

Perancangan Sistem Ukuran *Overall Equipment Effectiveness* untuk Memonitor dan Memperbaiki Efisiensi Proses di Bagian *Filling* dan *Packing*

Yuni Fitria Sari¹⁾, dan Wahyudi Sutopo²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

²⁾ Laboratorium Logistik dan Bisnis, Jurusan Teknik Industri-UNS

Abstract

In the most general sense, OEE (Overall Equipment Effectiveness) can be described as a universally accepted set of metrics that bring clear focus to the key success drivers for manufacturing enterprises. In this case, OEE quantifies how well a Filling and Packing Unit (F & P Unit) performs relative to its designed capacity, during the periods when it is scheduled to run. OEE breaks the performance of a F & P Unit into three separate but measurable components: Availability, Performance, and Quality. Each component points to an aspect of the process that can be targeted for improvement as parts of Total Productive Maintenance (TPM). In a TPM program, the Teams at F & D Unit, should looking to see what causes the problems so that they know when it is time to act, and know what problem needs to be fixed. The Cause Effect Diagram used on identify the root causes of poor equipment performance, then Multiple Linear Regression (MLR) used to generate the relationship of components causes of poor equipment performance and then to improve equipment operation. The OEE rating is targeted 85%, but it is unlikely that F & P Unit only can run at 78.2% rating. A comprehensive, The Design of Overall Equipment Effectiveness Metrics System, will provide operator's F & P Unit to monitor and improve the efficiency of process of manufacturing.

Keywords: OEE, TPM, performance, improving equipment operation, MLR.

1. Pendahuluan

Pada perusahaan manufaktur, *Overall Equipment Effectiveness*, atau “OEE,” adalah konsep yang sudah sangat dikenal secara luas dalam perawatan dan metode yang sistematis untuk mengukur efektivitas proses suatu peralatan (Wauters dan Mathot, 2002). OEE mengukur efektivitas secara total (*complete, inclusive, whole*) dari kinerja suatu peralatan dalam melakukan suatu pekerjaan yang sudah direncanakan, diukur dari data aktual terkait dengan *availability, performance efficiency, dan quality of product* atau keluaran (Williamson, 2006). Informasi dari OEE digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan penyebab dari rendahnya kinerja suatu peralatan. Nilai OEE sering dijadikan ukuran kunci pada *total productive maintenance* (TPM) dalam rangka peningkatan efisiensi berdasarkan skala prioritas, hal ini antara lain dilakukan oleh Siringoringo dan Sudiyantoro (2004); Betrianis dan Suhendra (2005); dan Andras e. al. (2007). Pada dasarnya, metode OEE membagi 6 penyebab kerugian dalam TPM (*six big losses*) dalam 3 kategori yaitu: 1) *down time loss (breakdowns dan setup & adjustments)*; 2) *speed loss (small stops dan reduced speed)*; dan 3) *quality loss (start up rejects dan production rejects)*. Untuk dapat memanfaatkan metode OEE sebagai sistem ukuran untuk memonitor dan memperbaiki efisiensi proses, suatu perusahaan harus melakukan perancangan

¹⁾ Correspondence : phi2loema@yahoo.com

²⁾ Correspondence: sutopo@uns.ac.id

sistem ukuran OEE secara spesifik yang dimulai dari identifikasi penyebab kerugian, membuat target capaian setiap faktor OEE dan menentukan skala prioritas dalam mencapai OEE *World Class*. Nilai *OEE World Class* adalah sebesar 85% yang ditargetkan dari *Availability* sebesar 90.0%, *Performance* sebesar 95.0% dan sebesar *Quality* 99.9% (Dal, 2000; Wauters dan Mathot, 2002).

Untuk kasus ini, suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi susu dan makanan balita, pada Bagian *Filling* dan *Packing* (F & P Unit) banyak waktu yang terbuang pada saat beroperasi. Stasiun kerja *Packing* merupakan tahap akhir dari keseluruhan proses, dimana pada tahap ini produk yang sudah jadi dikemas sesuai dengan tipe produk masing-masing. Stasiun kerja *Packing* mempunyai 9 buah mesin *Packing*, yaitu Mesin *Packing Line 1* sampai dengan Mesin *Packing Line 9*. Berdasarkan observasi awal, F & P Unit belum dapat mengidentifikasi penyebab waktu terbuang di mesin packing. Untuk itu, metode pengukuran OEE diperlukan untuk mengetahui efisiensi mesin-mesin beroperasi. Fenomena masalah yang akan dipecahkan pada penelitian ini adalah perancangan sistem ukuran OEE untuk memonitor dan memperbaiki efisiensi proses dibagian *Filling* dan *Packing*.

