JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI VOL. 3 NO. 1
TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANALISA *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* UNTUK MEMPERBAIKI SISTEM PERAWATAN MESIN DOP BERBASIS *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*
(Studi Kasus: PT XYZ – Malang)

THE ANALYSIS OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS TO IMPROVE THE DOP MACHINE MAINTENANCE SYSTEM BASED ON TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE
(Case Study: PT XYZ – Malang)

Baharuddin Yusuf[1)], Arif Rahman[2)], Rakhmat Himawan[3)]
Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: by_you254@yahoo.com[1)], posku@ub.ac.id[2)], himawan@ub.ac.id[3)]

Abstrak

Penelitian dilakukan di bengkel link belt PT XYZ. Pada proses pembuatan link belt, proses machining pada mesin DOP memiliki waktu kerusakan tinggi dan menghasilkan defect. Upaya pengurangan waktu kerusakan dan defect dapat dilakukan melalui manajemen perawatan menggunakan konsep TPM. Metode yang digunakan adalah Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Fault Tree Analysis, dan TPM. Tahap pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi Six Big Losses dan mengukur nilai OEE mesin DOP. Tahap selanjutnya membuat diagram FTA untuk mengetahui akar penyebab kerusakan serta probabilitas kegagalannya. Tahap terakhir adalah memberikan rekomendasi perbaikan berbasis TPM. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata nilai OEE mesin DOP adalah 70.37%. Penyebab rendahnya nilai OEE adalah tingginya waktu setup matris yaitu sebesar 190-200 menit dan adanya defect yang dihasilkan selama proses permesinan yang menyebabkan matris aus. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan adalah membuat toolbox yang dilengkapi toolpallet serta memberikan jadwal perawatan mesin DOP, mengganti dan mengasah matris potong yang tumpul setiap 13 hari.

***Kata kunci**: total productive maintenance, overall equipment effectiveness, six big losses, fault tree analysis*

1. Pendahuluan

Dalam usaha untuk menghasilkan suatu produk yang diinginkan dan dengan jumlah yang besar diperlukan suatu fasilitas atau mesin yang dapat digunakan secara optimal sehingga kegiatan produksi tidak mengalami gangguan dan dapat berjalan dengan lancar. Pada umumnya faktor penyebab gangguan produksi dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu faktor manusia, mesin, dan lingkungan. Faktor terpenting dari kondisi diatas adalah *performance* dan *availability* mesin produksi yang digunakan (Wahjudi, Tjitrodan Soeyono. 2009).

Penelitian ini dilakukan pada bengkel *link belt* PT XYZ. Pada bengkel *link belt* ini memiliki beberapa mesin dalam proses produksinya seperti mesin DOP (Chappuis Fritz Werner), mesin sepuh (Borel), Pancar Pasir, Onlate M6A, dan Onlate M6B. Mesin DOP mengalami total *downtime* akibat kerusakan maupun *setup* yang paling tinggi bila dibandingkan dengan mesin-mesin yang lain. Kerusakan mesin yang terjadi pada mesin DOP menyebabkan beberapa dampak kerugian yang harus dialami perusahaan, antara lain yaitu *output* berkurang dan *defect.* Secara singkat, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar nilai efektivitas dari mesin DOP?
2. *Losses* manakah yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap nilai efektivitas mesin DOP?
3. Bagaimana rekomendasi sistem perawatan yang sesuai?

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu langkah yang dilakukan dalam usaha peningkatan produktivitas dan efisiensi mesin produksi adalah dengan dengan menggunakan konsep *Total Productive Maintenance* (TPM). TPM merupakan filosofi pemeliharaan yang dikembangkan berdasarkan konsep-konsep dan metodologi *productive maintenance*. TPM

bertujuan untuk secara nyata meningkatkan produksi dan pada saat yang sama meningkatkan semangat dan kepuasan kerja karyawan (Chaidir. 2010). Penerapan TPM dalam perusahaan manufaktur diukur menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). OEE didefinisikan sebagai ukuran untuk mengevaluasi efektivitas peralatan yang berupaya untuk mengidentifikasi kehilangan produksi dan kehilangan biaya lain yang tidak langsung dan memiliki kontribusi besar terhadap biaya total produksi.

