

PENGUKURAN PERFORMANSI SISTEM PRODUKSI MENGGUNAKAN
OVERALL THROUGHPUT EFFECTIVENESS (OTE)

(Studi Kasus: PT. Tani Gemilang Desa Kerjen Kecamatan Srengat Kabupaten Blitar)

PRODUCTION SYSTEM PERFORMANCE MEASUREMENT USING OVERALL
THROUGHPUT EFFECTIVENESS (OTE)

(Case Study: PT. Tani Gemilang Kerjen Village Srengat Subdistrict Blitar Regency)

Haidar Luthfi Syaifudin¹, Oyong Novareza², Remba Yanuar Efranto³

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: haidar.srk11@gmail.com¹, novareza@yahoo.com², remba@ub.ac.id³

Abstrak

Metode OTE digunakan untuk mengukur efektivitas sistem produksi yang terdiri dari beberapa mesin. PT. Tani Gemilang merupakan perusahaan yang memproduksi pupuk organik berbentuk granul dengan nama Petroganik. Proses produksi pupuk melalui empat tahapan proses permesinan yang berurutan yaitu pencampuran, granulasi, pengeringan, dan pengayakan. Pada proses produksi sering dijumpai masalah berupa tingginya downtime mesin. Permasalahan lain yang ada pada PT. Tani Gemilang adalah tingginya produk defect. Perusahaan ingin meningkatkan performansi sistem produksinya, namun pada perusahaan belum ada pengukuran performansi sistem produksi pada tingkat pabrik. Oleh karena itu perlu adanya pengukuran untuk mengetahui efektivitas sistem produksi serta meningkatkannya. Untuk mengukur efektivitas sistem produksi digunakan metode Overall Throughput Effectiveness (OTE) dan penjadwalan perbaikan mesin secara preventif (Preventive Maintenance) untuk dapat meningkatkan efektivitasnya. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh rata-rata nilai OTE pada bulan Juni-Agustus tahun 2014 adalah 32,7%. Komponen kritis yang dijadwalkan perbaikan preventifnya adalah fins dan blade. Hasil perhitungan MTTF dan MTTR menggunakan persamaan distribusi weibull dan distribusi Normal, diperoleh interval penggantian komponen yaitu 1079,071 jam untuk fins dan 1056,884 jam untuk blade. Rekomendasi yang diberikan adalah pembuatan jadwal preventive maintenance berdasarkan interval waktu penggantian komponen kritis sehingga estimasi efektivitas akan meningkat menjadi 46,1%.

Kata kunci: PT. Tani Gemilang, efektivitas, OEE, OTE, Preventive Maintenance

1. Pendahuluan

Saat ini peningkatan produktivitas adalah tantangan terbesar bagi perusahaan untuk dapat tetap bersaing. Untuk dapat meningkatkan produktivitas, diperlukan suatu sistem produksi yang beroperasi secara efisien dan efektif. Menurut Lazim dan Ramayah (2010) untuk beroperasi secara efisien dan efektif, perusahaan perlu memastikan bahwa tidak terdapat gangguan produksi yang disebabkan oleh kerusakan, pemberhentian, dan kegagalan mesin. Salah satu upaya untuk menjaga kestabilan produksi adalah melakukan pemeliharaan mesin/peralatan. Sudrajat (2011) mendefinisikan pemeliharaan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai.

Pupuk organik merupakan jenis pupuk yang banyak disubsidi untuk rakyat dan banyak

digunakan oleh petani. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi harus selalu dalam kondisi baik agar target tersebut terpenuhi. Namun, pada lantai produksi sering dijumpai hambatan proses produksi yang disebabkan oleh pemberhentian mesin produksi secara tiba-tiba karena kerusakan mesin.

Downtime per-bulan pada lantai produksi selama bulan Januari hingga Agustus tahun 2014 yang totalnya mencapai 632,5 jam. Berdasarkan informasi dari bagian pemeliharaan, perusahaan ini belum pernah melakukan pengukuran performansi produksi di lantai produksi terkait. Untuk mendukung kelancaran proses produksinya, saat ini perusahaan menerapkan sistem pemeliharaan *corrective maintenance*. Namun pada kenyataannya proses produksi sering terhambat akibat terjadinya kerusakan mesin.

Permasalahan lain yang ada pada PT.

Tani Gemilang adalah produk *defect* pada lantai produksi selama bulan Mei hingga Agustus 2014 mencapai 320.917 kg dari total produksi sejumlah 1.059.177 kg. Hal ini menyebabkan *available time* untuk proses produksi menjadi berkurang karena produk *defect* yang dihasilkan tersebut harus diproses kembali agar menjadi produk pupuk yang sesuai standar. Proses *rework* ini mengakibatkan kerugian karena jumlah pupuk yang dihasilkan menjadi berkurang.

Perusahaan ingin meningkatkan performansi sistem produksinya, namun pada perusahaan belum ada pengukuran performansi sistem produksi pada tingkat pabrik. Saat ini berkembang konsep *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk menilai efektivitas dari sebuah mesin produksi. Konsep OEE ini dijadikan acuan produktivitas dan performansi peralatan yang digunakan dalam melakukan kegiatan produksi. Scott dan Pisa (1998) mengungkapkan bahwa OEE tidaklah cukup untuk mengukur performansi produksi pada tingkat pabrik. Muncul konsep *Overall Throughput Effectiveness* (OTE) sebagai pengembangan OEE untuk mengukur efektivitas dari sistem produksi. Pada konsep OTE ini suatu sistem dipandang sebagai suatu kesatuan subsistem. Dengan adanya pengukuran performansi ini perusahaan akan mempunyai acuan untuk dapat meningkatkan efektivitas sistem produksi.

