

PERKEMBANGAN SISTEM PERAWATAN MESIN DI INDUSTRI PROSES

The Development of Maintenance System in Industrial Process

Sally Cahyati¹ dan Bambang Pramudya²

ABSTRACT

For most companies, maintenance represents a very significant function within the overall production environment. The developments in automation, and the resulting complexity of the systems involved, have made the reliability of the machines even more important. This is especially true in the process industry, characterized by expensive specialized equipment and strict environmental considerations. Competition and the drive for profits are forcing companies to implement various productivity improvement efforts. Maintenance function, although is to serve to production, has a fundamental role since it has a direct effect over competition through its impact in productivity (global costs reduction).

Keywords : Maintenance, Productivity, Industrial Process.

Diterima: 23 Agustus 2006; Disetujui: 20 Maret 2007

PENDAHULUAN

Keandalan mesin yang dimiliki oleh suatu industri sangat menentukan daya saing dari industri tersebut. Keandalan mesin ini juga sangat diperlukan untuk menunjang produktivitas, peningkatan kualitas produk, efektifitas dan efisiensi dari suatu industri. Kegagalan pada mesin haruslah dihindari karena dapat mengakibatkan terhentinya suatu proses produksi dan menimbulkan tingginya biaya perbaikan maupun biaya kompensasi akibat keterlambatan waktu produksi. Oleh karena itu suatu sistem perawatan mesin diperlukan untuk menjaga keandalan mesin tersebut.

Pada awalnya sistem perawatan yang umum diterapkan oleh industri adalah

perawatan korektif yaitu perawatan yang dilakukan hanya jika terjadi kerusakan saja. Perawatan ini dihadapkan kepada pilihan apakah komponen yang rusak akan diperbaiki atau membeli komponen yang baru. Kedua pilihan ini harus dipertimbangkan dengan baik karena keduanya menyebabkan terjadinya biaya yang harus dikeluarkan, baik yang disebabkan oleh harga komponen pengganti maupun akibat terhentinya produksi.

Kemudian terjadi perubahan paradigma bahwa suatu perawatan itu seharusnya dilakukan secara terencana dan sistematis, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan yang mendadak pada mesin. Sistem perawatan ini dikenal dengan perawatan preventif yang

¹ Jurusan Teknik Mesin, FTI, Universitas Trisakti, Kampus A Jl. Kyai Tapa No.1 Grogol Jakarta Barat, 11440, sally_cahyati@yahoo.com

² Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680.

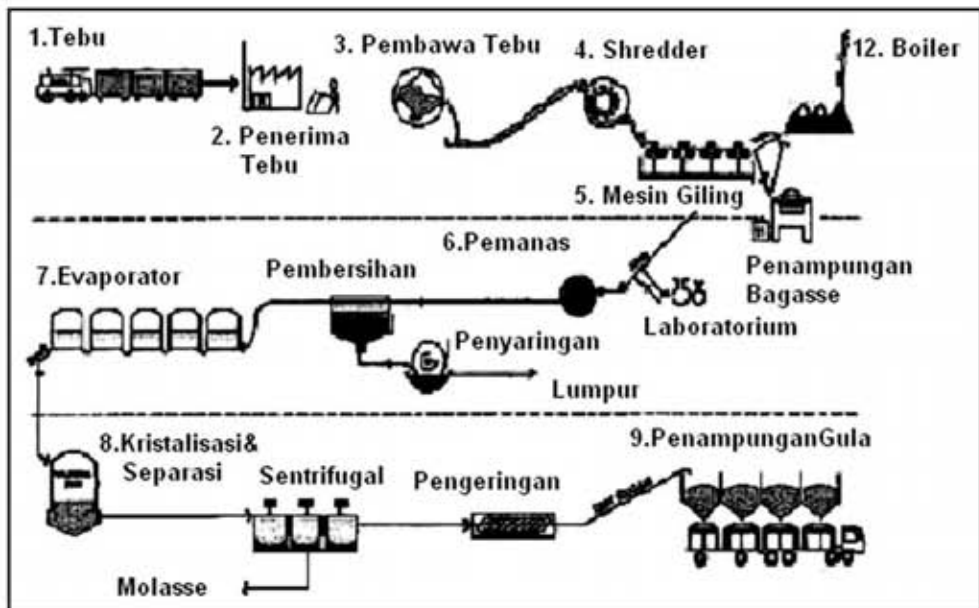
kemudian pada perkembangannya diikuti dengan sistem-sistem lainnya seperti perawatan prediktif dan TPM (*Total Productive Maintenance*).

Penerapan sistem perawatan prediktif dan TPM oleh industri di Indonesia pada umumnya baru sedikit diterapkan, itupun baru sebatas di beberapa industri manufaktur yang pada umumnya merupakan industri manufaktur diskrit. Sedangkan pada industri proses yang bersifat kontinu pada umumnya baru menerapkan perawatan korektif dan perawatan preventif saja. Perawatan ini masih belum mengacu kepada produktivitas dari mesin tetapi baru terfokus pada perbaikan atau pencegahan mesin yang rusak saja. Selain itu perawatan dilakukan hanya oleh bagian perawatan saja belum merupakan tanggung jawab bersama seluruh personil yang ada diperusahaan, sehingga seringkali personil diluar bagian perawatan kurang merasa bertanggung jawab terhadap pemeliharaan kinerja mesinyang digunakannya. Oleh karena personil bagian perawatan mesin pada

umumnya terbatas, saat terjadinya kerusakan, mesin akan berhenti beroperasi relatif lama menunggu giliran untuk diperbaiki sehingga mesin menjadi kurang produktif dan mengakibatkan terjadinya kerugian biaya yang cukup tinggi.

