

PENENTUAN INTERVAL PERAWATAN MESIN EXTRUDER DENGAN *MODULARITY DESIGN* DAN *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* DI PT. XYZ

Imam Qulub Mustaqim¹⁾, Endang Pudji W.²⁾, Dwi Sukma D.³⁾

^{1, 2, 3)} Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya No. 1, Kec. Gn. Anyar, Kota SBY, Jawa Timur 60294
e-mail: imamqulub@gmail.com¹⁾, endangpw@staffs.upnjatim.ac.id²⁾,
dwisukma@staffs.upnjatim.ac.id³⁾

ABSTRAK

*PT. XYZ adalah sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi karung diantaranya woven bag, jumbo bag, dan AD*STAR block bottom bag. Perawatan mesin sangat penting dilakukan oleh perusahaan untuk selalu menjaga mesin agar tetap dalam kondisi yang optimal. Selama ini, perawatan mesin pada PT. XYZ belum dilakukan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas mesin ekstruder serta meminimalkan biaya perawatan dengan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness dan Modularity Design. Tahapan dalam melakukan penelitian ini adalah dengan menentukan tingkat efektifitas mesin dengan 3 Indikator yaitu Availability Ratio, Performance Ratio dan Quality Rate. Kemudian didapatkan hasil untuk Availability sebesar 89,52%, Performance Ratio sebesar 97,01%, Quality Rate sebesar 93,17%. Ketiga indikator tersebut menghasilkan nilai OEE sebesar 89,91%. Kemudian menganalisa Six Big Losses yang menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Six Big Losses meliputi Equipment Failure, Setup and Adjustment Losses, Idle and Minor Stoppage, Reduced Speed, Rework Losses, dan Yield Losses. Selanjutnya adalah menghitung biaya perawatan dari komponen kritis untuk mengurangi biaya perawatan yang dikeluarkan oleh perusahaan dengan menggunakan metode Modularity Design. Dari hasil perhitungan dengan Modularity Design didapatkan hasil total biaya perawatan usulan sebesar Rp 274.696.305,68 dimana biaya tersebut lebih kecil dibandingkan dengan total biaya perawatan perusahaan sebesar Rp 374.982.723,00.*

Kata Kunci: Interval Waktu, Modularity Design, OEE, Perawatan, Total Biaya

ABSTRACT

*PT. XYZ is a manufacturing company that manufactures sacks including woven bags, jumbo bags, and AD * STAR block bottom bags. Engine maintenance is very important to be carried out by the company to always keep the engine in optimal condition. During this time, engine maintenance at PT. XYZ has not been done optimally. This study aims to determine the effectiveness of extruder machines and minimize maintenance costs by using the Overall Equipment Effectiveness and Modularity Design methods. The stages in conducting this research are to determine the level of effectiveness of the machine with 3 indicators namely Availability Ratio, Performance Ratio and Quality Rate. Then obtained results for Availability of 89.52%, Performance Ratio of 97.01%, Quality Rate of 93.17%. These three indicators produce an OEE value of 89.91%. Then analyze the Six Big Losses that cause harm to the company. Six Big Losses include Equipment Failure, Setup and Adjustment Losses, Idle and Minor Stoppage, Reduced Speed, Rework Losses, and Yield Losses. Next is calculating the maintenance costs of critical components to reduce maintenance costs incurred by the company by using the Modularity Design method. From the calculation results with Modularity Design, the total cost of proposed maintenance is Rp. 274,696,305.68 where the cost is smaller than the total company maintenance cost of Rp. 374,982,723.00.*

Keywords: Time Interval, Modularity Design, OEE, Maintenance, Total Cost

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur di era globalisasi saat ini sangat meningkat. Semakin ketatnya persaingan mengharuskan perusahaan untuk bekerja ekstra keras untuk dapat mempertahankan eksistensinya. Mesin produksi merupakan salah satu dari sumber daya yang ada yang harus dioptimalkan penggunaannya. Untuk menjamin agar mesin bisa beroperasi dengan baik dan optimal diperlukan adanya suatu sistem perawatan yang baik pula. Sistem perawatan yang kurang baik akan menyebabkan mesin mudah rusak dan proses produksi akan terganggu bahkan terhenti (Djunaidi dan Sufa. 2007). Rochim (2015) menjelaskan bahwa interval waktu optimum merupakan waktu penggantian optimal suatu komponen dalam sistem perawatan. Dengan interval waktu optimum, kualitas kerja dari suatu komponen atau sistem dapat dipertahankan mendekati keadaan semula. Witjaksono dan Seopangkat. (2016) menerangkan masalah yang dihadapi dalam pelaksanaan program perawatan adalah adanya ketidaksesuaian antara jadwal dan pelaksanaan perawatan di lapangan, sehingga sering dalam pelaksanaan perawatan, dimajukan atau dimundurkan dari jadwal yang telah ditetapkan.