Beberapa penelitian terdahulu terkait dengan pengukuran efekifitas produksi adalah sebagai berikut:

1. Rahmad, Pratikto, dan Wahyudi (2012). Penelitian dilakukan di Pabrik Gula PT. Y untuk mengimplementasikan TPM dengan menerapkan OEE. Hasil penelitian menemukan masalah utama tentang *breakdown maintenance*. Faktor yang menyebakan rendahnya efektivitas mesin adalah *reduced speed loss* dan *breakdown loss*. Penyebab *reduced speed loss* disebabkan oleh faktor manusia, sedangkan penyebab *breakdown loss* disebabkan sistem perawatan mesin yang belum sesuai.
2. Susetyo (2009). Penelitian dilakukan pada mesin *cutter asahi* dan *paper machine* karena mesin tersebut mempunyai efek paling besar dalam proses produksinya. Berdasarkan pengolahan dan analisis data didapatkan besarnya nilai OEE yang masih dibawah standar perusahaan dunia yang disebabkan oleh *drop power energy* PLN. Hasil identifikasi FMEA diperoleh nilai RPN tertinggi pada *paper machine* dengan mode kegagalan yaitu *dirty*, serta hasil identifikasi FTA mengindikasikan bahwa probabilitas kegagalan tertinggi pada bagian *paper machine.*

Dari hasil komparasi secara teoritis beberapa metode diatas dan hasil studi pendahuluan di lapangan, metode yang digunakan pada penelitian di PT XYZ adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui efektivitas mesin dan peralatan produksi yang diteliti. Selanjutnya peneliti juga melakukan analisis *six big losses* untuk mengetahui faktor penyebab *losses* yang paling besar dan melakukan analisa akar masalah guna memberikan usulan perbaikan terhadap *losses* yang terjadi dengan implementasi TPM.

2. Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan metode penelitian kuantitatif yang merupakan perumusan teori pada sifat dan hubungan antar fenomena kuantitatif dari obyeknya dengan melakukan perhitungan. Penelitian ini dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah
   Identifikasi masalah dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada perusahaan. Dengan adanya permasalahan tersebut diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi yang bermanfaat bagi PT XYZ.
2. Survei Pendahuluan
   Survey pendahuluan dilakukan untuk menggali permasalahan dan menentukan obyek penelitian yang nantinya akan diteliti.
3. Studi Literatur (*Library Research*)
   Studi literatur sebagai pembelajaran teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti.
4. Rumusan Masalah
   Rumusan masalah merupakan hasil dari tahap identifikasi masalah. Topik penelitian dan identifikasi masalah yang telah diperoleh kemudian dikaji serta ditetapkan tujuan dari persoalan yang ada.
5. Penetapan Tujuan Penelitian
   Tujuan penelitian perlu ditetapkan agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang dibahas.
6. Pengumpulan Data
   Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain profil perusahaan PT XYZ, struktur organisasi, urutan proses produksi produk *link belt,* data kerusakan mesin, *loading time, set-up time, ideal cycle time,* jumlah output dan jumlah produk cacat.
7. Pengolahan Data
   Pengolahan data bertujuan untuk melakukan penyelesain dari masalah yang diteliti. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data meliputi:
   a. Perhitungan *Availability Rate* (AR)
      AR adalah rasio yang menggambarkan kesediaan mesin beroperasi atau pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin yang digunakan dalam proses produksi.
   b. Perhitungan *Performance Rate* (PR)
      PR adalah rasio yang menggambarkan

efektivitas kegiatan produksi berdasarkan operasi aktual dari peralatan.

c. Perhitungan *Rate of Quality* (QR)
QR adalah efektivitas kegiatan produksi berdasarkan kualitas produk yang dihasilkan. Nilai ini merupakan parameter kualitas hasil produksi.

d. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)
Perhitungan OEE bertujuan untuk mengukur efektifitas peralatan produksi keseluruhan dengan cara mengalikan faktor-faktor OEE yang berkontribusi yaitu *AR*, *PR*, dan *QR*.

e. Perhitungan *Six Big Losses*
Setelah diperoleh nilai OEE, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap besarnya masing-masing faktor yang terdapat dalam *six big losses* untuk mendapatkan faktor terbesar yang berpengaruh pada *losses*.