2. Metode Penelitian

OEE adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesuksesan dari keseluruhan program produktivitas perawatan. OEE merupakan presentase hasil dari perkalian *Availability*, *Performance Rate*, dan *Quality Rate*. Penelitian ini dibagi dalam 4 (empat) tahapan, yaitu: 1) penentuan elemen kerja pada F & P Unit, 2) pengukuran OEE, 3) penentuan skala prioritas perbaikan dan 4) identifikasi usulan perbaikan dengan menggunakan *fishbone diagram*.

Penentuan elemen kerja pada F & P Unit didasarkan atas identifikasi alur proses mesin *packing line* yang terdiri dari 6 tahapan proses utama, yaitu: 1). *spoon inserter*: proses penggabungan *milk sachet* dengan sendok (*spoon*); 2). *folding*: proses penggabungan *milk sachet* dan sendok (*spoon*) dengan kardus (*folding*); 3). timbangan: proses dimana *milk sachet* ditimbang agar sesuai dengan netto yang telah ditetapkan. toleransi netto yang telah ditetapkan perusahaan sebesar ± 0.5 gram; 4). *cartoner* : produk jadi (*milk sachet* yang telah terbungkus *folding* dan telah terisi sendok) ditata dalam susunan 8-8 oleh seorang operator kemudian digeser menuju seorang operator lainnya untuk dimasukkan ke dalam karton; 5). *base packer*: tahapan proses dimana produk berjumlah 48 yang telah tertata dalam karton kemudian mengalami *finishing* (diberi *lakban*) secara otomatis; dan 6). *palletizer* : proses penempatan karton yang telah terisi *milk sachet* ke atas papan pallet yang telah tersedia di samping *base packer*.

Pengukuran OEE didasarkan pada 3 (tiga) komponen OEE, yaitu *availability*, *performance efficiency*, dan *quality of product* atau keluaran. Nakajima (1988) menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*. *Availability* menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan seperti dinyatakan pada Persamaan (1) dan Persamaan (2). *Performance* menggambarkan berapa banyak produk yang dihasilkan selama waktu produksi dengan formulasi yang dinyatakan pada Persamaan (3). *Quality rate* adalah persentase dari produk bagus terhadap total keseluruhan produk. *Quality* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar seperti yang dinyatakan pada Persamaan (4). Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) diperoleh dengan mengalikan ketiga ratio utama tersebut, seperti yang dinyatakan pada Persamaan (5).

$$\text{Availability rate} = \frac{\text{operating time}}{\text{loading time}} \quad (1)$$

$$\text{Operating time} = \text{Loading time} - \text{Down Time} \quad (2)$$

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Total Output}}{\text{Potential Output at Rated Speed}} \quad (3)$$

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{pieces produced} - \text{reject pieces}}{\text{pieces produced}} \quad (4)$$

$$\text{OEE}(\%) = \text{Availability}(\%) \times \text{Performance Rate}(\%) \times \text{Quality rate}(\%) \quad (5)$$

Penentuan skala prioritas perbaikan ditentukan berdasarkan perhitungan dengan metode *multiple regression and correlation analysis*. Hubungan antara kedua variabel independen dan dependen diwakilkan melalui suatu persamaan *multiple* regresi, dengan format baku seperti persamaan berikut ini: $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k$ (Levin dan Rubin, 1998). Konsep ini digunakan untuk membangun model guna mengestimasi hubungan dan melihat pengaruh antar faktor yang menyusun *dependent variable*, yaitu nilai OEE.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Kerugian Peralatan

Dalam rangka mengukur nilai OEE, terlebih dahulu harus dipahami jenis-jenis kerugian peralatan yang ada diobyek kajian (Hartmann, 1992). Berdasarkan observasi pada penelitian ini, diperoleh beberapa kerugian peralatan yang spesifik yang diklasifikasikan dalam 12 faktor, yaitu: 1) set up mesin; 2) ganti produk; 3) ganti *part* atau kerusakan mesin; 4) ganti kode; 5) *bin tipping*; 6) *cartoner*; 7) pengemas terlambat; 8) *powder* terlambat; 9) *sealer failures*; 10) *compressor failures*; 11) *printer / ribbon failures*; dan 12) *delivery failures*.