Peningkatan performansi produksi dapat dilakukan melalui penerapan *preventive maintenance* (Hardiansyah, 2012). *Corrective maintenance* yang saat ini diterapkan oleh perusahaan masih mengakibatkan *downtime* yang tinggi. Dengan menerapkan *preventive maintenance* maka kerusakan mesin dapat dicegah sehingga *availability* mesin dan efektivitas sistem produksi juga meningkat. Penelitian ini berfokus pada *availability* yang menjadi dasar yang perlu diperhatikan pada pengukuran performansi karena sistem produksi yang ada pada perusahaan merupakan *flowshop* dan termasuk subsistem seri. Jika satu mesin rusak maka mesin yang lain tidak dapat melakukan aktivitas produksinya. Oleh karena itu diperlukan suatu pengukuran efektivitas pada lantai produksi untuk dapat meningkatkan *availability* dan efektivitas sistem produksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian

deskriptif, yaitu penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi pada saat sekarang (Sujana dan Ibrahim, 1989). Penelitian deskriptif memusatkan perhatian kepada pemecahan masalah-masalah aktual sebagaimana adanya pada saat penelitian dilaksanakan. Penelitian deskriptif lebih berfungsi untuk pemecahan praktis dari pada pengembangan ilmu pengetahuan.

2.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data *downtime* mesin dan data jam kerja mesin yang digunakan untuk mencari nilai *availability rate* serta *performance rate*. Selain itu data produksi pupuk juga dibutuhkan untuk menghitung *performance rate*. Data *defect* pupuk dibutuhkan untuk menghitung nilai *rate of quality* produk. Data yang dikumpulkan untuk pengolahan data disajikan pada Tabel 1.

2.2 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data yang dilakukan adalah menghitung nilai *availability rate*, *performance rate*, dan *rate of quality product* yang digunakan untuk mencari nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Setelah diketahui nilai OEE pada semua mesin kemudian dianalisa dan dihitung nilai *Overall Throughput Effectiveness* (OTE) untuk mengetahui mesin yang menjadi *bottleneck*. Setelah itu dipilih komponen kritis pada mesin dan peralatan yang akan dijadwalkan perbaikan preventifnya. Komponen kritis tersebut yang akan dicari *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) nya untuk membuat jadwal perbaikan mesin secara preventif. Setelah dijadwalkan perbaikan mesin secara preventif kemudian dibandingkan efektivitas sebelum dan sesudah dilakukan penjadwalan *preventive maintenance*.

3. Hasil Penelitian

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai hasil pengolahan dan analisis data serta rekomendasi perbaikan pada lantai produksi yang diteliti.

3.1 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Overall Throughput Effectiveness (OTE)

Perhitungan OEE dihitung dengan rumus (Stephens, 2004):
 $OEE = Availability\ rate \times Performance\ rate \times$

Rate of quality product $\times 100\%$ (pers.1)

Dimana:

$$\text{Availability rate} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (\text{pers.2})$$

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Processed amount}}{\text{Ideal cycle time} \times \text{Operation time}} \times 100\% \quad (\text{pers.3})$$

$$\text{Rate Of Quality} = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100\% \quad (\text{pers.4})$$

Nilai *bottleneck indicator* dapat dicari menggunakan persamaan:

$$\text{OEE}_{(i)} \times R_{th(i)} \times \prod_{j=i+1}^n Q_{eff(j)} \quad (\text{pers.5})$$

Menurut Muthiah & Huang (2006) untuk menghitung OTE pada subsistem seri dapat dilakukan menggunakan persamaan 6

$$\frac{\min_{i=1,2,\dots,n-1} \{ \text{OEE}_{(i)} \times R_{th(i)} \times \prod_{j=i+1}^n Q_{eff(j)} \} \text{OEE}_{(n)} \times R_{th(n)}}{\min_{i=1,2,\dots,n} \{ R_{th(i)} \}} \quad (\text{pers.6})$$

Hasil perhitungan *availability rate*, *performance rate*, *rate of quality*, OEE, serta *bottleneck indicator* disajikan pada Tabel 2. Setelah diketahui nilai *bottleneck indicator* pada tiap mesin kemudian dicari nilai OTE menggunakan persamaan 6 sehingga diperoleh:
 Nilai OTE bulan Juni = $789,635/1894 = 41,7\%$
 Nilai OTE bulan Juli = $454,048/1894 = 24\%$
 Nilai OTE bulan Agustus = $617,625/1894 = 32,6\%$

Data yang dikumpulkan untuk pengolahan data disajikan pada Tabel 1. Hasil perhitungan OEE dan *bottleneck indicator* pada periode Juni-Agustus disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Pengumpulan Data OEE dan OTE

Mesin	Bulan	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Operating time (Jam)	Processed Amount (Kg)	Ideal Cycle Time (Kg/Jam)	Defect Amount (Kg)
<i>Mixer</i>	Juni	384	130	254	577.591	3.750	0
	Juli	336	147	189	291.231	3.750	0
	Agustus	320	40	280	395.430	3.750	0
<i>Pan Granulator</i>	Juni	384	130	254	583.367	2.525	0
	Juli	336	147	189	294.143	2.525	0
	Agustus	320	40	280	399.384	2.525	0
<i>Rotary Dryer</i>	Juni	384	130	254	583.367	2.330	0
	Juli	336	147	189	294.143	2.330	0
	Agustus	320	40	280	399.384	2.330	0
<i>Cooler</i>	Juni	384	130	254	420.026	1.894	116.806
	Juli	336	147	189	219.065	1.894	66.505
	Agustus	320	40	280	297.231	1.894	99.591