8. Analisis penyebab *losses* dengan *Fault Tree Analysis*
Fault Tree Analysis berfungsi untuk mendeskripsikan dan menilai kejadian-kejadian di dalam sistem yang terjadi dan menunjukkan kemungkinan-kemungkinan penyebab kegagalan sistem dari beberapa kejadian dan bermacam-macam masalah berdasarkan perhitungan *six big losses* yang telah dilakukan sebelumnya.
9. Rekomendasi sistem perawatan dengan konsep TPM
Tahap ini akan memberikan rekomendasi system perawatan sesuai dengan konsep TPM.
10. Kesimpulan dan Saran
Tahap ini berisi kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan dan analisa data yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan *Availability Rate* (AR)

Perhitungan AR dilakukan dengan persamaan berikut:

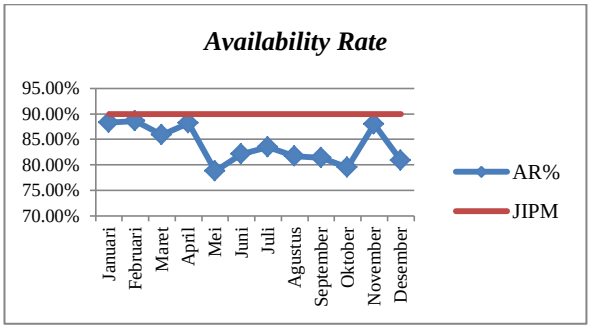
$$AR = \frac{Loading\ Time - Down\ Time}{Loading\ Time}\ x\ 100\% \qquad \text{(pers.1)}$$

Hasil perhitungan AR selama tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa nilai *availability rate* pada tahun 2013 belum memenuhi standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yang bernilai 90% (Nakajima, 1998), grafik *availability rate* dapat dilihat pada Gambar 1. Namun pada bulan Januari, Februari, April, dan November nilai *availability rate* mendekati standar JIPM. Hal ini dikarenakan *downtime* yang rendah pada bulan tersebut. Sedangkan pada bulan Mei memiliki nilai *availability rate* paling rendah dikarenakan tingginya waktu *downtime* yang disebabkan oleh matris mesin DOP.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Availability Rate*

No	Periode	*Loading time* (menit)	*Downtime* (menit)	*Operating time* (menit)	*AR* (%)
1	Jan	8820	1030	7790	88.32
2	Feb	8400	960	7440	88.57
3	Mar	7980	1130	6850	85.84
4	Apr	9240	1090	8150	88.20
5	Mei	9240	1960	7280	78.79
6	Juni	7980	1430	6550	82.08
7	Juli	9660	1600	8060	83.44
8	Agt	8400	1540	6860	81.67
9	Sep	8820	1640	7180	81.41
10	Okt	9240	1900	7340	79.44
11	Nov	8400	1010	7390	87.98
12	Des	10080	1930	8150	80.85
Rata-rata					83.88



Gambar 1. Grafik *Availability Rate*

3.2 Perhitungan *Performance Rate* (PR)

Perhitungan PR dilakukan dengan persamaan berikut:

$$PR = \frac{Output\ x\ Cycle\ Time\ Optimal}{Operating\ Time}\ x\ 100\% \qquad \text{(pers.2)}$$

