adjustment*.

$$\text{Changeover efficiency} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (14)$$

R. Availability of Material (Am)

Menurut (Pandey & Sridhar, 2019) menyatakan bahwa *availability of material* berkaitan dengan total waktu mesin yang tidak beroperasi karena kurangnya ketersediaan material.

$$\text{Availability of Material} = \frac{\text{Running time}}{\text{Operation time}} \times 100\% \quad (15)$$

S. *Availability of Manpower (Amp)*

Menurut (Pandey & Sridhar, 2019) menyatakan bahwa *availability of manpower berkaitan dengan total waktu sistem yang tidak beroperasi karena tidak adanya tenaga kerja sehingga proses produksi terhenti.*

$$Availability\ of\ Manpower = \frac{Actual\ Running\ time}{Running\ time} \times 100\%$$

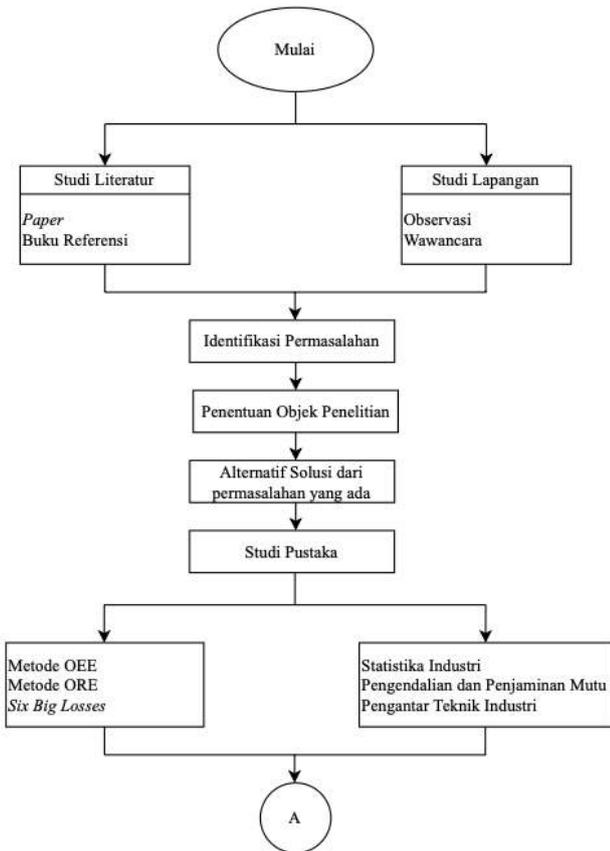
(16)

T. *Total Productive Maintenance (TPM)*

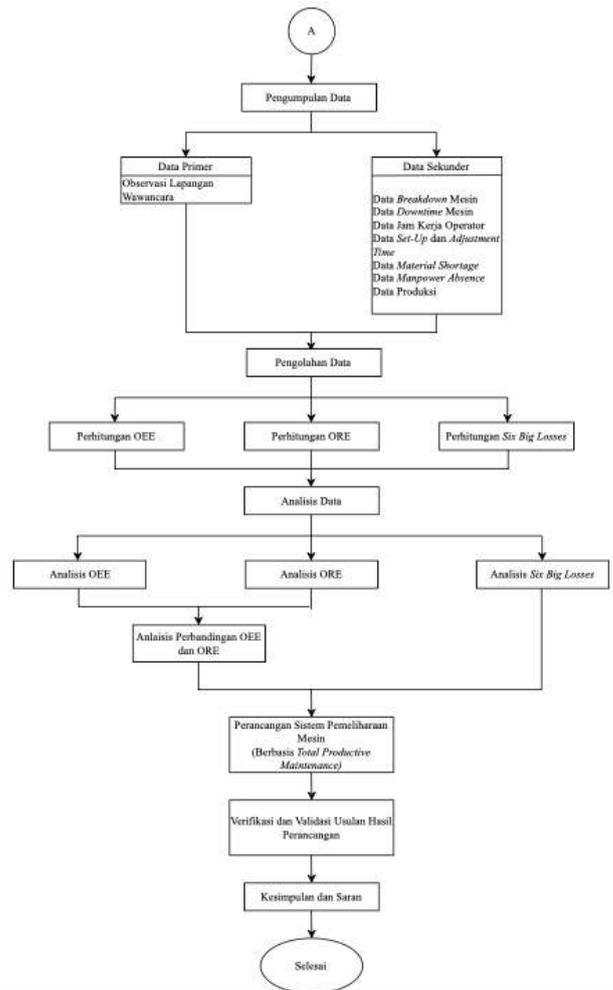
Menurut (Nakajima, 1988) dalam buku (Díaz-Reza et al., 2019) mendefinisikan bahwa TPM adalah pemeliharaan produktif yang dilakukan oleh semua karyawan melalui kegiatan kelompok – kelompok kecil. TPM dapat menyelesaikan pemeliharaan peralatan melalui pemeliharaan produktif secara menyeluruh dengan mencakup usia pemakaian peralatan serta melibatkan semua karyawan mulai dari personel produksi hingga manajemen puncak (McKone et al., 1999).