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

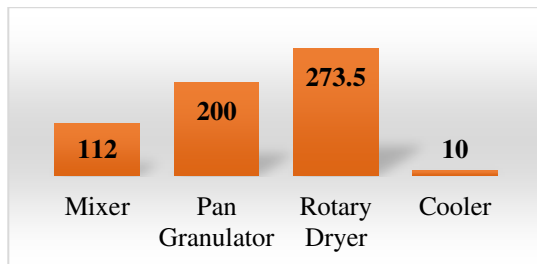
Tabel 2. Hasil Perhitungan *Availability Rate*, *Performance Rate*, *Rate of Quality*, OEE, dan *Bottleneck Indicator*

Mesin	Bulan	Availability Rate	Performance Rate	Rate of Quality	OEE	Bottleneck Indicator
<i>Mixer</i>	Juni	66,15%	60,64%	100,00%	40,11%	1.085,853
	Juli	56,25%	41,09%	100,00%	23,11%	603,623
	Agustus	87,50%	37,66%	100,00%	32,95%	821,676
<i>Pan Granulator</i>	Juni	66,15%	90,96%	100,00%	60,17%	1.096,711
	Juli	56,25%	61,64%	100,00%	34,67%	609,660
	Agustus	87,50%	56,49%	100,00%	49,43%	829,892
<i>Rotary Dryer</i>	Juni	66,15%	98,57%	100,00%	65,20%	1.096,711
	Juli	56,25%	66,79%	100,00%	37,57%	609,660
	Agustus	87,50%	61,22%	100,00%	53,57%	829,892
<i>Cooler</i>	Juni	66,15%	87,32%	72,19%	41,70%	789,635
	Juli	56,25%	61,21%	69,64%	23,98%	454,048
	Agustus	87,50%	56,05%	66,49%	32,61%	617,625

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

3.2 Pemilihan Komponen Kritis

Dalam penulisan penelitian ini, penulis meneliti waktu kerusakan pada mesin periode Januari hingga Agustus 2014. Data downtime untuk semua mesin pada bulan Januari – Agustus 2014 disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Downtime semua mesin bulan Januari – Agustus tahun 2014

Dari Gambar 1 dapat diketahui downtime tertinggi yaitu mesin rotary dryer selama 273,5 jam, kemudian mesin pan granulator selama 200 jam, mesin mixer selama 112 jam, dan mesin cooler 10 jam. Dari data kerusakan mesin tersebut akan dianalisis komponen yang memiliki downtime tertinggi pada tiap mesin, setelah itu akan dipilih komponen kritis yang akan dijadwalkan perbaikan preventifnya.

1. Mesin Rotary Dryer

Komponen yang memiliki downtime tertinggi adalah fins/sirip dengan kerusakan 161 jam. Komponen lain yang mengalami kerusakan selain fins adalah burner/kompur selama 94 jam dan bearing selama 18,5 jam. Untuk komponen burner perusahaan menyatakan bahwa penyebab kerusakan adalah karena penggantian mekanisme yang awalnya menggunakan bahan bakar batu bara diganti menggunakan gas. Dan saat ini komponen burner sudah diganti dengan yang baru serta menggunakan bahan baku batu bara. Sedangkan untuk bearing sudah ada lifetime dari produsen sehingga bisa diperkirakan waktu kerusakannya.

2. Mesin Pan Granulator

Komponen yang memiliki downtime tertinggi pada mesin pan granulator adalah plate dengan downtime 122 jam. Komponen lain yang mengalami kerusakan adalah bearing selama 22 jam dan motor penggerak selama 56 jam. Plate adalah komponen yang berfungsi sebagai wadah tempat bahan baku yang akan diputar atau digerakkan oleh motor. Namun selama pabrik ini beroperasi sejak tahun 2009 komponen ini baru mengalami kerusakan 2 kali pada masing –

masing plate. Sementara kerusakan pada motor penggerak lebih sering disebabkan karena suatu kecelakaan.

3. Mesin Mixer

Komponen yang memiliki downtime tertinggi pada mesin mixer adalah blade/pisau dengan downtime selama 80 jam. Komponen lain yang mengalami kerusakan adalah bearing selama 16 jam dan motor penggerak selama 16 jam.

4. Mesin Cooler

Komponen yang pernah mengalami kerusakan pada mesin cooler adalah filter/ayakan dengan downtime selama 10 jam. Perusahaan menyatakan bahwa penyebab dari rusaknya ayakan itu sendiri bukan berasal dari bahan baku atau pupuk melainkan tertusuk oleh benda lain, sehingga tidak perlu dijadwalkan perbaikan preventifnya. Dari hasil diskusi dengan pihak perusahaan maka komponen kritis yang akan dijadwalkan perbaikan preventifnya adalah fins dan blade.

3.3 Penentuan Interval Waktu Perbaikan Komponen Kritis

Untuk menjadwalkan perbaikan secara preventif terhadap fins dan blade maka perlu dicari selisih nilai mean time to failure (MTTF) dan nilai mean time to repair (MTTR). Nilai MTTF dan MTTR diperoleh setelah diketahui distribusi yang sesuai dari data kerusakan. Pada Tabel 3 dan Tabel 4 disajikan data TTF dan TTR komponen kritis.