PT. XYZ adalah sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi karung diantaranya *woven bag*, *jumbo bag*, dan *AD*STAR block bottom bag*. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 1981 dan memiliki visi menjadi perusahaan manufaktur terkemuka dalam bidang produksi *woven / jumbo bag* dan aksesorisnya untuk menjadi produsen berkelas internasional. Perawatan yang diberlakukan oleh PT. XYZ adalah perawatan *corrective*. Perawatan *preventive* hanya dilakukan untuk komponen-komponen kecil saja sehingga menyebabkan *downtime* dan *delay* pada proses produksi yang mengakibatkan kinerja mesin kurang efektif dan efisien.

Untuk mencapai tujuan tersebut maka digunakan pendekatan *Modularity Design* yang digunakan untuk meminimalkan biaya perawatan dengan mengelompokkan komponen-komponen kritis pada mesin dan Metode *Overall Equipment Effectiveness* untuk meningkatkan efektivitas mesin dan meminimalkan kerugian (*Losses*). Meminimasi kerugian (*Losses*) merupakan salah satu cara untuk meningkatkan hasil produksi. *Losses* merupakan bentuk kerugian yang menyebabkan kinerja dari peralatan menjadi menurun. Perbaikan diarahkan untuk mengurangi enam kerugian yang ada yaitu *Breakdown* karena kerusakan alat, *Setup dan Adjustment*, *Idle* dan *Delay* operasi, penurunan kecepatan, produk cacat (*reject* atau harus diperbaiki), dan penurunan hasil selama *start-up* (karena ada penyetelan-penyetelan pada kondisi stabil).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Perawatan

Ebeling (1997) dalam buku Nachrul Ansori mendefinisikan perawatan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Perawatan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan unit-unit pada kondisi operasional yang handal dan aman (Ansori dan Mustajib, 2013). Peranan perawatan terhadap mesin dan peralatan serta fasilitas lainnya menjadi sangat penting dalam menunjang beroperasinya suatu industri. Perawatan memang demikian besar pengaruhnya bagi kesinambungan operasi suatu industri, sehingga perlu mendapat perhatian yang cukup besar. Oleh karena itu aktivitas perawatan merupakan bagian integral dari suatu industri untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi (Sudradjat, 2011). Al-Turki (2011) memodelkan proses perawatan sebagai proses transformasi ringkas dalam sistem perusahaan yang digambarkan dalam model *black box input-output*.

Namun dalam praktiknya, ongkos yang terjadi sering digunakan untuk melakukan perbaikan. Dan apabila peralatan melewati periode kegagalan awal (*spontaneous failure periode*), dan bila memasuki periode kegagalan pemakaian (*wear failure periode*), diperbaiki atau modifikasi kadangkala menerapkan sistem pelaporan penggunaan ongkos tetap (*fixed asset account*) termasuk laporan seluruh biaya perbaikan dengan anggapan bahwa semua perbaikan kecil dan modifikasi kecil termasuk ke dalam biaya perbaikan (Sudradjat, 2011). Ongkos perawatan dapat diringkas menjadi dua, yaitu (Witonohadi et al, 2011) :

1. Ongkos pemeliharaan akibat diadakannya perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin atau komponennya.
2. Ongkos perbaikan yang dilakukan akibat terjadinya kerusakan komponen kritis pada mesin atau peralatan tersebut disamping biaya untuk penggantian suku cadangnya.

Terdapat berbagai macam biaya dalam perawatan, dimana biaya tersebut adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dalam melakukan kegiatan perawatan, antara lain adalah :

1. Biaya tenaga kerja : merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membayar pegawai dalam melakukan perawatan dan perbaikan
2. Biaya suku cadang : merupakan biaya untuk pembelian dan penggantian suku cadang baru
3. Biaya akibat perawatan : merupakan pendapatan yang hilang selama suatu peralatan atau mesin mengalami kegagalan

Melalui perhitungan biaya maka dapat diketahui jumlah biaya yang dikeluarkan untuk perawatan berdasarkan interval waktu. Waktu perawatan yang optimal antara kegiatan penggantian preventif dapat diketahui dengan memilih interval waktu yang memiliki biaya terendah. Apabila interval waktu yang optimal diperoleh, maka biaya perawatan yang paling minimum dapat diketahui.

B. *Total Productive Maintenance*

John (2011) dalam buku Kurniawan menjelaskan bahwa TPM adalah suatu metode bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan peralatan, dan memantapkan sistem perawatan preventif yang dirancang untuk keseluruhan peralatan dengan mengimplementasikan suatu aturan dan memberikan motivasi kepada seluruh bagian yang berada dalam suatu perusahaan tersebut. Selain itu juga TPM bertujuan untuk menghindari perbaikan perbaikan secara tiba-tiba dan meminimasi perawatan yang tidak terjadwal. TPM merupakan untuk memaksimalkan produktivitas penggunaan peralatan, melalui pengurangan *downtime* dan perbaikan kualitas dan kapasitas. TPM mengedepankan proses perbaikan dengan mempertimbangkan keamanan, kualitas, pengiriman, biaya, dan kreativitas yang melibatkan seluruh lini produksi. Shirose (1992) menerangkan aktivitas kelompok dalam TPM dapat dibedakan menjadi 2 yaitu kelompok formal dan kelompok sukarela. Kelompok formal adalah kelompok yang dibentuk secara resmi oleh manajemen dalam perusahaan, yang memiliki tugas rutin, dimana setiap tugas harus tercatat dan setiap pelaksanaan tugas harus dicatat. Kelompok sukarela adalah kelompok yang bertugas berdasarkan disiplin pribadi. Kelompok ini merupakan kelompok masyarakat pekerja yang kritis.

C. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Perhitungan OEE digunakan untuk mengukur efektifitas dari keseluruhan mesin (Ernawati et al, 2017). *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapuskan *six big losses* peralatan (Ansori dan Mustajib, 2013). Bakti (2015) dan Subiyanto (2014) menjelaskan bahwa pengukuran OEE ini didasarkan

pada pengukuran tiga rasio utama, yaitu:

1. *Availability ratio*

Availability ratio merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan.

2. *Performance ratio*

Performance ratio merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang.

3. *Quality Ratio* atau *Rate of Quality Product*

Quality ratio atau *rate of quality product* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar.

D. *Six Big Losses*

Menurut Nakajima (1988) dalam buku Sistem Perawatan Terpadu karangan Nachrul Ansori, terdapat 6 kerugian besar yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan. Keenam kerugian tersebut dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu (Kholil dan Mulya, 2013) :

1. *Downtime Losses*, terdiri dari :

- a. *Breakdown Losses/Equipment Failures* adalah kerusakan mesin/peralatan yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan
- b. *Setup and Adjustment Losses*/kerugian karena pemasangan dan penyetelan

2. *Speed Loss*, terdiri dari :

- a. *Idling and Minor Stoppage Losses* disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak
- b. *Reduced Speed Losses* adalah kerugian karena mesin tidak bekerja optimal (penurunan kecepatan operasi)

3. *Defect Loss*, terdiri dari :

- a. *Rework Losses* adalah kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang
- b. *Reduced Yield Losses* adalah kerugian waktu dan material yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin/peralatan untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang telah diharapkan

E. *Modularity Design*

Modular design adalah satu cara untuk mengembangkan produk dengan memisahkan produk dalam beberapa komponen atau modul terpisah. Hal ini dimaksudkan agar komponen bisa dirangkai atau dikombinasikan dengan berbagai cara untuk menghasilkan banyak variasi produk yang berbeda satu sama lain (Ernawati et al, 2018). *Modularity Design* menyebabkan proses manufaktur dan perakitannya lebih sederhana dan murah (Hariyanto, 2017). *Modularity* mengizinkan untuk diadakan pengurangan dari biaya servis dengan mengelompokkan komponen berdasarkan *similiary* dan *dependenc*.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* dan *Modularity Design* diawali dengan melakukan perhitungan *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio*. Untuk melakukan perhitungan tersebut data yang diperlukan antara lain adalah data waktu *delay (downtime)* mesin ekstruder, data produksi.

Tahapan berikutnya adalah perhitungan *Six Big Losses* untuk mengetahui berapa kerugian yang diterima oleh perusahaan. Dimana *Six Big Losses* ini diantaranya adalah

Equipment Failure, Setup and Adjustment Losses, Idle and Minor Stoppage, Reduced Speed, Rework Losses, dan Reduced Yield.

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung *Modularity Design* dengan menghitung biaya *downtime* dan biaya tenaga kerja. Data penunjang yang diperlukan untuk proses perhitungan tersebut antara lain adalah data waktu *downtime*, jumlah operator perawatan, komponen-komponen mesin, biaya pembelian dan total biaya perawatan perusahaan.

Selanjutnya untuk mengetahui apakah metode usulan dapat diterima atau tidak maka dilakukan perbandingan dengan Total biaya perawatan dari perusahaan. Jika total biaya metode usulan lebih kecil dari total biaya perusahaan maka metode usulan dapat diterima, sebaliknya jika total biaya usulan lebih besar dari total biaya perusahaan maka metode usulan ditolak.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk pengukuran efektifitas dengan menggunakan OEE pada mesin Extruder dibutuhkan data yang bersumber dari data historis perusahaan. Data yang digunakan adalah data dalam periode Januari 2018 – Desember 2018, yaitu:

TABEL I
DATA DELAY MESIN EXTRUDER

Bulan	Available Time	Data Delay					Total Delay
		No Sched- ule	Planned Down- time	Machine Break- down	Set Up Mesin	Others	
Januari 2018	34560	493	502	129	420	6937	8481
Februari 2018	41760	5274	-	549	860	385	7068
Maret 2018	36000	9104	63	-	790	223	10180
April 2018	43200	427	239	337	700	530	2233
Mei 2018	43200	-	532	-	674	1095	2301
Juni 2018	38880	1137	-	77	508	566	2288
Juli 2018	43200	-	70	365	346	849	1630
Agustus 2018	38880	515	-	129	402	442	1488
September 2018	44640	157	351	450	284	718	1960
Oktober 2018	28800	457	141	259	317	379	1553
November 2018	43200	2818	622	899	387	1053	5779
Desember 2018	40320	2120	26	262	457	415	3280