III. METODE

Tahap perancangan ini menampilkan alur perancangan secara sistematis dan rinci dalam penyelesaian masalah.



GAMBAR 4 (Sistematika perancangan)



GAMBAR 5 (Sistematika perancangan (lanjutan))

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perhitungan OEE

Perhitungan nilai OEE untuk mengetahui nilai tingkat efektivitas dengan mengalikan nilai *availability* (A), *performance* (P), dan *quality rate* (Q). Hasil nilai OEE pada mesin packer chronos 6 pada rentang bulan November 2020 – Oktober 2021 dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2 (Hasil Nilai OEE Pada Mesin Packer Chronos 6)

Tahun	Bulan	Availability (%)	Performance (%)	Quality Rate (%)	OEE
2020	November	96.90%	65.38%	96.87%	61.37%
	Desember	96.79%	79.75%	96.38%	74.40%
2021	Januari	96.89%	57.52%	94.76%	52.81%
	Februari	96.94%	91.71%	96.60%	85.88%
	Maret	96.84%	80.89%	96.04%	75.24%
	April	96.99%	77.23%	95.51%	71.55%
	Mei	96.90%	86.38%	95.44%	79.89%
	Juni	96.91%	50.17%	94.22%	45.81%
	Juli	96.95%	45.86%	93.10%	41.40%
	Agustus	96.91%	47.78%	93.48%	43.29%
	September	97.00%	56.19%	94.19%	51.34%
	Oktober	96.96%	70.70%	95.44%	65.42%
Average		96.92%	67.46%	95.17%	62.37%

B. Hasil Perhitungan ORE

Perhitungan nilai ORE untuk mengetahui nilai efektivitas mesin berdasarkan sumber daya yang meliputi manusia, mesin, material, dan metode, dengan mengalikan nilai *readiness* (R), *availability of facility* (Af), *changeover efficiency* (C), *availability of material* (Am), *availability of manpower* (Amp), *performance* (P), dan *rate of quality product* (Q).

TABEL 3
(Hasil Nilai ORE Pada Mesin Packer Chronos 6)

Tahun	Bulan	R	A _f	C	A _m	A _{mp}	P	Q	ORE
2020	November	92.49%	99.48%	97.41%	91.40%	100.00%	65.38%	96.87%	51.88%
	Desember	91.27%	99.40%	97.38%	88.34%	100.00%	79.75%	96.38%	59.98%
2021	Januari	92.49%	99.47%	97.41%	92.61%	100.00%	57.52%	94.76%	45.23%
	Februari	91.82%	99.53%	97.39%	90.64%	100.00%	91.71%	96.60%	71.48%
	Maret	92.29%	99.42%	97.41%	93.58%	100.00%	80.89%	96.04%	64.98%
	April	92.29%	99.57%	97.41%	93.10%	100.00%	77.23%	95.51%	61.48%
	Mei	91.82%	99.50%	97.39%	89.71%	100.00%	86.38%	95.44%	65.81%
	Juni	92.29%	99.49%	97.41%	89.48%	100.00%	50.17%	94.22%	37.83%
	Juli	92.49%	99.52%	97.41%	89.33%	100.00%	45.86%	93.10%	34.20%
	Agustus	92.29%	99.49%	97.41%	87.99%	100.00%	47.78%	93.48%	35.15%
	September	92.49%	99.57%	97.41%	88.13%	100.00%	56.19%	94.19%	41.85%
	Oktober	92.49%	99.54%	97.41%	89.51%	100.00%	70.70%	95.44%	54.16%
Average		92.21%	99.50%	97.40%	90.32%	100.00%	67.46%	95.17%	52.00%

Berdasarkan tabel 3 diperoleh nilai rata – rata OEE pada mesin packer chronos 6 pada rentang bulan November 2020 – Oktober 2021 sebesar 52.00%.

C. Hasil Perhitungan Six Big Losses

Dari perhitungan *losses* yang telah dilakukan, maka dapat diketahui penyebab kerugian terbesar pada mesin packer chronos 6 berdasarkan *six big losses* dapat dilihat pada tabel 4 yang menunjukkan persentase *six big losses* pada mesin packer chronos 6 pada rentang bulan November 2020 – Oktober 2021.