Tabel 3. Kerusakan Fins

Tanggal	TTR(Jam)	TTF(Jam)
13 September 2012	72	
04 Maret 2013	88	1.440
23 September 2013	93	1.504
02 Januari 2014	80	992
14 Mei 2014	81	640

Tabel 4. Kerusakan Blade

Tanggal	TTR(Jam)	TTF(Jam)
06 Juli 2012	54	
21 November 2012	56	1.084
26 April 2013	44	1.168
07 September 2013	48	1.216
10 Januari 2014	32	1.136
4 Juli 2014	48	940

3.3.1 Perhitungan Index of Fit dan Pendugaan Parameter Distribusi TTF

Perhitungan *index of fit* (r) dilakukan untuk mengetahui jenis distribusi yang dipakai dari data *time to failure*. Dari distribusi yang dipakai, dapat diketahui rumus mana yang akan digunakan untuk melakukan perhitungan *mean time to failure* (MTTF). Ada 4 distribusi yang akan dipakai dalam mencari nilai *index of fit* (r), yaitu distribusi *Weibull* dengan persamaan:

$$r_{\text{weibull}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (\text{pers.7})$$

Normal dengan persamaan:

$$r_{\text{normal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}} \quad (\text{pers.8})$$

Lognormal dengan persamaan:

$$r_{\text{lognormal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}} \quad (\text{pers.9})$$

Exponential dengan persamaan:

$$r_{\text{eksponensial}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (\text{pers.10})$$

Sehingga diperoleh ringkasan nilai *index of fit* (r) komponen *fins* hasil keempat distribusi di atas adalah

$$r_{\text{weibull}} = 0,9745 \text{ (paling besar)}$$

$$r_{\text{normal}} = 0,9599$$

$$r_{\text{lognormal}} = 0,9499$$

$$r_{\text{eksponensial}} = 0,8859$$

Karena distribusi *weibull* yang paling tinggi sehingga parameter yang digunakan adalah β dan θ .

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (\text{pers.11})$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \quad (\text{pers.12})$$

Berdasarkan persamaan 11 dan 12 diperoleh nilai $\beta=2,472126$ dan nilai $\theta=1313,7239$.

Sedangkan untuk komponen *blade* nilai *index of fit* (r) hasil keempat distribusi di atas adalah

$$r_{\text{weibull}} = 0,9775 \text{ (paling besar)}$$

$$r_{\text{normal}} = 0,9570$$

$$r_{\text{lognormal}} = 0,9456$$

$$r_{\text{eksponensial}} = 0,8581$$

Karena distribusi *weibull* yang paling tinggi sehingga parameter yang digunakan adalah β dan θ . Berdasarkan persamaan 11 dan

12 diperoleh nilai $\beta=10,2024$ dan nilai $\theta=1158,9745$.

3.3.2 Uji Kesesuaian (Goodness of Fit Test) Distribusi Data TTF

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui apakah data kerusakan membentuk suatu distribusi tertentu. Pengujian ini dilakukan berdasarkan nilai *index of fit* yang terbesar. Kemudian membandingkan antara hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa data kerusakan mengikuti distribusi pilihan dan hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi terpilih.

1. Uji kesesuaian distribusi data TTF *fins*

Karena nilai *index of fit* yang terbesar pada distribusi *Weibull*, maka pengujian yang dilakukan dengan menggunakan uji *Mann*

H_0 = Data berdistribusi *Weibull*

H_1 = Data tidak berdistribusi *Weibull*

$\alpha = 0.05 \rightarrow M_{\text{tabel}} = 200$

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[\frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[\frac{((\ln t_{i+1} - \ln t_i))}{M_i} \right]} \quad (\text{pers.13})$$

Dengan menggunakan persamaan 13 diperoleh nilai $M_{\text{hitung}} = 0,4594$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa $M_{\text{hitung}} < M_{\text{tabel}} \rightarrow 0,4594 < 200$ sehingga H_0 diterima yang artinya data TTF pada komponen *fins* berdistribusi *Weibull*.

2. Uji kesesuaian distribusi data TTF *blade*

Karena nilai *index of fit* yang terbesar pada distribusi *Weibull*, maka pengujian yang dilakukan dengan menggunakan uji *Mann*

H_0 = Data berdistribusi *Weibull*

H_1 = Data tidak berdistribusi *Weibull*

$\alpha = 0.05 \rightarrow M_{\text{tabel}} = 19,2$

Dengan menggunakan persamaan 13 diperoleh nilai $M_{\text{hitung}} = 0,4721$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa $M_{\text{hitung}} < M_{\text{tabel}} \rightarrow 0,4721 < 19,2$ sehingga H_0 diterima yang artinya data TTF pada komponen *blade* berdistribusi *Weibull*.

3.3.3 Perhitungan Nilai MTTF

Setelah uji kesesuaian distribusi data melalui *goodness of fit test*, maka langkah selanjutnya perhitungan MTTF berdasarkan rumus distribusi sesuai dengan parameter yang telah ada.