TABEL II
DATA PRODUKSI MESIN EXTRUDER

Bulan	Processed Amount	Defect Amount	Rework Time
Januari 2018	250123	15007.38	2043.48
Februari 2018	308706	27783.54	2505.6
Maret 2018	251555	12577.75	2156.22
April 2018	338843	23719.01	2577.66
Mei 2018	314038	25123.04	2560.08
Juni 2018	273513	21881.04	2332.8
Juli 2018	305439	18326.34	2587.8
Agustus 2018	263726	18460.82	2332.8
September 2018	318780	22314.60	2657.34
Oktober 2018	232286	11614.30	1719.54
November 2018	314038	15701.90	2554.68
Desember 2018	287903	25911.27	2417.64

Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*

Berdasarkan tabel 1 maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menghitung *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Rate* sebagai berikut

1. Perhitungan *Availability Ratio*

Untuk menghitung nilai *availability* terlebih dahulu dihitung :

$$\begin{aligned} - \text{Loading Time} &= \text{Available time} - \text{Planned downtime} \\ &= 34.560 - 502 = 34.058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Downtime} &= \text{Breakdown} + \text{Setup} + \text{Others} + \text{No Schedule} + \text{Planned Downtime} \\ &= 502 + 420 + 6.937 + 493 + 129 = 8481 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Operation Time} &= \text{Loading Time} - \text{Downtime} \\ &= 34.058 - 8481 = 25577 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan untuk setiap bulannya maka dilanjutkan dengan menghitung nilai *availability* yaitu :

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

$$\text{Availability} = \frac{34.058 - 8481}{34.058} \times 100\% = 75,10\%$$

Dengan cara yang sama, maka perhitungan *Availability* untuk bulan Januari 2018-Desember 2018 disajikan dalam Tabel 3

TABEL III
AVAILABILITY MESIN EXTRUDER

Bulan	Loading Time (Menit)	Downtime (Menit)	Operation Time (Menit)	Availability (%)
Januari 2018	34.058	8481	25577	75.10
Februari 2018	41.760	7068	34692	83.07
Maret 2018	35.937	10180	25757	71.67
April 2018	42.961	2233	40728	94.80
Mei 2018	42.668	2301	40367	94.61
Juni 2018	38.880	2288	36592	94.12
Juli 2018	43.130	1630	41500	96.22
Agustus 2018	38.880	1488	37392	96.17
September 2018	44.289	1960	42329	95.57
Oktober 2018	28.659	1553	27106	94.58
November 2018	42.578	5779	36799	86.43
Desember 2018	40.294	3280	37014	91.86
Rata-rata				89.52

2. Perhitungan *Performance Ratio*

Untuk menghitung nilai *Performance Ratio* terlebih dahulu menghitung waktu siklus dan persentase jam kerja yang berdasarkan tabel 1, 2 dan 3 dengan langkah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. Persentase jam kerja} &= \left[1 - \frac{\text{Total Delay}}{\text{Operation Time}} \right] \times 100\% \\ &= \left[1 - \frac{8481}{25577} \right] \times 100\% = 66,84\% \end{aligned}$$

$$\text{b. Waktu siklus} = \frac{\text{Loading Time}}{\text{Processed Amount}} = \frac{34.058}{250123} = 0,14 \text{ menit/unit}$$

TABEL IV
WAKTU SIKLUS DAN PERSENTASE JAM KERJA

Bulan	Loading Time (Menit)	Processed Amount (Kg)	Operation Time (Menit)	Total Delay (Menit)	Waktu Siklus (Menit/Unit)	Persentase Jam Kerja (%)
Januari 2018	34058	250123	25577	8481	0.14	66.84
Februari 2018	41760	308706	34692	7068	0.14	79.63
Maret 2018	35937	251555	25757	10180	0.14	60.48
April 2018	42961	338843	40728	2233	0.13	94.52
Mei 2018	42668	314038	40367	2301	0.14	94.30
Juni 2018	38880	273513	36592	2288	0.14	93.75
Juli 2018	43130	305439	41500	1630	0.14	96.07
Agustus 2018	38880	263726	37392	1488	0.15	96.02
September 2018	44289	318780	42329	1960	0.14	95.37
Oktober 2018	28659	232286	27106	1553	0.12	94.27
November 2018	42578	314038	36799	5779	0.14	84.30
Desember 2018	40294	287903	37014	3280	0.14	91.14