3.2. Ukuran Nilai OEE

Pengukuran nilai OEE dilakukan pada mesin Packing di Bagian *Filling and Packing*, yaitu mesin *Packing line L-M*. Data yang digunakan untuk pengukuran adalah Data *Working Time*, *Idle Time*, *Setup*, dan *Down Time*. Langkah pengukuran pertama adalah pengukuran *availability*. Data yang diperlukan untuk pengukuran rasio ini adalah *working time* atau *running ideal*, *planned idle time*, dan *setup* serta *downtime*. Alur pengukuran *availability ratio* ini adalah mengurangi *working time* dengan *planned idle time* dan *setup* sehingga diperoleh *loading time*. Selanjutnya *loading time* dikurangkan dengan *availability losses/downtime* sehingga diperoleh *operating time*. Selanjutnya dengan membandingkan *operating time* terhadap *loading time* dan mempresentasekannya, nilai *availability ratio* diperoleh. Pengukuran *performance ratio* menggunakan data jumlah produksi (*total output*) dan jumlah produksi ideal atau *output ideal*. Alur pengukuran rasio ini adalah membandingkan *total output* dengan *output ideal* kemudian mempresentasekannya. Data yang digunakan untuk pengukuran *quality ratio* adalah data jumlah produksi dan kerusakan *packing* atau *defect*. Alur pengukurannya adalah mengurangi jumlah yang diproduksi dengan *defect* kemudian membandingkannya terhadap jumlah yang diproduksi dan mempresentasekannya. Langkah terakhir untuk mendapatkan nilai OEE ini adalah dengan mengalikan ketiga rasio utama, yaitu *availability ratio*, *performance ratio*, dan *quality ratio*. Dan dari hasil perkalian tersebut nilai OEE untuk mesin *packing line L-M* diperoleh.

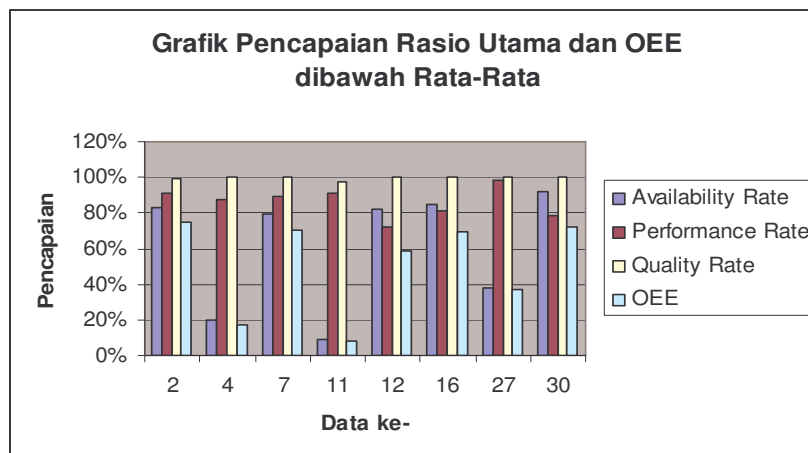
Nilai pencapaian OEE dan ketiga rasio pada mesin *Packing Line L-M* dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa rata-rata pencapaian nilai OEE sebesar 78%, nilai ini masih berada dibawah standar perusahaan kelas dunia, yaitu 85%. Rendahnya nilai OEE tersebut dipengaruhi yang pertama oleh nilai *availability* dan yang kedua oleh nilai *performance*, dimana

keduanya mempunyai rata-rata masih dibawah standar dunia. Dengan menelaah lebih lanjut terhadap nilai pencapaian dari tiap jadwal produksi selama penelitian maka permasalahan utama pada mesin *packing line* L-M yang menyebabkan rendahnya nilai pencapaian OEE. dapat diketahui.