1. Perhitungan nilai MTTF komponen *fins*

Distribusi yang terbentuk adalah *Weibull*, maka parameter yang digunakan adalah β dan θ .

$$MTTF = MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

(pers.14)

Dengan menggunakan persamaan 14 diperoleh nilai $MTTF = 1165,615$

- Perhitungan nilai $MTTF$ komponen *blade*
Distribusi yang terbentuk adalah *Weibull*, maka parameter yang digunakan adalah β dan θ . Dengan menggunakan persamaan 14 diperoleh nilai $MTTF = 1102,799$

3.3.4 Perhitungan Index of Fit dan Pendugaan Parameter Distribusi TTR

Dengan menggunakan persamaan 7, 8, 9, 10 diperoleh nilai *index of fit* komponen *pins* hasil keempat distribusi di atas:

$$r_{\text{weibull}} = 0,984$$

$$r_{\text{normal}} = 0,987 \text{ (paling besar)}$$

$$r_{\text{lognormal}} = 0,985$$

$$r_{\text{eksponensial}} = 0,952$$

Berdasarkan hasil ringkasan di atas, terlihat bahwa nilai *index of fit* (r) yang terbesar adalah distribusi *Normal*, maka parameter yang digunakan adalah μ dan σ .

Sedangkan untuk komponen *blade* nilai *index of fit* (r) hasil keempat distribusi di atas adalah:

$$r_{\text{weibull}} = 0,9601 \text{ (paling besar)}$$

$$r_{\text{normal}} = 0,9486$$

$$r_{\text{lognormal}} = 0,9226$$

$$r_{\text{eksponensial}} = 0,8440$$

Berdasarkan hasil ringkasan di atas, terlihat bahwa nilai *index of fit* (r) yang terbesar adalah dengan menggunakan distribusi *Weibull*, maka parameter yang digunakan adalah β dan θ .

Menggunakan persamaan 11 dan 12 diperoleh nilai $\beta=5,0696$ dan nilai $\theta=50,007$.

3.3.5 Uji Kesesuaian (Goodness of Fit Test) Distribusi Data TTR

- Uji kesesuaian distribusi data TTR *pins*
Karena nilai *index of fit* yang terbesar berdistribusi *Normal*, maka pengujian yang dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* (perhitungan manual).

H_0 = Data berdistribusi *Normal*

H_1 = Data tidak berdistribusi *Normal*

$$\alpha = 0.05 \rightarrow D_{\text{kritis}} = 0,337$$

$$D_n = \max\{D_1, D_2\} \quad \text{(pers.15)}$$

$$D_1 = \max_{1 < i < n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\} \quad \text{(pers.16)}$$

$$D_2 = \max_{1 < i < n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad \text{(pers.17)}$$

Berdasarkan persamaan 15 diperoleh nilai D_n adalah 0,1783. Dari hasil perhitungan

terlihat bahwa $D_n < D_{\text{kritis}} \rightarrow 0,1783 < 0,337$ sehingga H_0 diterima artinya data waktu TTR pada komponen *pins* berdistribusi *Normal*.

- Uji kesesuaian distribusi data TTR *blade*
Karena nilai *index of fit* yang terbesar pada distribusi *Weibull*, maka pengujian yang dilakukan dengan menggunakan uji *Mann*
 H_0 = Data berdistribusi *Weibull*
 H_1 = Data tidak berdistribusi *Weibull*
 $\alpha = 0.05 \rightarrow M_{\text{tabel}} = 19,2$
Dengan menggunakan persamaan 13 diperoleh nilai $M_{\text{hitung}} = 1,1256$
Dari hasil perhitungan terlihat bahwa $M_{\text{hitung}} < M_{\text{tabel}} \rightarrow 1,1256 < 19,2$ sehingga H_0 diterima yang artinya data TTF pada komponen *blade* berdistribusi *Weibull*.

3.3.6 Perhitungan Nilai MTTR

Setelah uji kesesuaian distribusi data melalui *goodness of fit test*, maka langkah selanjutnya perhitungan $MTTF$ berdasarkan rumus distribusi sesuai dengan parameter yang telah ada.

- Perhitungan nilai $MTTF$ komponen *pins*
Distribusi yang terbentuk adalah *Normal*, maka parameter yang digunakan adalah μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi) dimana nilai $\mu = t_{\text{med}}$ dan $\sigma = s$.

$$MTTR = t_{\text{med}} e^{\frac{s^2}{2}} \quad \text{(pers.18)}$$

Dengan menggunakan persamaan 18 diperoleh nilai $MTTR = 86,5432$.

- Perhitungan nilai $MTTF$ komponen *blade*
Distribusi yang terbentuk adalah *Weibull*, maka parameter yang digunakan adalah β dan θ . Dengan menggunakan persamaan 14 diperoleh nilai $MTTR = 45,915$.

3.3.7 Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis

Periode perawatan pencegahan didapatkan melalui selisih antara nilai $MTTF$ dengan nilai $MTTR$.

- Untuk komponen *pins*
Periode Perawatan = $MTTF - MTTR$
Periode Perawatan = 1079,071 jam
Jadi, untuk setiap 1079,071 jam operasional komponen kritis akan perlu dilakukan tindakan perawatan pencegahan berupa penggantian.
- Untuk komponen *blade*
Periode Perawatan = $MTTF - MTTR$
Periode Perawatan = 1056,884 jam
Jadi, untuk setiap 1056,884 jam operasional

komponen kritis akan perlu dilakukan penggantian.

3.4 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap nilai *availability rate*, *performance rate*, *rate of quality*, OEE, OTE. Berikut adalah pembahasan dari tiap-tiap nilai tersebut.