Berdasarkan tabel 4 selanjutnya dilakukan untuk menghitung *Ideal Cycle Time* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Ideal Cycle Time} &= \text{Waktu siklus} \times \text{Persentase jam kerja} \\ &= 0,14 \times 66,84\% = 0,09 \text{ menit} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan nilai dari *Performance Ratio* dilakukan perhitungan

$$\text{Performance Ratio} = \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times 100\%$$

$$= \frac{250.123 \times 0,09}{25577} \times 100\% = 89,01\%$$

Dengan cara yang sama, maka perhitungan *Performance Ratio* untuk bulan Januari 2018-Desember 2018 disajikan dalam Tabel 5

TABEL V
PERFORMANCE RATIO MESIN EXTRUDER

Bulan	Processed Amount (unit)	Ideal Cycle Time (Menit/Unit)	Operation Time (Menit)	Performance Ratio (%)
Januari 2018	250123	0.09	25577	89.01
Februari 2018	308706	0.11	34692	95.85
Maret 2018	251555	0.09	25757	84.38
April 2018	338843	0.12	40728	99.70
Mei 2018	314038	0.13	40367	99.68
Juni 2018	273513	0.13	36592	99.61
Juli 2018	305439	0.14	41500	99.85
Agustus 2018	263726	0.14	37392	99.84
September 2018	318780	0.13	42329	99.79
Oktober 2018	232286	0.12	27106	99.67
November 2018	314038	0.11	36799	97.53
Desember 2018	287903	0.13	37014	99.21
Rata-rata				97,01

3. Perhitungan *Quality Rate*

Berdasarkan tabel 2 maka dilakukan penghitungan *Quality Rate* dan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$Quality Rate = \frac{Processed Amount - Defect Amount}{Processed Amount} \times 100\%$$

$$Quality Rate = \frac{250.123 - 15007,38}{250.123} \times 100\% = 94,00\%$$

Dengan cara yang sama, maka perhitungan *Quality Rate* untuk bulan Januari 2018-Desember 2018 disajikan dalam Tabel

TABEL VI
QUALITY RATE MESIN EXTRUDER

Bulan	Defect Amount (Unit)	Processed Amount (Unit)	Quality Rate (%)
Januari 2018	15007.38	250123	94.00
Februari 2018	27783.54	308706	91.00
Maret 2018	12577.75	251555	95.00
April 2018	23719.01	338843	93.00
Mei 2018	25123.04	314038	92.00
Juni 2018	21881.04	273513	92.00
Juli 2018	18326.34	305439	94.00
Agustus 2018	18460.82	263726	93.00
September 2018	22314.60	318780	93.00
Oktober 2018	11614.30	232286	95.00
November 2018	15701.90	314038	95.00
Desember 2018	25911.27	287903	91.00
Rata-rata			93,17

Setelah nilai *Availability*, *Performance Ratio*, dan *Quality Rate* pada mesin extruder diperoleh, maka dilakukan perhitungan OEE sebagai berikut :

$$Overall Equipment Effectiveness = Availability \times Performance Ratio \times Quality Rate$$

TABEL VII
AVAILABILITY, PERFORMANCE, DAN QUALITY RATIO

Bulan	Availability (%)	Performance Ratio (%)	Quality Rate (%)
Januari 2018	75.10	89.01	94.00
Februari 2018	83.07	95.85	91.00
Maret 2018	71.67	84.38	95.00
April 2018	94.80	99.70	93.00
Mei 2018	94.61	99.68	92.00
Juni 2018	94.12	99.61	92.00
Juli 2018	96.22	99.85	94.00
Agustus 2018	96.17	99.84	93.00
September 2018	95.57	99.79	93.00
Oktober 2018	94.58	99.67	95.00
November 2018	86.43	97.53	95.00
Desember 2018	91.86	99.21	91.00
Rata-rata	89,52	97,01	93,17

Hasil perhitungan OEE pada mesin setelah didapat dari perhitungan yang sudah didapat yaitu, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) = 89,52% × 97,01% × 93,17% = 80,91%.

1. Perhitungan *Downtime Losses*

a. *Equipment Failure*

Berdasarkan data pada tabel 1 dan 3 besarnya presentase *Equipment failure* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Equipment Failure} = \frac{\text{Total Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Maka diperoleh perhitungan *Equipment Failure* sebagai berikut :

$$\text{Equipment Failure} = \frac{7066}{34058} \times 100\% = 20,75\%$$

Maka diperoleh persentase *Equipment Failure* seperti pada tabel 8

TABEL VIII
EQUIPMENT FAILURE

Bulan	Total Breakdown Time (Menit)	Loading Time (Menit)	Equipment Failure (%)
Januari 2018	7066	34058	20.75
Februari 2018	934	41760	2.24
Maret 2018	223	35937	0.62
April 2018	867	42961	2.02
Mei 2018	1095	42668	2.57
Juni 2018	643	38880	1.65
Juli 2018	1214	43130	2.81
Agustus 2018	571	38880	1.47
September 2018	1168	44289	2.64
Oktober 2018	638	28659	2.23
November 2018	1952	42578	4.58
Desember 2018	677	40294	1.68
Rata-rata			3,77

b. *Setup and Adjustment Losses*

Untuk mengetahui nilai presentase *Setup and Adjustment Losses* dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{\text{Total Setup}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumusan diatas dan berdasarkan data pada tabel 1 dan 3, maka diperoleh perhitungan *Setup and Adjustment Losses* sebagai berikut :