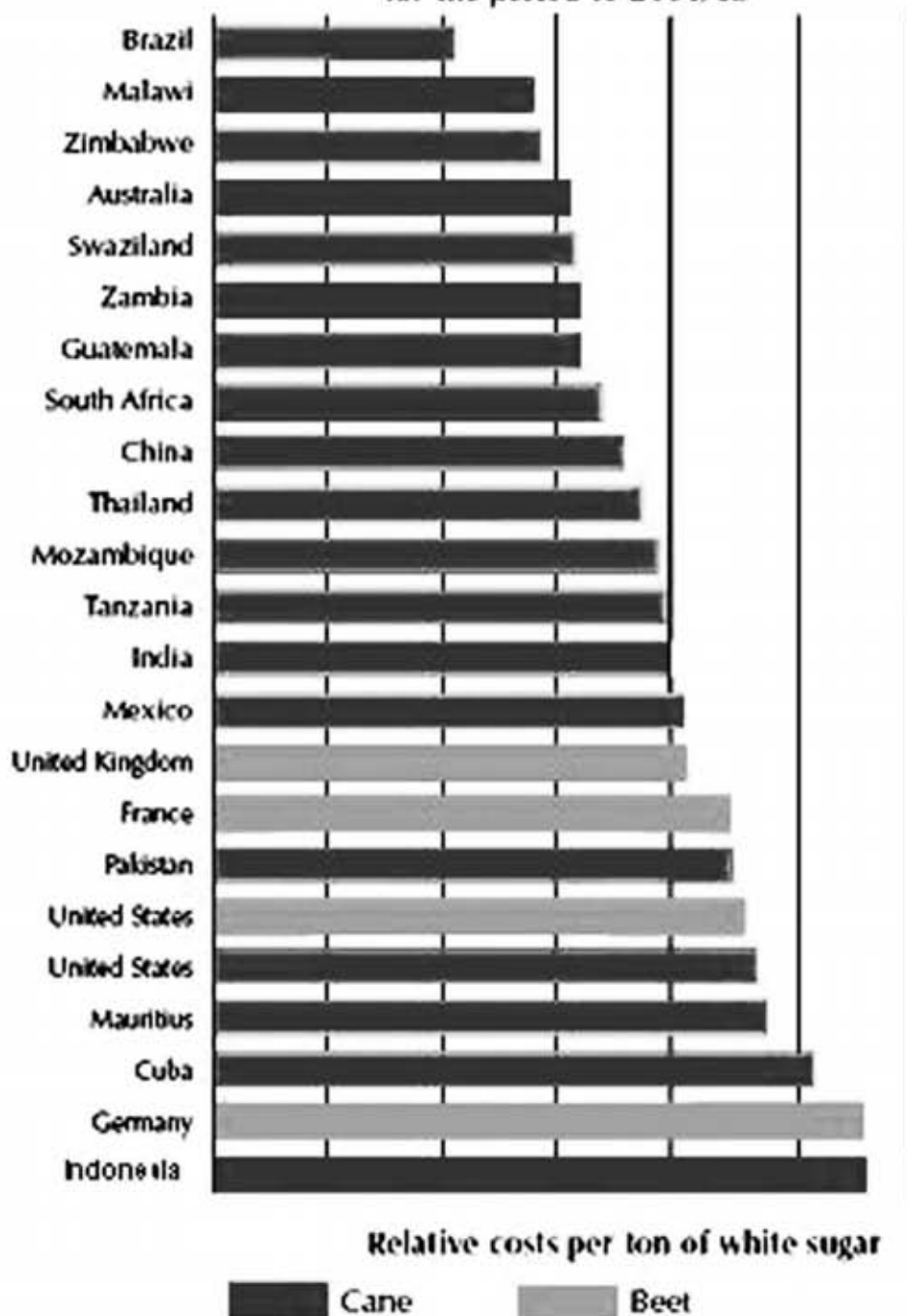
PERMASALAHAN SISTEM PERAWATAN MESIN DI INDUSTRI GULA INDONESIA

Sistem Manufaktur diklasifikasikan menjadi dua kelas utama yaitu industri manufaktur diskrit dan industri manufaktur kontinu. Industri manufaktur diskrit atau lebih sering disebut industri manufaktur diklasifikasikan lagi menjadi produksi *job shop*, produksi *batch* dan produksi massa (Abdullah, 2003). Klasifikasi ini berdasarkan jumlah produk dan variasi produk. Semakin banyak variasi produk dan jumlah produk yang semakin kecil, maka semakin fleksibel terhadap perubahan yang terjadi. Sedangkan Industri manufaktur kontinu atau dikenal



Gambar 1. Proses Pengolahan gula pasir (Queensland Government, 2005)

LOWEST COST SUGAR PRODUCERS for the period to 2004/05



Gambar 2. Harga relatif biaya produksi gula putih didunia
(www.worldofsugar/internationalSugarStats.htm)

Tabel 1. Biaya Produksi Gula di Beberapa Negara

Negara	Biaya Produksi per ton gula
	USD
Indonesia	356
Brazil	180
India	251
Thailand	248
Philippine	187

juga industri proses pada umumnya produk tidak ada perubahan yang signifikan sehingga karakternya menjadi lebih kaku. Perubahan pada proses maupun layout mesin hampir tidak diharapkan karena akan berdampak pada pengeluaran biaya yang cukup tinggi. Oleh karena itu gangguan kinerja mesin pada industri proses ini umumnya akan berakibat fatal dan menyebabkan kerugian dalam jumlah yang sangat besar.