TABEL 4
(Persentase Nilai Six Big Losses Pada Mesin Packer Chronos 6)

No.	Losses	Persentase Losses	Persentase Kumulatif
1	Reduce Speed Losses	31,54%	53,86%
2	Idling and Minor Stoppages Losses	20,92%	35,72%
3	Defect in Process	3,02%	5,15%
4	Setup and Adjustment Losses	2,58%	4,41%
5	Equipment Failure Losses	0,50%	0,86%
6	Reduce Yield Losses	0,00%	0,00%
Jumlah		58,55%	100,00%

D. Usulan Format Lembar Standarisasi Proses CLIT
Usulan lembar standarisasi diharapkan dapat membantu pekerjaan operator untuk lebih cepat dalam melakukan pemeliharaan awal yang lebih efektif untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin. Berikut merupakan usulan format lembar standarisasi proses CLIT (*Cleaning, Lubricating, Inspection, Tightening*) :

TABEL 5
(Lembar Standarisasi Proses CLIT)

DAILY CHECK SHEET		AUTONOMOUS STANDARD SHEET PT. EASTERN PEARL FLOUR MILLS									
Operator :		Disetujui oleh :									
Tanggal :		Note :									
Standar	Cleaning	Lubricating	Tightening	Week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Thursday	Thursday	by
Komponen body mesin bersih	Pemberian pelumasan pada setiap komponen mesin	Penyesuaian pengencangan baut dan mnt agar tidak longgar		1	2						
				3							
				4							
Metode	Cleaning	Lubricating	Tightening	Week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Thursday	Thursday	by
Membersihkan setiap komponen yang kotor	Cek panduan pelumasan mesin sesuai standar	Cek kondisi baut dan mnt yang longgar, lalu dilakukan pengencangan		1	2						
				3							
				4							
Tools	Cleaning	Lubricating	Tightening	Week	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Thursday	Thursday	by
Lap, kuas, alat penyengrotaan	Filter oli, pompa pelumas	Kunci torsi		1	2						
				3							
				4							

E. Usulan Format Monitoring Kualitas Produksi Berdasarkan Kerusakan Mesin

Usulan form *monitoring* sumber penyebab kerusakan mesin diharapkan dapat memberikan informasi yang terkait kualitas produk yang tidak sesuai standar berdasarkan jenis *reject* dan penyebab terjadinya *reject* pada produk yang dihasilkan. Berikut merupakan usulan form *monitoring* kualitas produksi :

TABEL 6
(Form Monitoring Kualitas Produksi)

FORM MONITORING KUALITAS PRODUKSI		PT. EASTERN PEARL FLOUR MILLS						
LEMBAR REJECT PRODUKSI		Disetujui Oleh :						
Operator :		Note :						
Bulan :								
Produk :								
No	Tanggal	Brand	No.Batch	Jumlah	Keterangan Reject	Penyebab Reject		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada mesin packer chronos 6 di PT. Eastern Pearl Flour Mills, maka dapat ditarik kesimpulan dalam penelitian ini sebagai berikut :

- A. Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas mesin menggunakan metode OEE terhadap mesin packer chronos 6 pada rentang waktu November 2020 – Oktober 2021, dapat diketahui rata – rata nilai OEE sebesar 62.37%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai OEE masih berada dibawah standar kelas dunia sebesar 85%. Nilai OEE yang rendah dipengaruhi oleh faktor penyusun OEE yang rendah dan tidak memenuhi standar JIPM yaitu *performance* dan *quality rate*.
- B. Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas mesin berdasarkan sumber daya menggunakan metode ORE terhadap mesin packer chronos 6 pada rentang waktu November 2020 – Oktober 2021, dapat diketahui rata – rata nilai ORE sebesar 52%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai ORE masih berada dibawah standar nilai ORE yang telah ditetapkan yaitu 85%.

- C. Berdasarkan analisis perbandingan nilai OEE dan ORE, nilai ORE memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan OEE. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya faktor yang menyebabkan penurunan pada efektivitas mesin berdasarkan aspek sumber daya. Pengukuran berdasarkan aspek sumber daya dapat mengklasifikasikan informasi terkait kerugian berdasarkan penyebabnya.
- D. Berdasarkan hasil perhitungan *six big losses*, terdapat dua faktor dengan nilai tinggi yang mempengaruhi rendahnya nilai *performance* mesin yaitu *reduce speed loss* sebesar 31.54% dan *idling and minor stoppages loss* sebesar 20.92%.
- E. Berdasarkan hasil analisis perancangan pemeliharaan berbasis TPM, dapat diketahui penyebab rendahnya efektivitas mesin yaitu operator yang masih belum tanggap dan responsif terhadap kondisi mesin serta kurangnya keterampilan dan pemahaman operator dalam mengidentifikasi kerusakan mesin. Sehingga, menyebabkan rendahnya *performance* pada mesin dan dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Sehingga usulan perancangan sistem pemeliharaan mesin berbasis TPM menggunakan penerapan dua pilar TPM yaitu *quality maintenance* yang dirancang untuk mengidentifikasi penyebab terbesar penurunan *performance* mesin yang dapat mempengaruhi kualitas produk, *autonomous maintenance* dan *planned maintenance* yang dirancang untuk meningkatkan kesadaran operator untuk dapat lebih tanggap dan responsif terhadap kondisi dan pemeliharaan mesin agar dapat memastikan mesin beroperasi dalam kondisi baik.