Tabel 1. Nilai pencapaian rasio utama dan OEE

Data	N	Jumlah	Rata-rata (%)
Availability (%)	30	2612.93	87.10
Performance (%)	30	2695.82	89.86
Quality Rate (%)	30	2993.84	99.79
OEE (%)	30	2345.26	78.18

Dari hasil perhitungan nilai OEE tiap jadwal produksi, didapatkan beberapa jadwal produksi yang memiliki pencapaian nilai OEE dibawah rata-rata. Komposisi ketiga rasio utama OEE tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa rendahnya nilai OEE yang utama disebabkan oleh rendahnya pencapaian nilai *availability ratio* kemudian nilai *performance ratio*. Dengan demikian melalui penelitian ini dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama yang terjadi pada mesin *packing line* L-M yang menyebabkan rendahnya pencapaian nilai OEE adalah karena rendahnya nilai *availability ratio* dan nilai *performance ratio*.



Gambar 1. Komposisi Pencapaian OEE dibawah Rata-Rata

3.3. Persamaan *Multiple Linear Regression* nilai OEE

Persamaan *Multiple Linear Regression* dihitung untuk mencari akar permasalahan dari penyebab rendahnya nilai OEE. Persamaan multiple regresi diperoleh melalui pengolahan terhadap data beberapa variabel pengukuran selama penelitian. Variabel pengukuran yang digunakan adalah : *machine production time* (X_1); *planned idle time* (X_2); *set up* (X_3); *down time* (X_4); *production quantity* (X_5) dan jumlah barang cacat/defect (X_6). Sebelum digunakan untuk menjawab permasalahan dan mencapai tujuan penelitian, hasil regresi yang disajikan pada model regresi perlu dilakukan validasi atau dikaji lebih lanjut dengan indikator statistik seperti: *t-test*, *F-Test*, dan ukuran *goodness of fit* (R^2). Hasil regresi berganda (Uji t) dari persamaan model awal yang dihasilkan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel persamaan *Multiple Regresi* OEE

Variabel	Koefisien	T-Stat (Sig)	VIF	Kesimpulan
Konstanta	11.147	1.765 (0.090)	-	
Idle Time (X_2)	0.775	9.866(0.000)	3.944	Signifikan
Set Up (X_3)	-0.044	-0.138(0.892)	1.243	Tidak Signifikan
Down Time (X_4)	-0.155	-2.379(0.026)	16.299	Signifikan
Production Quantity (X_5)	0.917	13.361(0.000)	15.976	Signifikan
Defect (X_6)	-1.764	-1.466(0.156)	1.144	Tidak Signifikan
<i>R-Square</i>	0.994	F-Stat (Sig)	761.799	
Durbin-Watson (DW)	2.127		(0.000)	

Uji t bertujuan untuk mengetahui apakah koefisien regresi tiap variabel dependen signifikan atau tidak. Bila ternyata, setelah dihitung $|t| > t_{\alpha/2}$, maka hipotesis nol bahwa $\beta_j = 0$ ditolak pada tingkat kepercayaan $(1-\alpha)100\%$. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa β_j *statistically significance*. Hasil uji t disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ikhtisar hasil t-test signifikansi model regresi

Model	<i>idle time</i> (X_2)	<i>set up</i> (X_3)	<i>down time</i> (X_4)	<i>production time</i> (X_5)	<i>defect</i> (X_6)
T-Stat (Sig)	9.866	-0.138	-2.379	13.361	-1.466
Sign-t	0.000	0.892	0.026	0.000	0.156
Kesimpulan	S	TS	S	S	TS

Keterangan : $\alpha = 0.05$, TS = Tidak Signifikan, S = Singnifikan.

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, faktor faktor *idle time*, *down time*, dan *production quantity* masing-masing berpengaruh secara signifikan terhadap terhadap nilai OEE pada mesin Packing Line LM pada signifikansi level 5%. Sementara itu, faktor *operating time*, *set up*, dan *defect* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai OEE pada mesin Packing Line LM.

Uji F atau uji keberartian bertujuan untuk mengetahui apakah suatu model persamaan multiple regresi berpengaruh secara signifikan atau tidak. Bila ternyata setelah dihitung $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan mempunyai probabilitas $< (1-\alpha)100\%$, maka H_0 ditolak. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa suatu model berpengaruh secara signifikan. Hasil Uji F dinyatakan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ikhtisar Hasil Test Signifikansi Model Regresi R^2 dan F-Test

Model	R^2	Uji F		Kesimpulan
		F-Test, $\alpha = 0.05$	F-Tabel,(k-1, N-k)	
Y	0.994	761.799 (sig = 0.000)	(5, 24) = 4.53	Signifikan

Berdasarkan Tabel 4 maka persamaan multiple regresi setelah melalui uji F adalah :

$$Y = 11.147 + 0.775 X_2 - 0.044 X_3 - 0.155 X_4 + 0.917 X_5 - 1.764 X_6 \quad (6)$$

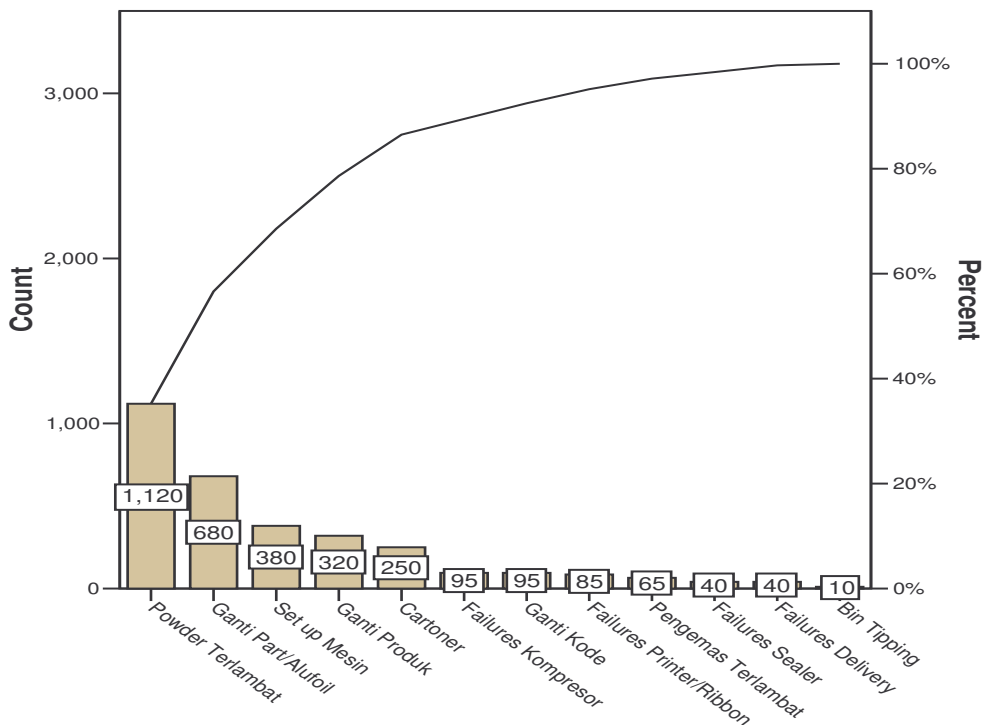
Hasil regresi pada model menunjukkan bahwa dari nilai R^2 dan F-Test adalah signifikan. Nilai R^2 tersebut berkisar 99.4%, hal ini berarti 99.4% nilai OEE diterangkan oleh faktor *Planned Idle Time*, *Set Up*, *Down Time*, *Production Quantity*, dan Jumlah barang cacat/defect sedangkan sisanya $(100\% - 99.4\% = 0.6\%)$ diterangkan oleh sebab-sebab yang lain. Pada uji F menunjukkan $F_{hitung} >$ dari F_{tabel} yaitu $761.799 > 4.53$ dengan tingkat signifikansi 0.000 (lebih kecil dari $\alpha = 0.05$) artinya model persamaan regresi tersebut signifikan. Hasil uji F tersebut menjawab bahwa *planned idle time*, *set up*, *down time*, *production quantity*, dan jumlah barang cacat/defect bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap nilai OEE pada mesin Packing Line LM.

Dari persamaan *multiple* regresi tersebut, nilai koefisien tiap-tiap variabel dapat diartikan bahwa setiap peningkatan atau penurunan nilai koefisien akan mengakibatkan peningkatan atau penurunan pada nilai OEE. Setelah melalui proses validasi, didapatkan bahwa variabel *Idle Time*, *Down Time*, dan *Production Quantity* secara signifikan mempengaruhi nilai OEE.

3.4. Analisis *Equipment Losses*

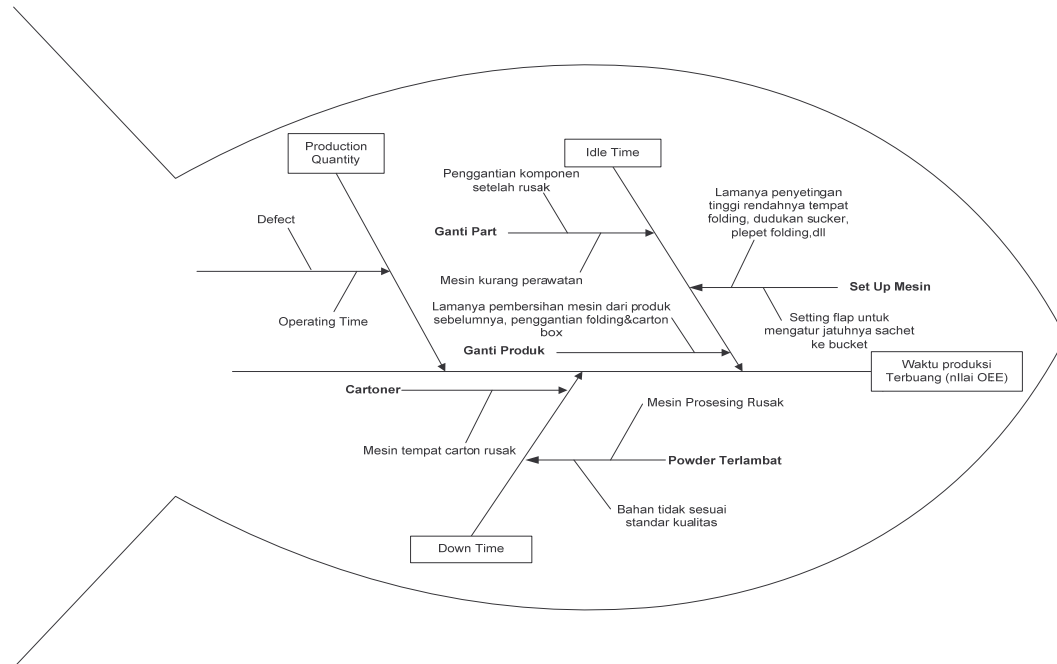
Dengan melakukan analisis pareto terhadap seluruh jenis losses peralatan yang termasuk dalam *Idle Time* dan *Down Time* tersebut, akar permasalahan yang sesungguhnya dapat diketahui yaitu dapat diketahui kegiatan yang menyebabkan waktu terbuang dari yang terbesar sampai terkecil. Diagram *pareto* kegiatan dalam proses packing pada mesin *packing line* L-M yang menyebabkan waktu terbuang dapat dilihat pada Gambar 2.

Faktor penyebab dari terbuangnya waktu produksi ini sangat bersifat teknis. Hal ini dapat diuraikan berdasarkan beberapa segi, yaitu manusia, material, dan mesin. Dan dari diagram *pareto* pada Gambar 2 dapat dilihat 5 faktor utama yang menyebabkan waktu terbuang, yaitu : *Powder* terlambat; *Ganti part*; *Set up* mesin; *Ganti produk* dan *Cartoner*.



Gambar 2. Diagram Pareto faktor-faktor yang menyebabkan waktu produksi terbuang

Dari faktor-faktor yang menyebabkan waktu terbuang tersebut, dapat diketahui akar penyebabnya dengan menggunakan diagram *fishbone* atau *cause effect*. Hasil analisis terhadap faktor-faktor yang menyebabkan waktu produksi terbuang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram *fishbone* faktor-faktor yang menyebabkan waktu produksi terbuang

Saran perbaikan yang dapat diberikan kepada perusahaan berkaitan dengan perhitungan OEE dan produktivitas mesin beserta analisisnya yaitu diutamakan pada usaha pengurangan *Idle Time*, *Down Time* serta peningkatan *Production Quantity*, antara lain: 1) melakukan perawatan mesin secara kontinue dan sesuai dengan petunjuk perawatan serta ditangani oleh operator yang benar-benar ahli pada mesin tersebut; 2) memperbaiki proses pencarian sumber masalah kualitas sehingga meminimalkan waktu terbuang; 3) memperbaiki proses pemeriksaan material yang dikirimkan; 4) pembuatan prosedur kerja yang lebih baik sehingga pelaksanaan produksi dapat berjalan dengan lancar; 5) melakukan penjadwalan dengan sebaik-baiknya serta mempunyai *planning* cadangan terhadap pemesanan material; 6) mensosialisasikan pentingnya penerapan seluruh unsur tpm dalam perusahaan; 7) menyelesaikan penyebab teknis lainnya secara komprehensif serta membuat standarisasi yang kemudian disosialisasikan keseluruh karyawan yang terkait; dan 8) untuk meningkatkan dan mempertahankan tingkat *availability*, performansi maupun tingkat *quality*, perusahaan sebaiknya meningkatkan produksi, efisiensi mesin, pengurangan *down time* dan *idle time* serta meminimasi *reject produk*.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, berdasarkan pengolahan dan analisa data didapatkan besarnya nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) rata-rata pada mesin packing line L-M adalah 78.2%. Nilai OEE tersebut masih berada dibawah standar perusahaan dunia, yaitu 85%. Permasalahan efisiensi (6.8%) yang terjadi pada mesin *packing line* L-M dipengaruhi oleh rendahnya nilai *availability ratio*, yaitu rata-rata sebesar 87.10% dan rendahnya nilai *performance ratio*, yaitu rata-rata sebesar 89.86%. Rendahnya pencapaian nilai *availability ratio* dan *performance ratio* berdasarkan persamaan Regresi *Multiple Linear* diakibatkan oleh *idle time* (X_2), *down time* (X_4), dan *production quantity* (X_5). Dengan metode analisa diagram pareto dan *cause effect* diagram, dapat diketahui faktor-faktor penyebab rendahnya OEE pada mesin *packing line* L-M. Lima penyebab utama terbuangnya waktu produksi yang menyebabkan rendahnya nilai OEE (*idle time* dan *down time*), yaitu *powder* terlambat, ganti *part*, *set up* mesin, ganti produk, dan *cartoner*

Daftar Pustaka

- Andras, I. N., Silviu, M. C., dan Cristian (2007), *Overall equipment effectiveness assessment of the open pit coal mining production system*, 7th International Multidisciplinary Conference, Baia Mare, Romania, May 17-18, 2007, ISSN-1224-3264, pp 1-28.
- Betrianis dan Suhendra, R. (2005), *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness Sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur Pada Lini Produksi: Studi Kasus Pada Stamping Production Division Sebuah Industri Otomotif*, Jurnal Teknik Industri, Vol. 7, No. 2, Desember, 91- 100.
- Dal, B., (2000), *Overall Equipment Effectiveness as a Measure of Operational Improvement*, Int' l Journal of Operations and Production Management, Vol. 20, pp.1491-1501.
- Hartmann, E.H.P.E., (1992), *Successful Installing TPM in a Non-Japanese Plant*, TPM Press.
- Levin, R. L., dan Rubin, D. S. (1998), *Statistic for Management*, Prentice Hall International Inc, USA
- Nakajima, S., (1988), *Introduction to Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc, Portland.
- Siringoringo, H dan Sudyantoro, (2004), *Analisis Pemeliharaan Produktif Total pada PT. Wahana Eka Paramitra GKD Group*, Jurnal Teknologi dan Rekayasa, Vol. 9, No. 3, pp. 139 -147.
- Wauters, F dan Mathot, J (2002), *Overall Equipment Effectiveness*, ABB Inc. (www.abb.com di akses Juni 2008).
- Williamson, R. M. (2006), *Using Overall Equipment Effectiveness: the Metric and the Measures*, Reports of Strategic Work Systems, Inc. (www.swspitcrew.com diakses Juni 2008).