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{420}{34058} \times 100\% = 1,23\%$$

Dengan perhitungan diatas maka diperoleh presentase *Setup and Adjustment Losses* seperti pada tabel 9

TABEL IX
SETUP AND ADJUSTMENT LOSSES

Bulan	Total Setup Time (Menit)	Loading Time (Menit)	Setup and Adjustment Losses (%)
Januari 2018	420	34058	1.23
Februari 2018	860	41760	2.06
Maret 2018	790	35937	2.20
April 2018	700	42961	1.63
Mei 2018	674	42668	1.58
Juni 2018	508	38880	1.31
Juli 2018	346	43130	0.80
Agustus 2018	402	38880	1.03
September 2018	284	44289	0.64
Oktober 2018	317	28659	1.11
November 2018	387	42578	0.91
Desember 2018	457	40294	1.13
Total			1,30

2. Perhitungan *Speed Losses*

a. *Idle and Minor Stoppage*

Berdasarkan tabel 4.1 dan 4.3 untuk mengetahui presentase dari *Idle and Minor Stoppage*, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Idle and Minor Stoppage} = \frac{\text{Non Productive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Non Productive Time} &= \text{Availability Time} - \text{Operation Time} \\ &= 34.560 - 25.577 = 8983 \end{aligned}$$

Maka diperoleh perhitungan *Idle and Minor Stoppage* sebagai berikut :

$$\text{Idle and Minor Stoppage} = \frac{8.983}{34.058} \times 100\% = 26,38\%$$

Dengan perhitungan diatas maka diperoleh presentase *Idle and Minor Stoppage* yang dapat dilihat pada tabel 10

TABEL X
IDLE AND MINOR STOPPAGE

Bulan	Operation Time (Menit)	Availability Time (Menit)	Non Productive Time (Menit)	Loading Time (Menit)	Idle and Minor Stoppage (%)
Januari 2018	25577	34560	8983	34058	26.38
Februari 2018	34692	41760	7068	41760	16.93
Maret 2018	25757	36000	10243	35937	28.50
April 2018	40728	43200	2472	42961	5.75
Mei 2018	40367	43200	2833	42668	6.64
Juni 2018	36592	38880	2288	38880	5.88
Juli 2018	41500	43200	1700	43130	3.94
Agustus 2018	37392	38880	1488	38880	3.83
September 2018	42329	44640	2311	44289	5.22
Oktober 2018	27106	28800	1694	28659	5.91
November 2018	36799	43200	6401	42578	15.03
Desember 2018	37014	40320	3306	40294	8.20
		Rata-rata			11,02

b. *Reduce Speed*

Untuk mengetahui besarnya presentase *Reduce Speed* yang hilang, maka digunakan data pada tabel 2, 3, dan 5 serta rumus sebagai berikut :

$$\text{Reduce Speed Losses} = \frac{\text{Operation Time} - (\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Processed Amount})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumusan di atas, maka diperoleh perhitungan *Reduce Speed* sebagai berikut :

$$\text{Reduce Speed Losses} = \frac{25577 - (0,09 \times 250.123)}{34.058} \times 100\% = 8,26\%$$

Dengan perhitungan di atas maka diperoleh presentase *Reduce Speed* yang dapat dilihat pada tabel 11

TABEL XI
REDUCE SPEED LOSSES

Bulan	<i>Processed Amount (Unit)</i>	<i>Operation Time (Menit)</i>	<i>Ideal Cycle Time (Menit/Unit)</i>	<i>Loading Time (Menit)</i>	<i>Reduced Speed (%)</i>
Januari 2018	250123	25577	0.09	34058	8.26
Februari 2018	308706	34692	0.11	41760	3.45
Maret 2018	251555	25757	0.09	35937	11.20
April 2018	338843	40728	0.12	42961	0.28
Mei 2018	314038	40367	0.13	42668	0.31
Juni 2018	273513	36592	0.13	38880	0.37
Juli 2018	305439	41500	0.14	43130	0.15
Agustus 2018	263726	37392	0.14	38880	0.15
September 2018	318780	42329	0.13	44289	0.20
Oktober 2018	232286	27106	0.12	28659	0.31
November 2018	314038	36799	0.11	42578	2.13
Desember 2018	287903	37014	0.13	40294	0.72
		Rata-rata			2,29