REFERENSI

- Afey, I. H. (2013). Implementation of Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness Evaluation. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering*, 13(01), 69–75.
- Amri. (2014). *Pengantar Teknik Industri*. FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MALIKUSSALEH.
- Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Knezevic, J., Ait-Kadi, D., & Raouf, A. (2009). Handbook of maintenance management and engineering. *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, December 2020, 1–741. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-472-0>
- Besterfield, D. H. (2013). Quality Improvement (9th Edition). In *Chronic Illness Care: Principles and Practice*.
- Bluman, A. G. (2012). *Elementary Statistics : A Step by Step Approach*, EIGHTH EDITION. McGraw-Hill.
- Borris, S. (2005). *Total Productive Maintenance : Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Peak Efficiency*. McGraw Hill. <https://doi.org/10.1036/0071467335>
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance : A Modern Approach*. CRC Press.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., & Martínez-Loya, V. (2019). Impact Analysis of Total Productive Maintenance. In *Impact Analysis of Total Productive Maintenance*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-01725-5>
- Eswaramurthi, K. G., & Mohanram, P. V. (2013). Improvement of manufacturing performance measurement system and evaluation of overall resource effectiveness. *American Journal of Applied Sciences*, 10(2), 131–138. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.131.138>
- Jones, A. R. (2019). *Probability, Statistics and Other Frightening Stuff* (2nd ed.). Routledge.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 19, 55–78. <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>
- Juran, J., & Godfrey, A. (1998). JURAN'S QUALITY HANDBOOK, 5th EDITION. In *JURAN'S QUALITY HANDBOOK*, 5th EDITION. [https://gmpua.com/QM/Book/quality handbook.pdf](https://gmpua.com/QM/Book/quality%20handbook.pdf)
- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (1999). Total productive maintenance: A contextual view. *Journal of Operations Management*, 17(2), 123–144. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(98\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00039-4)
- Mitra, A. (2012). Fundamentals of Quality Control and Improvement: Third Edition. In *Fundamentals of Quality Control and Improvement: Third Edition*. <https://doi.org/10.1002/9781118491645>
- Nurprihatin, F., Angely, M., & Tannady, H. (2019). Total productive maintenance policy to increase effectiveness and maintenance performance using overall equipment effectiveness. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, 6(3), 184–199. <https://doi.org/10.22105/jarie.2019.199037.1104>
- Nursanti, E., Avief, R. M. S., Sibut, & Kertaningtyas, M. (2019). MAINTENANCE CAPACITY PLANNING Efisiensi & produktivitas. Dream Litera Buana.
- Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-Dasar Statistika Penelitian*. SIBUKU MEDIA. http://lppm.mercubuana-yogya.ac.id/wp-content/uploads/2017/05/Buku-Ajar_Dasar-Dasar-Statistik-Penelitian.pdf
- Olivella, J., & Gregorio, R. (2015). Journal of Manufacturing Technology Management Article information : *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(4), 515–535. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-09-2012-0089>
- Pandey, R., & Sridhar, K. (2019). Evaluating the Performance of Plant By Overall Equipment Effectiveness & Overall Resource Effectiveness: a Case Study. *Intenational Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6, 2656–2663.
- Shobur, M., Nurmutia, S., Fahrudin, W. A., & Pratama, G. A. (2020). *Pengendalian dan Penjaminan Mutu* (Issue 1). UNPAM PRESS. http://eprints.unpam.ac.id/8803/1/TIN0492_PENGEN DALIAN DAN PENJAMIN MUTU.pdf
- Smith, D. J. (2014). Maintenance Engineering and Management by Klaas Smit. *Safety and Reliability*, 34(3), 84–84. <https://doi.org/10.1080/09617353.2014.11691022>
- Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2018). Statistics. In *Schaum's outlines*. <https://doi.org/10.1036/0071485848>

- Stamatis, D. . (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. Productivity Press.
- Sullivan, G. P., Pugh, R., Melendez, a P., & Hunt, W. D. (2010). Operations & Maintenance Best Practices. In *Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program U.S. Department of Energy*.
- Taylor, P., & Tsarouhas, P. H. (2013). Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry : a case study. *International Journal of Production Research*, 51, 515–523. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.653014> PLEASE
- Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, 77(3), 299–313. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00156-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00156-6)
- Ylipää, T., Skoogh, A., Bokrantz, J., & Gopalakrishnan, M. (2017). Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(1), 126–143. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2016-0028>