3.4.1 Analisis Availability Rate

Semua mesin menunjukkan nilai yang sama yaitu 69,97%. Nilai tersebut berada jauh dibawah standard *World Class* OEE untuk *availability rate* yaitu sebesar 90%. Nilai *availability rate* yang rendah tersebut disebabkan oleh tingginya *downtime* pada perusahaan. *Downtime* tersebut disebabkan oleh kerusakan mesin serta tidak adanya bahan baku. *Availability rate* suatu mesin dipengaruhi oleh *scheduled* dan *unscheduled downtime*. Pada sistem yang berfungsi dengan baik *unscheduled downtime* diminimalkan, sementara *scheduled downtime* dioptimalkan (Mobley, 2008). *Planned downtime* ini dapat berupa usaha perbaikan mesin secara preventif yaitu berupa penggantian komponen, ataupun pengecekan mesin secara berkala. Sehingga agar dapat meningkatkan nilai *availability rate*, maka *planned downtime* berupa *preventive maintenance* perlu dioptimalkan.

3.4.2 Analisis Performance Rate

Mesin yang memiliki rata-rata *performance rate* terendah adalah mesin *mixer* dengan 46,46%. Sedangkan mesin yang memiliki *performance rate* tertinggi adalah mesin *rotary dryer* dengan 75,53%. Nilai *performance rate* semua mesin masih berada dibawah standard *World Class* OEE untuk *performance rate* yaitu sebesar 95%. *Performance* merupakan pengukuran dari seberapa baik mesin bekerja selama *operating time* (Iannone and Nenni, 2013). Hal ini menandakan bahwa semua mesin belum mampu bekerja secara baik sesuai dengan *operating time* yang dimiliki mesin tersebut.

Dengan merancang sistem manufaktur yang baik maka nilai *performance rate* juga akan tinggi. Hal ini dapat dilakukan dengan perancangan *layout* yang baik, dengan membuat mesin-mesin yang dipakai mempunyai kecepatan ideal produksi yang sama atau hampir sama. Dengan kecepatan ideal suatu mesin yang sama atau hampir sama maka *idling* antar peralatan menjadi tidak ada atau sangat rendah sehingga mesin dapat menghasilkan

jumlah produk yang sesuai dengan waktu operasi yang ditentukan.

3.4.3 Analisis Rate of Quality

Mesin yang memiliki rata-rata *rate of quality* terendah adalah mesin *cooler* dengan 69,44%. Nilai *rate of quality* mesin *cooler* masih berada dibawah standard *World Class* OEE untuk *rate of quality* yaitu sebesar 99,9%. Sedangkan mesin yang lain memiliki *rate of quality* yang sama yaitu 100%. Hal ini dapat terjadi karena jenis *defect* yang hanya bisa diidentifikasi pada proses pengayakan menggunakan mesin *cooler*. Sehingga diasumsikan tidak terdapat *defect* pada proses dan mesin sebelumnya. Produk yang dikategorikan produk *defect* pada proses pembuatan pupuk adalah butiran yang terlalu besar (*oversize*) atau terlalu kecil (*undersize*).

3.4.4 Analisis OEE dan OTE

Mesin yang memiliki rata-rata tertinggi adalah mesin *rotary dryer* kemudian mesin *pan granulator*, mesin *cooler*, dan yang terendah adalah mesin *mixer*. Secara keseluruhan nilai OEE pada rantai produksi perusahaan masih jauh dibawah standar *World Class* OEE yaitu sebesar 85%. Komposisi dari nilai tersebut adalah *availability rate* sebesar 90%, *performance rate* sebesar 95%, dan *rate of quality* sebesar 99,9% (www.oee.com). Nilai OEE yang rendah pada semua mesin secara umum disebabkan oleh rendahnya nilai *availability rate*.

Jika OEE mengukur efektivitas produksi pada satu mesin maka OTE mengukur efektivitas sistem produksi secara keseluruhan. Dari hasil perhitungan OTE diperoleh nilai rata-rata sebesar 32,7%. OTE sangat baik dalam menilai kinerja sistem produksi perusahaan karena dalam mendapatkan nilai OTE dilakukan perhitungan beberapa parameter pengukuran efektivitas seperti *availability rate*, *performance rate*, dan *rate of quality*, dan OEE. Dengan demikian OTE lebih representatif dalam mencerminkan efektivitas sistem produksi secara keseluruhan. Nilai OTE yang rendah dipengaruhi oleh nilai OEE, sementara nilai OEE dipengaruhi oleh nilai *availability rate*, *performance rate*, dan *rate of quality*.

Manfaat dari pengukuran performansi dengan OTE adalah dapat digunakan untuk menghitung nilai *bottleneck indicator*. *Bottleneck indicator* dapat dijadikan sebagai acuan dalam menemukan stasiun yang

merupakan *bottleneck* sistem. Mesin *cooler* merupakan mesin yang memiliki nilai *bottleneck indicator* yang paling kecil dibandingkan mesin lainnya. Hal ini menandakan mesin *cooler* merupakan mesin dengan *work in process* (WIP) paling besar dalam sistem produksi, sehingga terdapat banyak WIP yang menumpuk pada mesin *cooler* untuk menunggu diproses. *Bottleneck* pada proses pendinginan akan berdampak pada proses lain karena harus menunggu mesin *cooler* selesai memproses produk sehingga mengalami keterlambatan. Keuntungan OTE dan *bottleneck indicator* adalah mesin *bottleneck* dapat diidentifikasi dan dijadikan fokus perbaikan bagi pihak perusahaan, dengan demikian perusahaan akan terhindar dari perbaikan performansi yang tidak perlu pada mesin yang lain. Perbaikan performansi mesin *cooler* dapat dilakukan dengan menambah kapasitas produksi dari mesin *cooler* sehingga kecepatan untuk memproduksi bertambah.