3. Perhitungan Defect Losses

- a. *Rework Losses* merupakan produk yang tidak memenuhi spesifikasi kualitas walaupun masih dapat diperbaiki atau dikerjakan ulang. Untuk mengetahui presentasinya maka digunakan data pada tabel 2, 3 dan 5 serta rumus sebagai berikut :

$$Rework Losses = \frac{Ideal Cycle Time \times Rework Time}{Loading Time} \times 100\%$$

$$Rework Losses = \frac{0,09 \times 2043,48}{34.058} \times 100\% = 0,55\%$$

TABEL XII
REWORK LOSSES

Bulan	<i>Loading Time</i>	<i>Ideal Cycle Time</i>	<i>Rework Time</i>	<i>Rework Losses</i>
Januari 2018	34058	0.09	2043.48	0.55
Februari 2018	41760	0.11	2505.6	0.65
Maret 2018	35937	0.09	2156.22	0.52
April 2018	42961	0.12	2577.66	0.72
Mei 2018	42668	0.13	2560.08	0.77
Juni 2018	38880	0.13	2332.8	0.80
Juli 2018	43130	0.14	2587.8	0.81
Agustus 2018	38880	0.14	2332.8	0.85
September 2018	44289	0.13	2657.34	0.79
Oktober 2018	28659	0.12	1719.54	0.70
November 2018	42578	0.11	2554.68	0.69
Desember 2018	40294	0.13	2417.64	0.77

- b. *Yield Losses* merupakan kerugian yang timbul selama proses produksi belum mencapai keadaan produksi yang stabil pada saat awal mulai dilakukan sampai tercapainya kondisi stabil. Untuk mengetahui presentase *Reduce Yield*, digunakan rumus sebagai berikut :

$$Reduce Yield = \frac{Ideal Cycle Time \times Defect Amount}{Loading Time} \times 100\%$$

$$Reduce Yield = \frac{0,09 \times 15007,38}{34.058} \times 100\% = 4,01\%$$

TABEL XIII
REDUCE YIELD

Bulan	Loading Time (Jam)	Ideal Cycle Time (Jam/Unit)	Defect Amount (Unit)	Reduce Yield (%)
Januari 2018	34058	0.09	15007.38	4.01
Februari 2018	41760	0.11	27783.54	7.17
Maret 2018	35937	0.09	12577.75	3.02
April 2018	42961	0.12	23719.01	6.62
Mei 2018	42668	0.13	25123.04	7.54
Juni 2018	38880	0.13	21881.04	7.50
Juli 2018	43130	0.14	18326.34	5.76
Agustus 2018	38880	0.14	18460.82	6.72
September 2018	44289	0.13	22314.60	6.68
Oktober 2018	28659	0.12	11614.30	4.71
November 2018	42578	0.11	15701.90	4.21
Desember 2018	40294	0.13	25911.27	8.20
Rata-rata				6,01

Perhitungan *Modularity Design*

TABEL XIV
HASIL PERHITUNGAN BIAYA TENAGA KERJA PER JAM

Nama	Jumlah karyawan	Gaji per jam (Rupiah)	Jumlah (Rupiah)
Operator	2	24.154,35	48.308,7
Mekanik	2	24.154,35	48.308,7

Biaya perawatan dihitung berdasarkan pada biaya langsung yaitu biaya tenaga kerja perawatan langsung, biaya masing-masing komponen dan biaya tak langsung yaitu biaya konsekuensi operasional untuk memperoleh biaya kerugian dan biaya perbaikan total. Biaya perawatan merupakan penjumlahan kumulatif antara biaya kegagalan dan biaya perawatan sehingga untuk data berdistribusi Weibull, maka biaya total adalah

TABEL XV
BIAYA PERAWATAN USULAN BERDASARKAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN

Modul	Shape	Scale	TM (jam)	TC Usulan (Rp/jam)	TC Usulan (Rp/tahun)
Modul 1	2.00682	17005.8	649.11	38,477.85	23,279,099.46
Modul 2	2.3689	18924.0	1108.29	42,982.25	49,708,969.51
Modul 3	3.34273	18656.2	2449.52	17,789.33	12,792,306.33
Modul 4	4.63321	16956.7	3319.32	13,122.94	10,892,040.82
Modul 5	2.29098	10171.3	554.08	57,515.06	47,892,786.73
Modul 6	1.93201	8266.2	295.06	63,684.45	32,211,594.04
Modul 7	3.01175	15335.6	1539.32	39,951.20	63,106,911.37
Modul 8	3.06859	10296.6	1038.10	14,765.30	5,832,292.97
Modul 9	2.48938	10628.6	740.35	27,672.56	14,362,056.12
Modul 10	2.76638	6974.1	558.19	21,710.95	9,969,669.98
Modul 11	3.71828	14869.7	2340.51	9,588.65	4,648,578.36
Total				347,260.53	274,696,305.68

Berdasarkan hasil perhitungan maka selanjutnya dapat dihitung perbandingan total biaya perawatan selama periode Januari 2018–Desember 2018 sebagai berikut:

TABEL XIV
HASIL PERBANDINGAN TC USULAN DAN TC PERUSAHAAN

TC Usulan	TC Perusahaan	Efisiensi
Rp 274.696.305,68	Rp 374.982.723.00	26,74%

Diketahui perbandingan antara TC usulan dan TC perusahaan, dimana biaya yang dikeluarkan oleh TC usulan lebih sedikit dibandingkan dengan biaya pada TC perusahaan di tiap tahunnya yang berarti metode usulan dapat diterima

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data didapatkan interval perawatan mesin ekstruder untuk tiap-tiap modul yaitu sebesar 649,11 jam untuk modul 1; 1108,29 jam untuk modul 2; 2449,52 jam untuk modul 3; 3319,32 jam untuk modul 4; 554,08 jam untuk modul 5; 295,06 jam untuk modul 6; 1539,32 jam untuk modul 7; 1038,10 jam untuk modul 8; 740,35 jam

untuk modul 9; 558,19 untuk modul 10; dan 2340,51 jam untuk modul 11.