Industri gula tebu termasuk salah satu jenis industri proses yang bersifat kontinyu. Di Industri gula ini digunakan beberapa mesin dan peralatan untuk memproses tebu sampai menjadi gula pasir seperti yang terlihat pada gambar 1.

Menurut Hafsah (2002), pada umumnya mesin-mesin yang dimiliki oleh industri gula di Indonesia sudah cukup berumur. Hal ini ditambah lagi dengan keterbatasan sumber daya manusia, keterbatasan biaya, manajemen, sistem perawatan mesin dan teknologi yang masih konvensional. Kendala ini pada umumnya menyebabkan industri gula Indonesia tidak dapat berkembang. Akibat kendala-kendala tersebut akhirnya produksi gula di Indonesia dalam beberapa tahun ini mengalami penurunan yang cukup drastis, sehingga tidak dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri sendiri. Berdasarkan data dari Sekretariat Dewan Gula Indonesia tahun 2001, produksi gula di Indonesia pada tahun

1986 sampai dengan tahun 1997 adalah mencapai 2,1 juta ton pertahun, tetapi setelah pada tahun 1998 sampai tahun 2000 produksi gula Indonesia menjadi hanya berkisar 1,4 - 1,6 juta ton pertahun saja.

Selain itu yang menyebabkan industri gula di Indonesia tidak kompetitif adalah tingginya biaya produksi, bila dibandingkan dengan beberapa negara produsen gula lainnya, akibatnya harga gula lokal relatif lebih mahal walaupun dengan kualitas yang lebih rendah dari kualitas gula impor. Sebagai gambaran, rata-rata biaya produksi gula di Indonesia dibandingkan dengan negara lainnya dapat dilihat pada gambar 2 dan tabel 1.

Apabila dilihat biaya giling tebu di Indonesia relatif tinggi yaitu 33% dari biaya produksi total sedangkan di negara lain seperti Thailand hanya sekitar 31% dan di Hawaii sekitar 23%. Tingginya komponen biaya giling ini diantaranya disebabkan karena kondisi pabrik yang sudah tua, sehingga biaya penyusutan dan perawatannya tinggi dan kualitas giling menjadi rendah (Prabowo dkk., 1985). Apalagi pada umumnya di perusahaan gula ini masih menggunakan sistem perawatan korektif dan preventif saja yang masih bersifat konvensional belum menerapkan sistem perawatan yang lebih terintegrasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem perawatan mesin merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kinerja mesin di industri gula. Untuk itu diperlukan suatu sistem perawatan mesin yang lebih tepat dan terintegrasi untuk meningkatkan produktivitas mesin yang dapat menekan biaya produksi yang pada akhirnya meningkatkan daya saing industri gula di Indonesia. Sistem perawatan tersebut akan difokuskan pada mesin yang paling kritis yaitu mesin giling yang mempunyai pengaruh besar terhadap proses, biaya produksi dan kualitas produk.

Tabel 2. Perkembangan Sistem Perawatan (Nakajima, 1988)

Era	Perawatan Korektif	Perawatan Preventif	Perawatan Produktif	Perawatan Total Produktif
Tahun	Sebelum 1950	1950	1960	1970
Gambaran	Memperbaiki atau mengganti komponen mesin jika terjadi kegagalan mesin	Memantapkan fungsi perawatan	Mengenali kepentingan dari kehandalan, perawatan dan efisiensi dalam perancangan pabrik yang ekonomis	Perawatan Total Produktif – mencapai efisiensi Perawatan Produktif melalui suatu sistem yang komprehensif berdasarkan pada respek individu dan partisipasi total dari pekerja.
Teori		<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>PM (Preventive Maintenance)</i> 1951- 2. <i>PM (Productive Maintenance)</i> 1954- 3. <i>MI (Maintainability Improvement)</i> 1957- 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Maintenance Prevention</i> 1960- 2. <i>Reliability Engineering</i> 1962- 3. <i>Maintainability Engineering</i> 1962- 4. <i>Engineering Economy</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Behavioral Sciences</i> 2. <i>Management for Innovation and Creation, Performance Analysis and Control, Foreman Plan</i> 3. <i>Systems Engineering</i> 4. <i>Ecology</i> 5. <i>Terotechnology</i> 6. <i>Logistic</i>

PERKEMBANGAN SISTEM PERAWATAN MESIN

Hampir semua barang yang dibuat oleh manusia pada akhirnya suatu saat akan rusak. Akan tetapi usia kegunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan berkala dengan suatu aktivitas yang dikenal dengan perawatan (*maintenance*). Menurut standar Inggris BS3811 (1976); "*Perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang bisa diterima*" (Azadeh, 2000). Perawatan ini dilakukan untuk mengeliminasi kegagalan suatu sistem dan kerusakannya, serta untuk memastikan peralatan/mesin agar dapat terus bekerja pada toleransi dan spesifikasi yang dirancang (Cooney, 2001). Hal ini memastikan bahwa pendefinisian fungsi-fungsi dan standar operasi dari suatu pabrik dan mesin perlu dilakukan untuk periode yang dibutuhkan

(Ashayeri, 1996; Lauer and Strauss, 1993).

Sistem perawatan merupakan suatu hal yang dinamis, ini karena pengaruh dari berbagai faktor lain dalam sistem tersebut, sebagai contoh intuisi, penilaian, dan pendanaan. Pabrik serta peralatan dan mesin akan berubah-ubah sesuai dengan karakteristik dari material yang digunakan dalam produksi dan perawatannya. Semua hal tersebut akan berdampak langsung terhadap lamanya waktu yang dibutuhkan oleh suatu sistem perawatan serta berbagai struktur, strategi, dan proses dalam pengambilan keputusan yang mendasarinya. Pada perawatan, yang pertama dan terutama adalah melokalisasi kesalahan yang sulit pada sejumlah antar muka antara produk, sistem, teknik-teknik pemrosesan. Hal ini mengakibatkan fungsi perawatan dan manajemennya menjadi lebih kompleks. Sebagai akibatnya terdapat ketergantungan yang lebih besar pada teknologi dan metodologi digunakan untuk

memonitor dan mendiagnosa penyebab dari kegagalan sistem dan risikonya, serta perbaikan dari akar permasalahan (Cooney,2001). Suatu kegagalan perawatan dapat dilihat sebagai ketidakmampuan untuk menghasilkan kinerja dengan cara yang tepat. Oleh karena itu, mesin akan mengalami penurunan dan sebagai akibatnya menghasilkan kinerja dengan mutu rendah atau biaya tinggi sehingga dikatakan gagal. Oleh karena itu ketika suatu sistem gagal, perawatan harus terpusat pertama kali pada penghilangan sumber kesalahan dan kedua mengembalikannya pada operasi normal secepat mungkin (Ayerbe,1995). Teknologi perawatan pada awalnya diperkenalkan oleh perusahaan-perusahaan di Amerikat Serikat dan Inggris, kemudian beberapa perusahaan di Jepang mulai menerapkannya. Penerapan teknologi perawatan di perusahaan – perusahaan Jepang sangat pesat bahkan dapat menemukan suatu sistem perawatan baru yang lebih terintegrasi yaitu TPM.

Menurut Seiichi Nakajima (1988), pencetus dari sistem TPM juga ketua dari JIPM (*The Japan Institute of Plant Maintenance*), sistem perawatan berdasarkan perkembangannya dapat dibagi menjadi empat yaitu:

- Perawatan korektif (*Corrective/Break Down/Run to failure-Maintenance*)
- Perawatan preventif (*Preventive/History/Time based-Maintenance*)
- Perawatan prediktif (*Predictive/Condition Based- Maintenance*)
- Perawatan total produktif (*Total Productive Maintenance/Reliability Centered Maintenance*).

Secara garis besar perkembangan sistem perawatan dapat dilihat pada tabel 2.

Perawatan Korektif

Sampai dengan tahun 1950-an, umumnya orang sudah mengenal

perawatan korektif. Suatu alat atau mesin akan dipakai terus menerus sampai suatu saat rusak mendadak dan selanjutnya dilakukan perawatan dengan cara memperbaiki atau mengganti bagian dari mesin yang rusak tersebut. Saat memperbaiki atau mengganti yang rusak mau tidak mau mesin akan berhenti beroperasi. Beberapa hal yang merugikan akibat terhentinya mesin beroperasi akan timbul, antara lain produktivitas akan terganggu karena terganggunya jadwal produksi, pengiriman barang terlambat yang mengakibatkan denda sehingga pada akhirnya semua ini akan menimbulkan biaya kompensasi yang tinggi. Namun seiring dengan berkembangnya otomatisasi dan kompleksitas dari kontrol sistem yang terkait, membuat keandalan dari mesin yang digunakan menjadi lebih penting lagi (Cooney, 2001). Terutama sekali pada industri proses, yang ditunjukkan dengan karakter peralatan yang khusus dan mahal, serta pertimbangan-pertimbangan ketatnya lingkungan kerja. Saat ini dengan batas keuntungan yang berkurang kebutuhan akan perencanaan perawatan dan kontrol sistem yang baik menjadi nyata. Akan tetapi seringkali perawatan menjadi proses sekunder dalam suatu perusahaan yang mempunyai produksi sebagai inti bisnisnya. Hal ini mengakibatkan kurangnya perhatian dari pihak manajemen terhadap perawatan (Ashayeri, 1996). Mengingat besarnya biaya kompensasi yang harus dikeluarkan pada saat melakukan perbaikan mesin pada cara perawatan korektif, timbul suatu pemikiran agar dapat melakukan suatu perawatan yang dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin sehingga muncul ide sistem perawatan preventif.

Perawatan Preventif

Perawatan preventif ini muncul pada tahun 1950, pada awalnya digunakan oleh perusahaan-perusahaan di Amerika

Serikat yang kemudian diikuti oleh perusahaan-perusahaan di Jepang dan kesalahan disain atau kualitas komponen mesin yang tidak sesuai

Delapan Pilar TPM yaitu:

1. 5S (Seiri, Seiton, Seisu, Seiketsu, Shitsuke)

TPM dimulai dengan landasan 5S yaitu:

1. *Seiri (orderliness)* yaitu mengatur penempatan/penyimpanan peralatan sesuai dengan fungsi dan pemakaiannya seperti kritis, penting, dan sering.
2. *Seiton (tidiness)* berarti kerapian dimana semua peralatan diatur secara sistematis.
3. *Seisu (clean up)* berarti membersihkan menjaga kebersihan lingkungan kerja.
4. *Seiketsu (Standardization)* yang berarti membuat standar –standar mengenai tempat kerja, mesin, kebersihan, dan semua standar yang dibutuhkan yang akan diterapkan di perusahaan
5. *Shitsuke (self discipline)* berarti selalu mematuhi peraturan yang berlaku

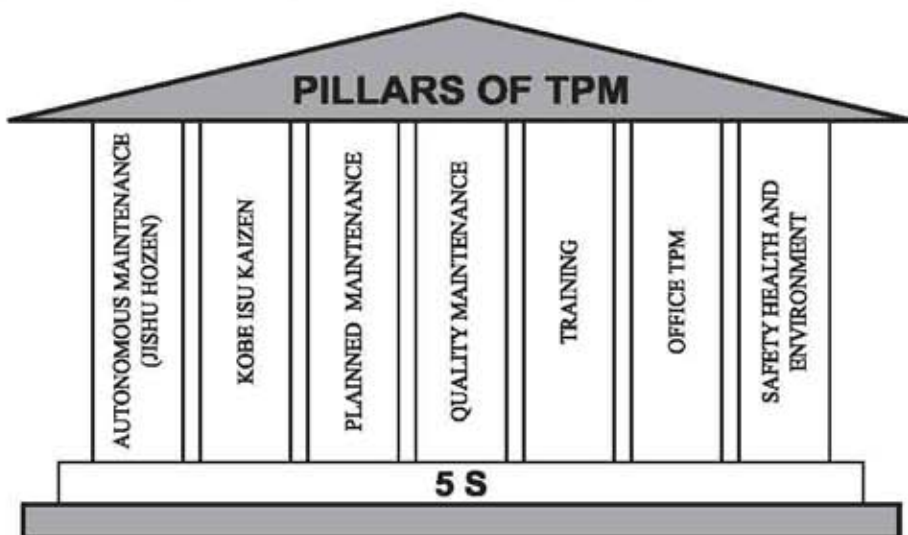
2. Pemeliharaan Mandiri (Jishu Hozen/Autonomous Maintenance, AM)

AM adalah salah satu kegiatan unik yang dimiliki TPM. Seperti telah dijelaskan, dalam praktek pemeliharaan

yang umum ditemukan ada pembagian tanggung jawab antara operator dan bagian pemeliharaan yang menyebabkan hilangnya rasa tanggung jawab dan ikut memiliki dari operator terhadap peralatannya. Kegiatan AM bertujuan membalik kecenderungan ini. Operator ikut terlibat dalam kegiatan rutin perawatan dan usaha-usaha perbaikan kecil yang mengurangi penyebab percepatan kerusakan peralatan (*accelerated deterioration*), pengawasan dan lain-lain.

3. Pengembangan Terfokus (Kobetsu Kaizen/Focused Improvement, FM)

FM adalah kegiatan yang dilakukan suatu tim lintas fungsional yang terdiri atas insinyur produksi, personil pemeliharaan dan operator. Tujuan kegiatan ini adalah meminimasi rugi-rugi yang telah ditetapkan sebelumnya. Rugi-rugi tersebut bukan hanya delapan rugi-rugi utama dalam pabrik tapi juga termasuk rugi-rugi material, manajemen, (energi dan *shutdown*) dan rugi-rugi yang berhubungan dengan orang-orang yang ada di perusahaan tersebut. Kegiatan FM ini difokuskan pada objek spesifik seperti proses, sistem aliran, suatu mesin.



Gambar 5. Delapan Pilar TPM (Venkatesh J,1996)]

4. Pemeliharaan terencana (*Planned Maintenance, PM*)

PM adalah kegiatan pemeliharaan yang terencana melingkupi tiga bentuk teknik perawatan: reaktif, korektif, preventif dan prediktif (telah dijelaskan di bagian sebelumnya). Tujuan dari kegiatan ini adalah mempertahankan kondisi proses dan peralatan yang optimal, dengan pemanfaatan anggaran secara efektif dan efisien. Dalam industri proses, manajemen sistem pemeliharaan sangat tergantung pada tiga hal: karakteristik peralatan, karakteristik kegagalan proses dan kegagalan peralatan, serta tingkat pengetahuan dan peran dari personil pemeliharannya. Esensi TPM adalah kerjasama tim yang terfokus pada kondisi dan kinerja suatu fasilitas tertentu. Tim ini terdiri dari atas orang-orang yang mengoperasikan, merawat, dan terkadang merancang fasilitas tersebut. Secara singkat tim ini merupakan tim yang terdiri dari orang-orang yang berasal dari disiplin ilmu dan tugas-tugas fungsional beragam. Dengan demikian *Total Productive Maintenance* adalah sistem perawatan yang melibatkan semua orang yang ada dalam pabrik tersebut untuk melakukan pemeliharaan dimana saja, kapan saja, dan siapa saja yang bertujuan untuk menghindari kerugian akibat kegagalan proses.

5. Manajemen Kualitas (*Quality Management, QM*)

QM adalah suatu metode guna membangun kualitas dan menghindari cacat melalui pengendalian proses dan peralatan. Dalam QM, variasi dalam karakteristik mutu produk dikendalikan dengan menjaga kondisi komponen peralatan yang mempengaruhinya. Karakteristik mutu dipengaruhi input produksi: peralatan, material, manusia, dan metode yang digunakan. Oleh karena itu langkah pertama dalam QM adalah menyelidiki hubungan antara faktor-faktor tadi dan karakteristik kualitas produk

dengan cara analisis kecacatan. Dalam proses industri, proses menentukan peralatan yang akan dipakai, karenanya fokus kualitas pertama adalah proses kemudian peralatan yang mendukungnya.

6. Pelatihan (*Training*)

Pelatihan bagi sumber daya manusia perusahaan adalah hal yang wajib dilakukan dalam implementasi TPM. Kegiatan TPM yang lain (*terutama AM dan PM*) tidak akan berjalan tanpa dukungan, pengetahuan dan ketrampilan yang memadai dari setiap individu di dalam perusahaan. Para operator harus mengetahui lebih dari sekedar mengoperasikan peralatan dan personil pemeliharaan harus memiliki ketrampilan yang lebih tinggi dari sekedar memperbaiki kerusakan

7. Departemen TPM (*Office/Departement TPM*)

Departemen TPM pendukung sangat penting perannya dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi administrasi TPM, mengidentifikasi dan menghilangkan kehilangan (*losses*). Aktivitas TPM yang dilaksanakan oleh departemen TPM tidak hanya berfungsi mendukung kegiatan-kegiatan TPM inti (*di bagian produksi*), tapi juga mampu memperkuat fungsi departemen bersangkutan dengan memperbaiki budaya kerja dan pengorganisasian.

8. Keamanan, Kesehatan (K2) dan Lingkungan (*Safety, Health and Environment*)

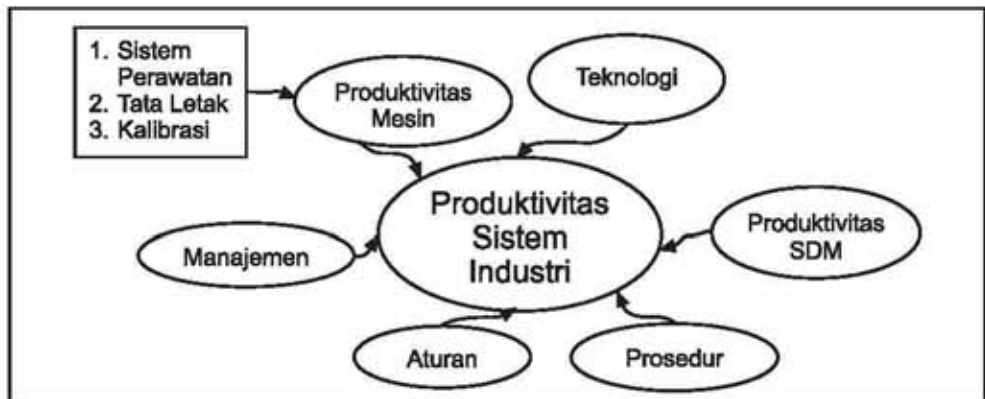
Kriteria manajemen K2 dan lingkungan adalah salah satu persyaratan wajib bagi suatu perusahaan untuk mendapatkan penghargaan TPM dari JIPM di tengah persaingan yang ketat dan persyaratan mutu yang mengikutsertakan faktor lingkungan (*ISO 14001*), masalah ini harus mendapat perhatian lebih besar dari pihak manajemen.

Kaitan Sistem Perawatan dan Produktivitas Mesin

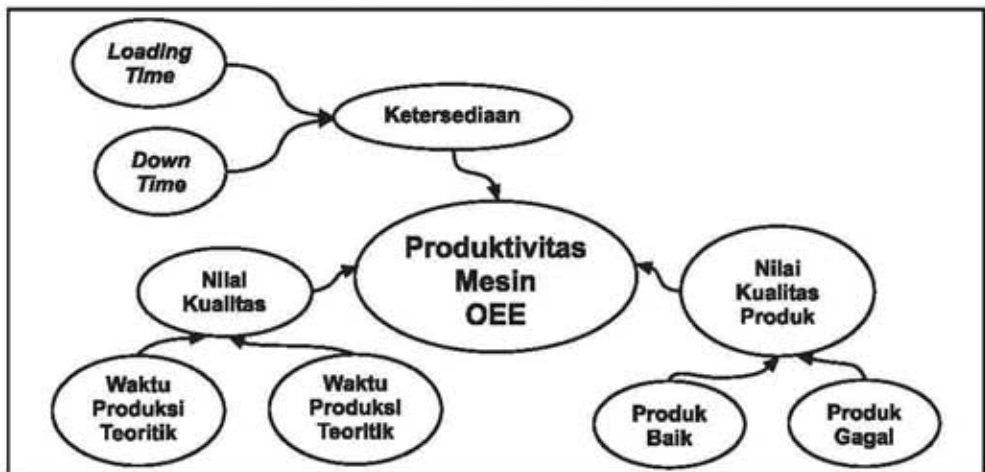
Mesin memegang peranan penting dalam keseluruhan kinerja dari suatu sistem industri. Kenyataannya produktivitas mesin berkaitan dengan keseluruhan kinerja sistem industri. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi keseluruhan produktivitas dari suatu organisasi industri diidentifikasi sebagai teknologi, produktivitas mesin, manajemen, produktivitas SDM, aturan dan prosedur (Azadeh, 2000). Faktor mesin terutama berkaitan dengan kondisi atau status mesin dalam suatu jangka waktu yang spesifik. Sistem perawatan mesin, kondisi tata letak mesin dan

kalibrasi mempengaruhi kondisi mesin seperti yang terlihat pada gambar 6.

Kondisi mesin diukur ini dengan menggunakan model produktivitas sederhana dan indikator-indikator. Produktivitas pada intinya adalah menghasilkan produk lebih banyak dengan sesedikit mungkin biaya atau usaha yang dikeluarkan, hal ini erat kaitannya dengan efisiensi. Pada Sistem perawatan TPM, indikator produktivitas mesin didefinisikan dalam bentuk ketersediaan, Nilai Kinerja dan Nilai Kualitas. Hubungan produktivitas mesin dan indikator-indikatornya dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6. Produktivitas Sistem Industri



Gambar 7. Produktivitas Mesin Menurut Sistem Perawatan TPM

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) merupakan alat ukur kuantitatif yang disediakan sistem TPM untuk mengukur produktivitas komponen-komponen produksi seperti peralatan, mesin, proses, dan pahat dalam suatu pabrik. OEE ini telah diterima secara luas dalam pengukuran produktivitas. Berdasarkan gambar 5 indikator-indikator produktivitas untuk menghitung OEE adalah:

$$\text{Ketersediaan} = \frac{\text{Total Loading Time} - \text{Total downtime}}{\text{Total Loading Time}} \quad (1)$$

$$\text{Nilai Kinerja} = \frac{\text{Total Waktu Proses Teoritis}}{\text{Total Waktu Proses Aktual}} \quad (2)$$

$$\text{Nilai Kualitas} = \frac{\text{Total Produk} - \text{Total Produk Gagal}}{\text{Total Produk}} \quad (3)$$

Total Loading time di hitung dari total waktu proses aktual + total downtime. Hal ini disebabkan loading time untuk tiap tahun dan tiap mesin berbeda (sesuai Beban Produksi)

- Total down time dihitung dari total breakdown setahun + total waktu set Up.
- Total waktu proses aktual didapatkan dengan menjumlahkan seluruh waktu proses aktual dari masing-masing produk selama 1 tahun.
- Total produk gagal dihitung berdasarkan waktu proses aktual dari produk gagal tersebut. Produk gagal ini diakibatkan kesalahan dari mesin saja.

Selanjutnya perhitungan untuk keefektifan mesin OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dilakukan dengan mengalikan ketiga bagian tersebut sebagai berikut:

$$\text{OEE} = \text{Ketersediaan} \times \text{Nilai Kinerja} \times \text{Nilai Kualitas} \quad (4)$$

Berdasarkan penghargaan yang pernah diberikan oleh Japan Institute of Planned Maintenance (JIPM) sebagai promotor kunci TPM melalui PM Prize, kondisi ideal OEE adalah sebagai berikut:

Ketersediaan > 90 %
 Nilai Kinerja > 95 %
 Nilai kualitas Produk > 99 %

Sehingga OEE ideal adalah :

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

OEE dapat juga dinyatakan seperti dalam persamaan 5.

$$\text{OEE} = \frac{\text{Jml Komponen yang diproduksi upp dlm total waktu}}{\text{Jml Komponen teoritis yang diproduksi upp dlm total waktu}} \quad (5)$$

Untuk memasukan keseluruhan komponen kedalam analisis sistem produksi diperlukan suatu pengukuran tingkat sistem yang disebut OTE (*Overall Throughput Effectiveness*) yang analog dengan OEE (Razzak, 2001) seperti yang terlihat pada persamaan 6.

$$\text{OTE} = \frac{\text{Jml Komponen yang diproduksi oleh sistem dlm total waktu}}{\text{Jml Komponen teoritis yang diproduksi oleh sistem dlm total waktu}} \quad (6)$$

Dimana:

upp: unit proses produksi

Penerapan TPM dalam industri manufaktur memberikan dampak positif yang cukup signifikan dalam mereduksi atau mengeliminasi down time yang tidak terencana. Volvo Gent melaporkan bahwa OEE dari perusahaan meningkat dari 66-69% sebelum penerapan TPM menjadi 90% sesudah penerapan TPM dimana kebanyakan peningkatan merupakan hasil dari eliminasi breakdown mesin dan penghentian-penghentian minor (Lungberg, 1998). Perusahaan Westinghouse melaporkan penghematan setelah menerapkan TPM. Mulai dari bulan Maret sampai September 2002, rata-rata OEE perusahaannya 45%, setelah menerapkan TPM meningkat menjadi 55% pada Oktober 2002 dan meningkat menjadi 72% pada Januari 2003. Selain itu kapasitas mesin juga terjadi peningkatan sebanyak 60% dan pekerjaan ulang dan biaya lembur dapat

dikurangi sampai USD 65,000 per tahun (Abdullah, 2003).

Belum ditemukan referensi yang melaporkan bagaimana dampak yang terjadi dari hasil penerapan TPM di Industri proses seperti industri gula khususnya industri gula di Indonesia. Berdasarkan karakter industri yang berbeda dengan karakter industri manufaktur, maka diperlukan kajian yang lebih mendalam dan pemodelan dari sistem perawatan yang sesuai dengan industri proses. Selain itu juga akan dilakukan modifikasi dalam penerapannya dengan mengadopsi sistem yang sudah ada atau menambahkan metode lain sehingga diperoleh sistem perawatan baru yang lebih tepat bagi industri proses.

KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat dilihat bahwa perawatan preventif dan perawatan prediktif adalah merupakan suatu sistem perawatan yang terencana dan sistematis serta memfokuskan pada kelangsungan proses produksi sebagai inti usahanya. Sistem-sistem diatas pada intinya adalah melakukan pencegahan atau mengurangi terjadinya kerusakan mendadak yang akan mengganggu kelangsungan sistem produksi. Hal ini berbeda dengan perawatan korektif yang sifatnya tidak terencana dan hanya bereaksi jika terjadinya kerusakan mendadak. Pada dasarnya suatu mesin akan dioperasikan terus-menerus sampai pada kondisi yang menyebabkan terjadi kerusakan mendadak, barulah diperbaiki. Sistem-sistem perawatan diatas kegiatan dan informasinya masih bersifat dari bawah keatas dimana awal dari kegiatan perawatan adalah dari bagian perawatan. Sedangkan TPM kegiatannya lebih bersifat dari atas kebawah dari pihak manajemen sampai ke pegawai paling bawah. Sistem perawatan TPM ini akan melibatkan seluruh komponen dalam

sistem industri itu sendiri dengan berorientasi pada produktivitas dan keuntungan ekonomis dari sistem.

Pada umumnya sistem-sistem perawatan yang dibahas masih bersifat global belum spesifik mengarah ke jenis industrinya. Sistem-sistem ini lebih banyak diterapkan di industri manufaktur seperti industri otomotif, pesawat terbang, industri senjata dan sebagainya. Penerapan sistem perawatan ini di industri proses sebagai contoh industri gula pada umumnya masih menggunakan sistem perawatan konvensional seperti perawatan korektif dan preventif saja. Penerapan perawatan mesin yang berorientasi terhadap produktivitas dan terintegrasi penuh yang melibatkan keberadaan seluruh komponen sistem industri seperti pada sistem perawatan TPM belum ditemukan referensinya. Dengan demikian peluang untuk merancang suatu sistem perawatan khusus bagi mesin di industri proses masih terbuka. Suatu rancangan sistem baru perawatan yang sesuai bagi perawatan mesin produksi di Indonesia akan dapat dibuat dengan mengambil objek mesin di pabrik gula. Diharapkan dengan ditemukannya suatu sistem perawatan baru tersebut dapat meningkatkan produktivitas dari pabrik gula.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Fawaz. 2003. *Lean Manufacturing Tools and Techniques in Process Industry with a Focus on Steel*. Dissertation. Department of Industrial Engineering, University of Pittsburgh. USA.
- Ashayeri J, Teelen A, and Selen W. 1996. *A Production and Maintenance Planning Model for The Process Industry*. *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No. 12, pp 3311-3326.

- Ayerbe A .1995. A Methodology for a Maintenance System Integrated with the Control Modules of a Flexible Manufacturing System. Proc., 12th. Conf., IMC, Competitive Manufacturing, pp 113-120.
- Azadeh MA. 2000. Optimizing the existing machinery resources. Technical Report. Vol. 3. University of Tehran and National Research Council of Iran
- Azadeh A, Ebrahimipour V. 2002. An Integrated Approach for Assessment of Manufacturing Sectors Based on Machine Performance: The Cases of Automotive and Food and Beverages Industries. Proceedings, Conference Manufacturing Complexity Network, 9-10 April 2002. Institute for Manufacturing, University of Cambridge.
- Brown, Michael V. 1999. Applying The Predictive Approach. New Standard Institute . Inc .
www.newstandardinstitute.com. 5 Juli 2006
- Cooney J. 2001. Development and Application of Condition Base Maintenance And Management in Food Manufacturing Symposium, 1-3 Dec. Mirce Academy of System Operational Sciences. Exeter, UK
- Hafsah, Jafar M. 2002. Bisnis Gula di Indonesia. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Lauer J, Strauß M. 1993. Maintenance Information Management in Action. Engineering & Automation XV, No. 2..
- Ljungberg O. 1998. Measurement of Overall Equipment Effectiveness as Basis for TPM Activities. International Journal of Operation & Production Management. Vol 18, No 5, pp 495-507.
- Nakajima, Seiichi.1988. Introduction to Total Productive Maintenance. Productivity Press, Cambridge Massachusetts.
- Nakajima, Seiichi .1989. Implementing Total Productive Maintenance", Productivity Press, Cambridge Massachusetts
- Prabowo, Diby, dkk.1985. Studi Masalah Gula dan Prospeknya di Masa Datang. Departemen Pertanian.
- Quensland Government , Department of industrial Relations. 2005. Sugar Mill Safety A Supplement To Sugar Industry Code of Practice 2005. Workplace Health and Safety Quensland
- Razzak MA. 2001. Metric For Factory Level Productivity. MS Thesis, University of Toledo. Ohio, USA.
- Venkantesh J. 1996. An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM), New Standard Institute.Inc.
www.newstandardinstitute.com. 5 Juli 2006
- [www. worldofsugar/international SugarStats.htm](http://www.worldofsugar/internationalSugarStats.htm), 24 April 2005.