Meskipun mesin *mixer* memiliki efektivitas yang lebih rendah dibandingkan mesin *cooler* namun mesin *cooler* yang menjadi *bottleneck* sistem. Hal ini menandakan nilai performansi yang tinggi pada mesin tidak berarti mesin tersebut bukan *bottleneck*, karena *bottleneck* mempertimbangkan faktor kecepatan ideal proses pada subsistem tersebut. Dari hasil pengukuran performansi sistem produksi didapatkan nilai efektivitas sistem produksi sebesar 32,7%. Nilai ini mencerminkan efektivitas dari sistem produksi secara keseluruhan, dan nilai ini dapat ditingkatkan lagi salah satunya dengan meningkatkan performansi mesin *bottleneck* yaitu mesin *cooler*.

Agar nilai efektivitas dapat meningkat, ada beberapa aspek yang bisa ditingkatkan baik dari segi *availability rate*, *performance rate*, maupun *rate of quality*. Pada penelitian ini akan berfokus pada peningkatan *availability rate* dengan menurunkan jumlah *downtime* mesin. Untuk *rate of quality* atau masalah yang berkaitan dengan kualitas tidak akan dibahas pada penelitian ini, karena dari pihak perusahaan menyatakan bahwa penyebab dari *defect* produk yang terjadi bukan dari segi mesin, namun dari *human error*. Sedangkan untuk penyebab rendahnya nilai *performance rate* tidak hanya dipengaruhi *downtime* mesin saja namun juga perancangan sistem manufaktur.

Untuk menyelesaikan permasalahan pada

perusahaan amatan, peneliti akan membuat penjadwalan perbaikan mesin secara preventif (*preventif maintenance*). Menurut Dhillon (2002) beberapa karakter dari pabrik yang membutuhkan program *preventive maintenance* yang baik adalah rendahnya penggunaan peralatan karena adanya kegagalan, besarnya waktu *idle* operator karena kegagalan peralatan, dan penurunan harga peralatan karena menurunnya waktu produktif peralatan akibat buruknya perbaikan.

3.5 Rekomendasi Perbaikan

Pembuatan jadwal *preventive maintenance* dianggap sesuai untuk mengatasi permasalahan perusahaan berupa rendahnya nilai efektivitas yang disebabkan oleh rendahnya *availability rate*. Penyebab rendahnya *availability rate* tersebut adalah tingginya *downtime*. Mobley (2008) menyatakan bahwa *availability rate* suatu mesin dipengaruhi oleh *scheduled* dan *unscheduled downtime*. Pada sistem yang berfungsi dengan baik *unscheduled downtime* diminimalkan, sementara *scheduled downtime* dioptimalkan. *Scheduled downtime* atau *planned downtime* adalah salah satu upaya *preventive maintenance*. Sehingga untuk meningkatkan efektivitas dapat dilakukan dengan *preventive maintenance*. Kegiatan perawatan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Kegiatan pelumasan untuk *bearing* pada semua mesin dan *conveyor* dilakukan secara rutin setiap hari untuk menjaga kelancaran mesin selama proses produksi dengan estimasi waktu ± 15 menit.
2. Kegiatan pembersihan untuk semua mesin dilakukan secara rutin setiap hari agar tidak ada debu atau kotoran yang mengganggu selama proses produksi dengan estimasi waktu ± 15 menit.
3. Kegiatan penggantian komponen *fins* dilakukan setelah 1079,071 jam ≈ 1079 jam kerja dengan estimasi waktu selama 1 hari. Pada jadwal *preventive maintenance* di lampiran, penggantian komponen *fins* dilakukan pada bulan April dan Juli.
4. Kegiatan penggantian komponen *blade* dilakukan setelah 1056,884 jam ≈ 1056 jam dengan estimasi waktu selama 1 hari. Pada jadwal *preventive maintenance* di lampiran, penggantian komponen *blade* dilakukan pada bulan April dan Juli.

5. Interval penggantian komponen jadwal *preventive maintenance* dihitung dengan cara berikut:

a. Jam kerja per hari setelah *preventive maintenance*

= Jam kerja normal per hari – (pelumasan *bearing* + pembersihan mesin)

= 16 jam – (15 menit + 15 menit)

= 15,5 jam/hari kerja

b. Interval penggantian komponen *fins*

dalam hari = $\frac{1079 \text{ jam}}{15,5 \frac{\text{jam}}{\text{hari kerja}}} \approx 69$ hari kerja

c. Interval penggantian komponen *blade*

dalam hari = $\frac{1056 \text{ jam}}{15,5 \frac{\text{jam}}{\text{hari kerja}}} \approx 68$ hari kerja

Dengan adanya penjadwalan *preventive maintenance* diharapkan mesin-mesin pada lantai produksi dapat beroperasi tanpa adanya gangguan berupa kerusakan mesin. Selain itu tujuan penerapan *preventive maintenance* menurut Stephens (2010) adalah untuk meningkatkan keandalan peralatan, dan meningkatkan produktivitas. Untuk mengetahui apakah terjadi peningkatan produktivitas maka perlu untuk melakukan pengukuran estimasi OEE dan OTE. Pada pengukuran kali ini, *availability rate* dihitung dengan menggunakan data *downtime* yang disesuaikan dengan penjadwalan *preventive maintenance* yang dicantumkan di lampiran. Sementara nilai *performance rate* dan *rate of quality* diasumsikan tetap. Sehingga pada perhitungan kali ini digunakan nilai *performance rate* dan *rate of quality* rata-rata dari hasil perhitungan sebelumnya.