Dari Hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Modularity design* didapatkan kesimpulan bahwa Total biaya perawatan yang diusulkan dapat diterima dengan nilai Total Biaya Perawatan sebesar Rp 274.696.305,68 yang lebih kecil nilainya dibandingkan dengan Total Biaya Perawatan Perusahaan sebesar Rp 374.982.723. Dengan nilai efisiensi sebesar 26,74%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Turki, U. 2011. A Framework for Strategic Planning in Maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 17, No. 2, pp. 150-162
- Ansori, Nachrul dan M. Imron Mustajib. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2013
- Bakti, Candra Setia. (2015). *Analisa Produktivitas Sistem Perawatan Mesin dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT. MAS. STT YUPPEN TEK*
- Djunaidi, Much., Sufa, Mila Faila. (2007). Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Pencetak Botol (Mould Gear) Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime. *JURNAL TEKNIK GELAGAR*, Vol. 18, No. 01, April 2007 : 33 – 41. Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill International Edition
- Ernawati, D., E. Pudji, Y. Ngatilah, R. Handoyo. (2017). *Modularity Design Approach for Preventive Machine Maintenance*. Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
- Ernawati, D., Dwi Sukma D, Endang Pudji. (2018). *The Impact of Modularization Strategy and Life Cycle Design Concept to Increase Product Variety and Reduce Environmental Burden*. Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
- Hariyanto, Rahayuningsih S., dan Santoso H. B. (2017). *Analisa Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design Pada PT. Surya Pamenang*. JATI UNIK, 2017, Vol. 1, No. 1, Hal. 24-29, Jurusan Teknik Industri Universitas Kadir
- John X, Wang. 2011. *Lean Manufacturing Business Bottom-Line Based*. CRC Press Taylor & Francis Group, USA
- Kholil, M., dan Mulya, R. (2013). *Perhitungan OEE (Overall Equipment Effectiveness) Pada Mesin Trupunch V 5000 I Menuju Total Productive Maintenance (TPM)*. Program Studi Teknik Industri Universitas Mercubuana, Jakarta. *Jurnal Skripsi*
- Kurniawan, Fajar. (2013). *Manajemen Perawatan Industri Teknik dan Aplikasi*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2013
- Nakajima, Seiichi. 1988. *Introduction to TPM : Total Productive Maintenance*
- Renaldi, dan Hidayat, T.B. (2016). *Analisis Efektivitas Pada Mesin Tenun Di PT. KUMATEX Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Program Studi Teknik Industri-Fakultas Teknik Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta
- Rochim, Abdur. (2015). *Penentuan Interval Waktu Optimum Penggantian Pisau Cane Cutter Pada Mesin Cane Cutter Dengan Pendekatan Reliability di PT. Perkebunan Nusantara X (Persero) PG. Kremboong*. . JTM. Volume 01 Nomor 01 Tahun 2015, 107-111. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
- Shirose, K. 1992. *TPM For Operators*. Portland: Productivity Press
- Smith, Robert Joseph. 2009. *The Impact of Modular Design on Product Use and Maintenance*. Georgia Institute of Technology
- Subiyanto. (2014). *Analisis Efektifitas Mesin/Alat Pabrik Gula Menggunakan Metode Overall Equipments Effectiveness*. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 16, No. 1, Juni 2014, 41-50
- Sudrajat, Ating. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Refika Aditama, Bandung, 2011
- Tarigan, P., Ginting E., dan Siregar, I. (2013). *Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada PT. RXZ*. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU* Vol 3, No. 3, Oktober 2013 pp. 35-39. Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
- Ulrich, K., & Tung, K. (1991). *Fundamentals of Product Modularity*. Paper presented at the Issues in Design/Manufacture Integration.
- Witjaksono, Arief dan Soepangkat, Bobby Oedy P. (2016). *Penentuan Interval Waktu Perawatan Pencegahan Pada Peralatan di Medium Pressure Gas Compression Area (MPGCA) di PT. TEXI Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo*. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIV*. Program Studi MMT-ITS
- Witonohadi, A., Amran T. G., dan Herawati, N. (2011). *Usulan Perawatan Mesin Secara Preventif Dengan Pendekatan Modularisasi Desain Pada PT. BAI*. Vol. 03 (01). Pp 1-9. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti