

## Penerapan *Overall Equipment Effectiveness (Oee)* Dalam Implementasi *Total Productive Maintenance (TPM)* (Studi Kasus di Pabrik Gula PT. "Y".)

Rahmad<sup>1)</sup>, Pratikto<sup>2)</sup>, Slamet Wahyudi<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin Politeknik Tanjungbalai<sup>1)</sup>

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang<sup>2)</sup>

Jl. MT Haryono 167 Malang 65145, Indonesia

E-Mail: [rahmad\\_poltan@yahoo.co.id](mailto:rahmad_poltan@yahoo.co.id)

### Abstract

*In agro-industrial sector especially in sugar factory called PT. "Y", improvement of manufacturing system is one of an improvement effort that intensively conducted so that later it could responds rapidly to market changes. The company always attempt to improve productivity, one of the way that has been done is implement preventive and corrective maintenance. But in fact, the outcome hasn't reached the expectation yet. This research found that allocated time to do breakdown maintenance is the main problem, so that most of the corrective action focused in this problem. This research used OEE measurement, Six Big Losses calculation analysis, and also cause-effect diagram to look for existing problem and to give proposed improvement for the problem. As the result, the biggest factors affecting the low effectiveness of machine is reduced speed and breakdown loss so that the proposed improvement action is implementing TPM.*

**Keywords:** *Preventive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Autonomous Maintenance, Total Productive Maintenance (TPM).*

### PENDAHULUAN

Industri gula masih menjadi peluang usaha yang menguntungkan karena produksi gula dalam negeri masih belum mencukupi kebutuhan konsumsi nasional, oleh karena itu kebijakan pemerintah saat ini masih membuka kran gula import dari luar negeri walaupun dengan batasan-batasan tertentu, dan sejalan dengan *Political will* pemerintah saat ini yang menargetkan swasembada gula akan tercapai pada tahun 2014.

Bukan tidak mungkin kalau pemerintah bercita-cita menjadikan negeri ini menjadikan swasembada gula kembali dengan memperbaiki sistem manajemen perusahaan milik negara seperti Pabrik Gula PT."Y" yang merupakan bagian dari perjalanan sejarah pergulaan nasional.

Saat ini Pabrik Gula PT. "Y" berusaha untuk terus menerus memperkuat posisinya sebagai perusahaan agrobisnis untuk membantu pemenuhan kebutuhan gula nasional.

Sejalan dengan itu, pada sektor agro industri, perbaikan dari sistem manufaktur merupakan salah satu usaha perbaikan yang

intensif dilakukan agar dapat merespon perubahan pasar dengan cepat. Selain itu untuk mendukung sistem manufaktur tersebut, kinerja dari peralatan-peralatan yang digunakan harus diperbaiki, sehingga dapat digunakan seoptimal mungkin.

Berdasarkan informasi yang didapat dari lembaran kegiatan pemeliharaan didepartemen Instalasi perawatan perusahaan ini, telah menjalankan sistem perawatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk mendukung kelancaran proses produksi. Namun pada kenyataannya proses produksi sering terhambat akibat terjadinya kerusakan mesin, khususnya di unit mesin giling I menunjukkan bahwa ada masalah yang terjadi pada stasiun penggilingan yang dapat ditimbulkan oleh berbagai faktor penyebab yang belum dapat dicegah dengan sistem perawatan yang dijalankan perusahaan saat ini.

Stasiun penggiling berfungsi untuk memisahkan nira (air perahan tebu) dari ampasnya yang dilakukan dengan jalan pemerahan, Apabila terjadi gangguan pada stasiun ini maka tahapan berikutnya yaitu

pemurnian, penguapan dan sebagainya tidak maksimal berjalan sebagaimana mestinya.

Untuk itu pemeliharaan diterapkan pada peralatan yang bermasalah. Bermasalah disini berarti, terjadi kemerosotan dalam hal kualitas maupun kuantitas dari produk. Beberapa aspek dari pemeliharaan pencegahan biasanya merujuk pada kegiatan perbaikan (*repair*), perkiraan (*predictive*), dan pemeriksaan menyeluruh (*overhaul*). Hal ini juga disebabkan karena tidak adanya atau kurang efektifnya sistem atau metode yang mampu mengukur kinerja sesungguhnya dari peralatan dan memberikan solusi terhadap permasalahan yang ditemui.

Salah satu metode pengukuran kinerja yang banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan yang mampu mengatasi permasalahan-permasalahan *machine/equipment* adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Metode ini merupakan bagian utama dari sistem pemeliharaan yang banyak diterapkan oleh perusahaan Jepang, yaitu *Total Productive Maintenance* (TPM).

Adapun penelitian yang relevan yaitu Dr. Ayham Jaaron [1]. yang dilakukan di sebuah rumah sakit besar di Yordania mengatakan makalah ini menyajikan metodologi baru dalam pelaksanaan program *Total Productive Maintenance* (TPM) di industri kesehatan. Dengan pengumpulan dokumen menggunakan wawancara digabungkan dengan pengamatan. Sebuah metodologi implementasi TPM telah dikembangkan untuk meningkatkan utilisasi peralatan medis dan mengurangi kegagalan dan mengembangkan sistem kerja karyawan serta tanggung jawab baru yang dijelaskan melalui *Autonomous Maintenance* (AM), *Preventive Maintenance* (PM), dan *Modeling 5S*, dengan saran untuk tambahan indikator kinerja kerja.

K. Thiagarajan [2]. mengatakan penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan Efektifitas Keseluruhan pabrik/peralatan dengan meng-hitung *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan metode pendekatan "*Weighted*" metode ini sangat tren dalam membantu pemantauan (seperti meningkatkan OEE dari waktu ke waktu) atau sebagai ukuran kasar dari *benchmarking* OEE. Konsep OEE dalam penerapan TPM benar-benar mengurangi masalah dalam dunia industri manufaktur Oleh karena itu,

penelitian ini mengusulkan pendekatan *graf* berbobot, untuk mengidentifikasi-perbedaan pada pembobotan setiap elemen OEE. Konsep yang diusulkan digunakan untuk menemukan efektifitas OEE, serta untuk menetapkan target daerah perbaikan pabrik.

Orjan Ljunberg[3] dalam penelitiannya yang berjudul "*Measurement of overall equipment effectiveness as a basic for TPM activities*" mengatakan pengukuran efektivitas peralatan secara keseluruhan sebagai dasar untuk melaksanakan kegiatan/ implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM)

Dari hasil komparasi secara teoritis beberapa metode diatas dan hasil studi pendahuluan di lapangan, metode yang digunakan peneliti untuk pengukuran *equipment losses* di Pabrik Gula. PT. "Y" adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai objek pengukuran efektivitas peralatan secara keseluruhan sebagai dasar untuk melaksanakan kegiatan/implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Pabrik Gula PT. "Y". Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain: Observasi, dengan cara datang langsung pada lokasi penelitian dan melakukan pengamatan terhadap objek penelitian. Wawancara, merupakan pengumpulan informasi langsung dengan melakukan tanya jawab kepada karyawan pimpinan ditingkat *middle* manajemen. Dokumentasi, data dengan cara melihat dokumen-dokumen yang berkaitan dengan permasalahan penelitian.

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur (*metric*) dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapuskan *six big losses* peralatan<sup>[4]</sup>.

Pengukuran OEE ini didasarkan pada pengukuran tiga rasio utama, yaitu (1) *Availability ratio*, (2) *Performance Efficiency*, dan (3) *Rate of quality product*. Untuk mendapatkan nilai OEE, maka ketiga nilai dari ketiga rasio utama tersebut harus diketahui terlebih dahulu.

*Availability* merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loadingtime*. Dengan demikian formula yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* adalah:

$$Availability = \frac{operation\ time}{loading\ time} \times 100\%$$

$$= \frac{loading\ time - downtime}{loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

*Performance efficiency* merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Rasio ini merupakan hasil dari *Ideal cycle time* dan *Processed amount*. *Operation time* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net Operation time* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, ia mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. Formula pengukuran rasio ini adalah:

$$Performance\ efficiency = \frac{Processed\ amount\ Ideal\ cycle\ time}{Operation\ Time} \times 100\% \dots (2)$$

*Rate of quality product* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar atau rasio jumlah produk yang baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah:

$$Rate\ of\ quality\ product = \frac{Processed\ amount - defect\ amount}{processed\ amount} \times 100\% \dots(3)$$

TPM mereduksi rugi mesin/peralatan dengan cara meningkatkan *availibility rasio*, *performance efficiency*, dan *rate of quality products*. Sejalan dengan meningkatnya ketiga faktor yang terdapat dalam OEE maka kapabilitas perusahaan juga meningkat. *Overall Equipment Effectiveness* dapat dihitung sebagai berikut:

$$OEE = Availability \times Performance\ Efficiency \times Rate\ of\ Quality\ Product \dots\dots\dots(4)$$

Berdasarkan [4]. Pengalaman perusahaan yang sukses menerapkan TPM dalam perusahaan mereka nilai OEE yang ideal/standart diharapkan adalah :

- *Availability* ≥ 90%
- *Performance efficiency* ≥ 95%
- *Rate of quality product* ≥ 99%

Sehingga nilai OEE ideal yang diharapkan adalah :

$$0,90 \times 0,95 \times 0,99 \times 100\% = 85\%$$

Selain membahas pengukuran nilai OEE, pada penelitian ini juga digunakan tool dalam pengukuran produktivitas seperti *six big loss* dan *fish-bone diagram* (diagram sebab-akibat).

Adapun pengukuran produktivitas *six big loss* ini yaitu kegiatan dan tindakan-tindakan yang tidak hanya berfokus pada pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin/peralatan dan meminimalkan *downtime* mesin/peralatan. Akan tetapi banyak faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisiensi mesin/peralatan. Rendahnya produktivitas mesin/peralatan yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan sering diakibatkan oleh penggunaan mesin/peralatan yang tidak efektif dan efisien.

Terdapat enam faktor yang disebut enam kerugian besar (*six big losses*). Adapun enam kerugian besar tersebut adalah:

1. *Downtime*
  - a. *Equipment failure/Breakdown*
  - b. *Setup and adjustment*
2. *Speed losses*
  - c. *Idling and minor stoppages*
  - d. *Reduced speed*
3. *Defect*
  - e. *Process defect*
  - f. *Reduced yield losses*

Sedangkan *fish-bone* [5] digunakan untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap penentuan karakteristik kualitas output kerja. Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja maka orang akan selalu mendapatkan bahwa ada 5 faktor penyebab utama yang signifikan yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Manusia
2. Metode kerja
3. Mesin atau peralatan

- 4. Bahan baku
- 5. Lingkungan kerja

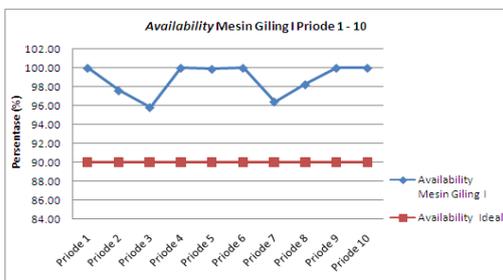
Sehingga penerapan TPM akan menjadi hal yang baru bagi Pabrik Gula PT. "Y". Yang pada awal penerapannya, akan mendapatkan tantangan atau hambatan. Untuk itu tiga faktor utama yang harus dikondisikan untuk menunjang penerapan TPM [6] yaitu: 1) Motivasi dan kemampuan kerja, 2) Sistem perawatan mesin dan 3) Lingkungan kerja.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengukuran Nilai OEE**

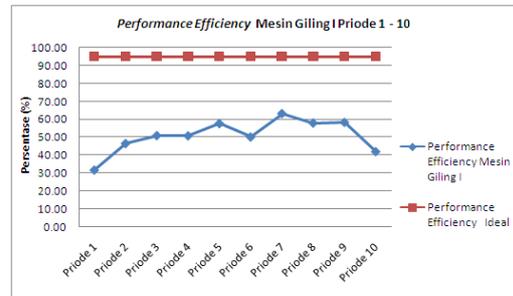
Data yang dibutuhkan dalam pengukuran efektivitas dengan metode *overall equipment effectiveness* (OEE) diambil dari laporan kegiatan perawatan dan produksi pada unit instalasi, yang mana pada stasiun penggiling, mesin giling I inilah yang menjadi objek penelitian karena tingginya tingkat kerusakan pada mesin tersebut. Data yang digunakan adalah data pada masa giling mulai priode awal (1) – akhir (10) tahun 2012 dimulai bulan Juni s/d Nopember 2012.

Setelah semua informasi yang diperlukan terkumpul melalui, data historis perusahaan, brainstorming, dan wawancara, maka dilakukan pengolahan data. Untuk tahap pertama pengukuran tiga ratio tersebut yaitu *Availability*, *Performance efficiency* dan *Rate of quality product* pada mesin giling I dilakukan dengan cara pengolahan data menggunakan bantuan software excel 2007 sedangkan hasil perhitungan *availability*, *Performance efficiency* dan *Rate of quality product* pada mesin giling I secara grafik dapat dilihat pada gambar 1,2, dan 3 dibawah ini.



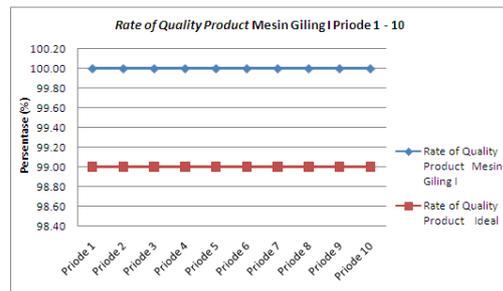
Gambar 1. *Availability* Mesin Giling I Priode 1–10 Tahun 2012

Dari grafik 5.1 dapat dilihat bahwa tingkat *availability* mesin berada diatas *availability ideal*, hal ini menunjukkan bahwa mesin memiliki kesiapan untuk digunakan sewaktu-waktu.



Gambar 2. *Performance Efficiency* Mesin Giling I Priode 1 –10 Tahun 2012

Dari grafik 5.2 dapat dilihat bahwa *performace efficiency* mesin berada dibawah nilai ideal, hal ini menunjukkan tingkat produksi yang tidak sesuai dengan jam kerja mesin.



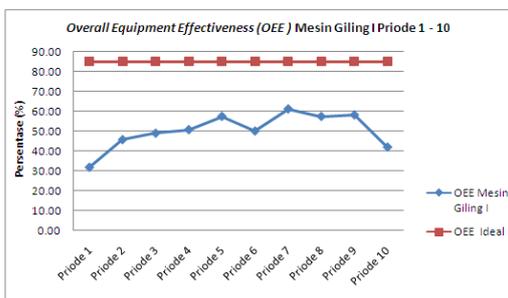
Gambar 3. *Rate of Quality Product* Mesin Giling I Priode 1 –10 Tahun 2012

Setelah selesai pengukuran ketiga rasio tersebut maka dilakukan pengukuran nilai OEE. Adapun hasil pengolahan data pengukuran OEE dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan hasil perhitungan OEE pada mesin giling I secara grafik dapat dilihat pada gambar 4.

Tabel 1. Pengukuran Overall Equipment Effectiveness Mesin giling I

Priode	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Rate of Quality Product (%)	OEE (%)
1	100.00	31.82	100.00	31.82
2	97.60	46.88	100.00	45.76
3	95.82	51.12	100.00	48.98
4	100.00	50.74	100.00	50.74
5	99.89	57.53	100.00	57.47
6	100.00	50.08	100.00	50.08
7	96.42	63.46	100.00	61.19
8	98.25	58.48	100.00	57.45
9	100.00	58.20	100.00	58.20
10	100.00	42.00	100.00	42.00

Sumber hasil pengolahan data



Gambar 4. Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Giling I Periode 1 –10 Tahun 2012

Dari grafik 4 dapat dilihat bahwa OEE mesin berada dibawah nilai OEE standar, yang mana nilai *availability* mesin giling I berada diantara 95,82% hingga 100%, dan nilai ini berada diatas nilai *availability* ideal yaitu 90%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesiapan mesin giling I untuk digunakan sewaktu-waktu berada diatas 90%. Selain itu pada tingkat *availability*, mesin seperti ini berarti ada keseimbangan antara waktu operasi dan waktu beban, dimana waktu operasi dipengaruhi oleh *downtime* mesin. *Performance efficiency* atau perfarmansi mesin giling I berada di bawah nilai performansi standar yaitu 95%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan mesin tidak efisien karena tidak sesuai dengan kapasitas mesin yang seharusnya. Efektivitas mesin giling I berada diantara 31,82% hingga 61,19% yang masih berada dibawah efektivitas ideal yaitu 85%. *Rate of quality product* atau produksi berjalan sesuai titik optimal (relatif tinggi) dengan memperhatikan waktu operasi yang ada, hal ini menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan mesin sangat

baik. Untuk itu perlu dianalisis pengaruh *six big losses* yang mempengaruhi OEE.

**Pengukuran Six Big Losses**

Setelah diperoleh nilai OEE untuk mesin giling I, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap besarnya masing-masing faktor yang terdapat dalam *six big losses* untuk mendapatkan faktor terbesar yang mempengaruhi OEE. Adapun rekapitulasi Perhitungan *Six Big Losses* untuk mesin giling I terlihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Six Big Losses untuk mesin giling I tahun 2012

No	Priode	Downtime Losses				Speed Losses				Defect Losses			
		Breakdown Loss		Setup Loss		Idling/Minor Loss		Reduce Speed Loss		Yield/Scrap Loss		Rework Loss	
		(%)	(Jam)	(%)	(Jam)	(%)	(Jam)	(%)	(Jam)	(%)	(Jam)	(%)	(Jam)
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.18	161.99	0	0	0	0
2	2	2.24	8.00	0.15	0.55	2.40	8.55	49.83	177.59	0	0	0	0
3	3	3.93	14.00	0.25	0.90	3.34	11.90	43.74	155.88	0	0	0	0
4	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.26	187.28	0	0	0	0
5	5	0.11	0.40	0.00	0.00	0.11	0.40	42.31	150.78	0	0	0	0
6	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.92	260.94	0	0	0	0
7	7	3.31	11.00	0.27	0.90	2.68	8.90	32.96	109.63	0	0	0	0
8	8	1.68	6.00	0.07	0.25	1.75	6.25	39.70	141.48	0	0	0	0
9	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.80	158.90	0	0	0	0
10	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00	192.94	0	0	0	0
TOTAL		11.28	39.40	0.75	2.60	10.28	36	475.69	1697.42	0	0	0	0

Sumber hasil pengolahan data

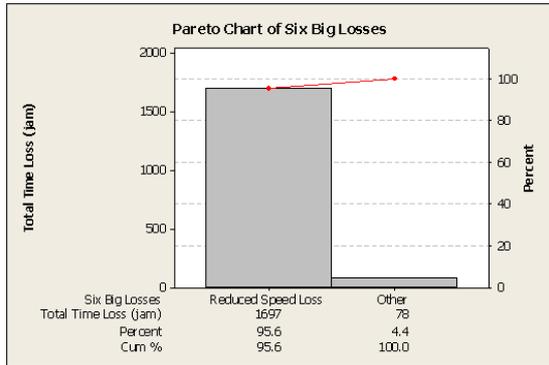
**Pengaruh Six Big Losses**

Untuk melihat lebih jelas pengaruh *six big losses* terhadap efektivitas mesin giling I, maka akan dilakukan perhitungan persentase dari *time loss* untuk masing-masing faktor dalam *six big losses* tersebut seperti yang terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Persentase Faktor Six Big Losses untuk mesin giling I tahun 2012

No	Six Big Losses	Total Time Loss	Persentase (%)
1	Breakdown loss	39.40	2.22
2	Setup/Adjustment loss	2.60	0.15
3	Idling and Minor Stoppage loss	36.00	2.03
4	Reduced Speed Loss	1697.42	95.61
5	Yield/Scrap Loss	0.00	0.00
6	Rework Loss	0.00	0.00
	Total	1775.42	100.00

Analisis terhadap perhitungan *six big losses* dilakukan agar perusahaan mengetahui besarnya kontribusi dari masing-masing faktor dalam *six big losses* yang mempengaruhi tingkat efektivitas penggunaan mesin pada proses penggiling di mesin giling I.



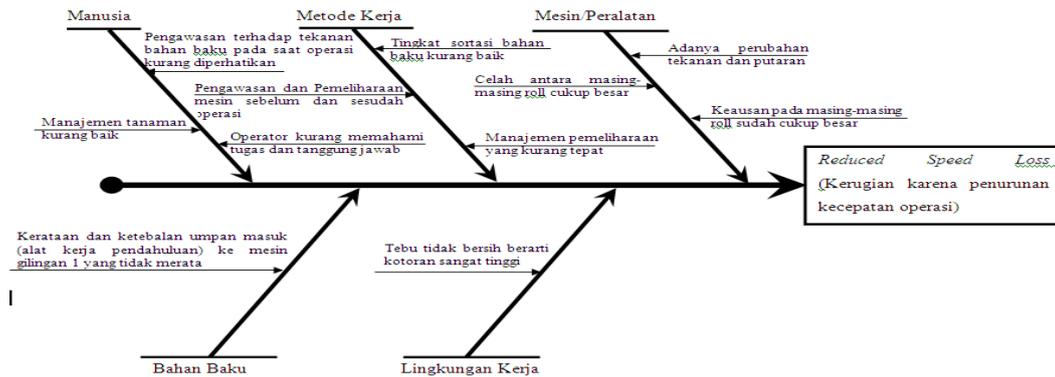
Gambar 5. Diagram Pareto Persentase Faktor Six Big Losses

Dari analisis yang dilakukan akan diperoleh faktor yang menjadi prioritas utama untuk dilakukan perbaikan dalam peningkatan efektivitas. Dengan membuat digram pareto dari persentase masing-masing faktor dalam *six big losses* terhadap *total time loss* yang disebabkan oleh keenam faktor. Diagram pareto untuk pengaruh *six big losses* pada

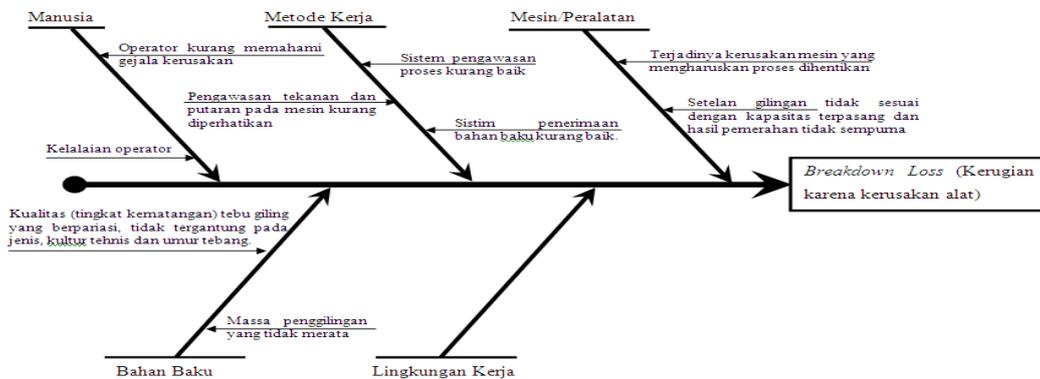
mesin giling I dapat dilihat pada gambar 5. Dari gambar 5. diagram pareto pada proses mesin giling I dapat terlihat bahwa faktor yang memberikan kontribusi terbesar penyebab rendahnya efektivitas mesin giling I adalah faktor *reduced speed* dan *breakdown loss* dibandingkan dengan faktor-faktor lainnya. Faktor *reduced speed* dan *breakdown loss* menyebabkan waktu yang tidak efektif sebesar 95.61% dan 2,22%.

**Fish-bone diagram (diagram sebab-akibat)**

Setelah mengetahui bahwa *reduced speed loss* dan *breakdown loss* adalah faktor –faktor terbesar yang mempengaruhi rendahnya efektivitas mesin, maka perlu dilakukan identifikasi *reduced speed loss* dan *breakdown loss* seperti yang ditunjukkan pada gambar Gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Diagram Sebab Akibat Faktor *Reduced Speed Loss* Mesin Giling I

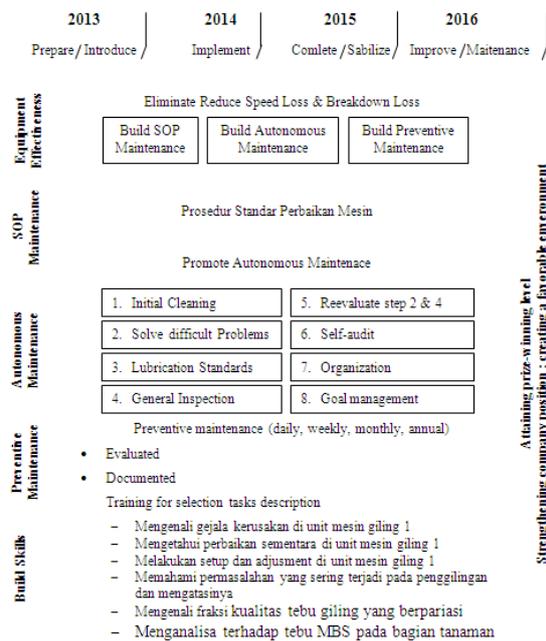


Gambar 7. Diagram Sebab Akibat Faktor *Breakdown Loss* Mesin Giling I

**Usulan Implementasi TPM**

*Formulate A Master Plan For TPM*

Prinsip TPM digunakan dalam usaha untuk peningkatan produktivitas dan efektivitas mesin, untuk mempromosikan TPM di Pabrik Gula PT. “Y” adalah dengan membuat suatu *Master Plan* untuk TPM, dimana perencanaan TPM dibuat sesuai dengan syarat-syarat yang telah dimiliki perusahaan untuk melakukan penerapan TPM. *Master Plan* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Master Plan for TPM

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada masa giling 2012, mesin giling I menunjukkan OEE tertinggi pada periode ketujuh tahun 2012 sebesar 61,19%, pada periode tersebut mesin giling I memiliki persentase availability sebesar 96,42%, *performance rate* sebesar 63,46%, dan *rate of quality* sebesar 100%. Faktor yang memberikan kontribusi terbesar penyebab rendahnya efektivitas mesin giling I adalah faktor *reduced speed loss* dan *brekdown loss* dibandingkan dengan faktor-faktor lainnya. Penyebab *reduced speed loss* pada mesin giling I umumnya disebabkan

oleh faktor manusia, sedangkan penyebab *breakdown loss* pada mesin giling I umumnya disebabkan sistem perawatan mesin yang belum sesuai. *Total Productive Maintenance* (TPM) dapat diterapkan di Pabrik Gula PT. “Y” hal ini dilihat dari syarat-syarat yang dimiliki perusahaan untuk melakukan penerapan TPM. Program pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*) merupakan kunci utama pelaksanaan TPM.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Tamer H. Haddad dan Dr. Ayham Jaaron A.M. 2012. “*The Applicability of Total Productive Maintenance for Healthcare Facilities: an Implementation Methodology*’ Vol. 2 No. 2; March 2012 *International Journal of Business, Humanities and Technology*

[2] M. Maran, G. Manikandan, dan K.Thiagarajan. 2012 “*Overall Equipment Effectiveness Measurement By Weighted Approach Method*” *Proceeding of the international MultyConference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong*

[3] Örjan Ljungberg, (1998) “*Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities*”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18 Iss: 5, pp.495 - 507

[4] Nakajima, S., 1988. “*Introduction to Total Productive Maintenance*”. *Productivity Press Inc*, Portland, p. 21.

[5] Sritomo Wignjosoebroto, 2003 “*Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*”. Penerbit guna widya, Jakarta.

[6] Mohamed Ben-Daya, Prof., Salih O. Duffuaa, Prof., Jezdimir Knezevic, Prof., Daoud Ait-Kadi, Prof., Abdul Raouf, Prof. Dr. 2009, “*Handbook of Maintenance Management and Engineering*”. Springer Dordrecht Heidelberg, London.