Tabel 5. Estimasi Nilai OEE

Mesin	Availability Rate	Performance Rate	Rate of Quality	OEE
Mixer	96,88%	46,46%	100,00%	45,01%
Pan Granulator	96,88%	69,70%	100,00%	67,52%
Rotary Dryer	96,88%	75,53%	100,00%	73,17%
Cooler	96,88%	68,19%	69,44%	46,16%

Setelah diperoleh nilai OEE untuk setiap mesin maka dihitung nilai *bottleneck indicator* pada setiap mesin untuk mendapatkan nilai OTE. Adapun hasil perhitungan OTE pada bulan Mei tahun 2015 menggunakan nilai estimasi *availability rate* setelah penjadwalan *preventive maintenance* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Estimasi *Bottleneck Indicator*

Mesin	OEE	Ideal Cycle Time (Kg/Jam)	$\prod_{j=i+1}^n Q_{eff}$	Bottleneck Indicator
Mixer	45,01%	3.750	69,44%	1.172,131

Tabel 6. Estimasi *Bottleneck Indicator*

Mesin	OEE	Ideal Cycle Time (Kg/Jam)	$\prod_{j=i+1}^n Q_{eff}$	Bottleneck Indicator
Pan Granulator	67,52%	2.525	69,44%	1.183,853
Rotary Dryer	73,17%	2.330	69,44%	1.191,662
Cooler	46,16%	1.894	69,44%	874,081

Dari nilai *bottleneck indicator* terkecil selanjutnya dicari nilai OTE berdasarkan persamaan 6 sehingga diperoleh nilai OTE lantai produksi = $\frac{874,081}{1894} = 46,1\%$. Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai rata-rata OTE yang diperoleh dengan menggunakan *availability rate* berdasarkan penjadwalan *preventive maintenance* adalah sebesar 46,1%. Nilai tersebut naik sebesar 13,4% dari nilai OTE sebelumnya sebesar 32,7%. Meskipun masih tergolong rendah namun nilai tersebut masih dapat bertambah jika dilakukan perbaikan pada *performance rate* dan *rate of quality product*. Artinya masih perlu adanya perbaikan dari segi *performance rate* dan *rate of quality* jika perusahaan ingin mencapai standard *World Class OEE*.

4. Penutup

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah nilai efektivitas di lantai produksi pupuk Petroganik pada PT. Tani Gemilang pada bulan Juni-Agustus 2014 adalah sebesar 41,7%, 24%, dan 32,6% atau diperoleh rata-rata sebesar 32,7%. Untuk meningkatkan efektivitasnya maka dijadwalkan perawatan pada komponen kritis. Komponen kritis yang dijadwalkan perbaikan preventifnya adalah *fins* dan *blade*. Selain menjadwalkan perbaikan dua komponen tersebut, dijadwalkan juga pemberian pelumas pada *bearing* serta pembersihan pada semua mesin. Dari hasil perhitungan menggunakan distribusi yang terpilih didapatkan hasil MTTF untuk masing-masing komponen, yaitu *fins* sebesar 1165,615 jam dan komponen *blade* sebesar 1102,799 jam. Nilai MTTF ini yang akan dijadikan dasar

dalam penentuan interval penggantian komponen *fins* dan *blade*. Pada penelitian ini penjadwalan *preventive maintenance* utama berupa penggantian *fins* dan *blade* sebelum terjadi kerusakan. Sementara *preventive maintenance* rutin yang berupa pembersihan peralatan yang kotor dan pelumasan *bearing*. Dari hasil perhitungan OTE menggunakan estimasi *availability rate* yang diperoleh dari jadwal *preventive maintenance* pada bulan Mei 2015 maka diperoleh nilai sebesar 46,1%. Nilai tersebut naik sebesar 13,4% dari nilai OTE sebelumnya sebesar 32,7%.

Daftar Pustaka

- Hardyansyah, Ade, Prof. Ir. Moses L.Singgih, MSc., MRegSc, Ph.D (Pembimbing). (2012). *Perancangan Program Aplikasi untuk Mengukur Performansi Sistem Produksi dengan Metode Overall Troughput Effectiveness (OTE) dan Penjadwalan Preventive Maintenance*. S-1 Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Iannone, Raffaele & Nenni, M. Elena. (2013). Managing OEE to Optimize Factory Performance. *Intechopen Operations Management*, Chapter 2, Page: 31-50
- Lazim, H. M., & Ramayah, T. (2010). Maintenance Strategy in Malaysian Manufacturing Companies: A Total Productive Maintenance (TPM). *Approach Journal Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 11, page:387-396.
- Mobley, R. Keith. (2008). *Maintenance Engineering Handbook* (Seventh Edition). New York: McGraw-Hill.
- Muthiah, K., & Huang, S. H. 2006. A Review of Literature on Manufacturing Systems Productivity Measurement and Improvement. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*. Vol. 1, page:461-484.
- Scott, D., & Pisa, R. (1998). *Can Overall Factory Effectiveness Prolong Moore's Law?*, *Solid State Technology*, Vol.41, page:75-82.
- Soendari, Tjuju. (2014). *Metode Penelitian Deskriptif*. http://file.upi.edu/direktori/fip/jur._pend._luar_biasa/195602141980032-tjuju_soendari/power_point_perkuliahan/metode_ppkhh/penelitian_deskriptif.ppt%5bcompatibility_mode%5d.pdf. (diakses tanggal 20 November 2014).
- Stephens, Mattew. (2004). *Productivity and Reliability Based Maintenance Management*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Sudrajat, Ating. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: Refika Aditama.
- World Class OEE. www.oee.com/world-class-oee.html. (diakses pada 10 Februari 2015)