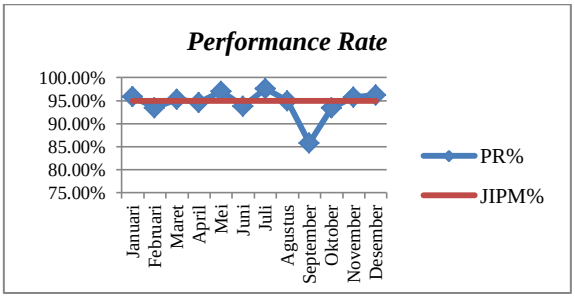
Hasil perhitungan PR selama tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai *performance rate* pada tahun 2013 mendekati standar JIPM yang bernilai 95% (Nakajima, 1998). Grafik *performance rate* dari mesin DOP dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai *performance rate* terendah pada bulan September yaitu sebesar 85.79%. Rendahnya nilai *performance rate* ini disebabkan pada bulan tersebut mesin DOP tidak dapat bekerja secara optimal sehingga

tidak dapat menghasilkan jumlah produk yang sesuai dengan *ideal run rate*-nya.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Performance Rate*

No	Periode	*Output* (Unit)	*Cycle time*	*Output x CT*	*Operating time* (menit)	*PR* (%)
1	Jan	373500	0.02	7470	7790	95.89
2	Feb	347500	0.02	6950	7440	93.41
3	Mar	326500	0.02	6530	6850	95.33
4	Apr	385500	0.02	7710	8150	94.60
5	Mei	353000	0.02	7060	7280	96.98
6	Juni	307000	0.02	6140	6550	93.74
7	Juli	393500	0.02	7870	8060	97.64
8	Agt	325500	0.02	6510	6860	94.90
9	Sep	308000	0.02	6160	7180	85.79
10	Okt	343000	0.02	6860	7340	93.46
11	Nov	354000	0.02	7080	7390	95.81
12	Des	392000	0.02	7840	8150	96.20
Rata-rata						94.48



Gambar 2. Grafik *Performance Rate*

3.3 Perhitungan *Rate of Quality* (QR)

Perhitungan QR dilakukan dengan persamaan berikut:

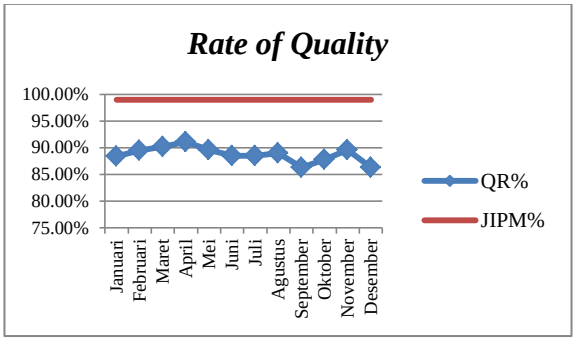
$$QR = \frac{Output - Defect\ Amount}{Output}\ x\ 100\% \qquad \text{(pers.3)}$$

Hasil perhitungan QR selama tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Rate of Quality*

No	Periode	*Output* (Unit)	*Defect* (Unit)	*RQ* (%)
1	Jan	373500	43500	88.35
2	Feb	347500	36500	89.50
3	Mar	326500	32000	90.20
4	Apr	385500	34250	91.12
5	Mei	353000	36650	89.62
6	Juni	307000	35250	88.52
7	Juli	393500	45500	88.44
8	Agt	325500	35750	89.02
9	Sep	308000	42250	86.28
10	Okt	343000	41750	87.83
11	Nov	354000	37000	89.55
12	Des	392000	53750	86.29
Rata-rata				88.73

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa nilai *rate of quality* pada tahun 2013 belum memenuhi standar JIPM yang bernilai 99% (Nakajima, 1998). Grafik dapat dilihat pada Gambar 3. Rendahnya nilai *rate of quality* pada tahun 2013 disebabkan oleh matris yang sudah tumpul masih digunakan untuk produksi dan juga penyimpanan serta *material handling* hasil produksi mesin DOP yang dilakukan.



Gambar 3. Grafik *Rate f Quality*

3.4 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Perhitungan OEE dilakukan dengan persamaan berikut:

$$OEE = AR\ x\ PR\ x\ QR \qquad \text{(pers.4)}$$

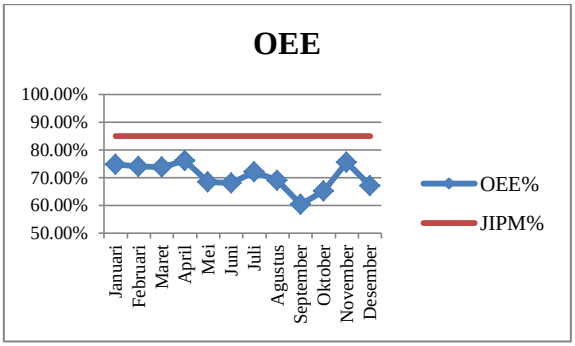
Hasil perhitungan OEE selama tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan OEE

No	Periode	AR (%)	PR (%)	QR (%)	OEE (%)
1	Jan	88.32	95.89	88.35	74.83
2	Feb	88.57	93.41	89.50	74.05
3	Mar	85.84	95.33	90.20	73.81
4	Apr	88.20	94.60	91.12	76.03
5	Mei	78.79	96.98	89.62	68.47
6	Juni	82.08	93.74	88.52	68.11
7	Juli	83.44	97.64	88.44	72.05
8	Agt	81.67	94.90	89.02	68.99
9	Sep	81.41	85.79	86.28	60.26
10	Okt	79.44	93.46	87.83	65.21
11	Nov	87.98	95.81	89.55	75.48
12	Des	80.85	96.20	86.29	67.11
Rata-rata					70.37

Hasil perhitungan OEE selama tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 4. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa besar nilai rata-rata OEE selama tahun 2013 sebesar 70.37%. OEE dengan standar yang ditentukan JIPM untuk indeks yang ideal menurut Nakajima (1988) seharusnya mempunyai nilai OEE ≥ 85% yaitu perkalian dari *availability* ≥ 90%, *performance* ≥ 90%, dan *rate of quality* ≥ 99%. Grafik hasil penghitungan OEE mesin DOP dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4

diketahui bahwa nilai efektivitas dari mesin DOP masih memerlukan evaluasi untuk dilakukan perbaikan dalam upaya untuk meningkatkan efektivitas mesin, sehingga nilai tersebut dapat ditingkatkan hingga mencapai minimal OEE 85%.



Gambar 4. Grafik Nilai OEE

3.5 Perhitungan *Six Big Losses*

Perhitungan *six big losses* dibagi atas tiga kategori besar yaitu *downtime, speed losses* dan *quality losses* (Nakajima, 1988).

1. *Downtime*

a. *Equipment Failure* (*breakdown losses*)

Breakdown losses adalah keadaan dimana mesin / peralatan yang ada mengalami kerusakan, sehingga mesin tersebut harus dihentikan operasinya.

$$Breakdown\ losses(\%) = \frac{breakdown\ time}{loading\ time} x100\% \quad \text{(pers.5)}$$

b. *Setup and adjustment losses*

Setup and adjustment losses merupakan waktu yang diperlukan untuk *setup* mesin mulai dari mesin berhenti hingga beroperasi dengan normal.

$$Setup\ and\ adjustment\ losses(\%) = \frac{setup\ time}{loading\ time} x100\% \quad \text{(pers.6)}$$

2. *SpeedLosses*

a. *Reduced speed*

Reduced speed disebabkan terjadinya pengurangan atau penurunan kecepatan operasi mesin.

$$Reduced\ speed\ (\%) = \frac{operation\ time - (ideal\ cycle\ time\ x\ output)}{loading\ time} x100\% \quad \text{(pers.7)}$$

b. *Idling and Minor Stoppages*

Idling and Minor Stoppages disebabkan mesin berhenti sesaat ataupun terganggu oleh faktor eksternal.

$$Idling\ and\ minor\ stoppages(\%) = \frac{non\ productive}{loading\ time} x100\% \quad \text{(pers.8)}$$

3. *Quality Losses*

a. *Quality defect* (*process defect*)

Quality defect (*process defect*) merupakan hasil proses produksi yang tidak memenuhi standar dari *quality control*. *Process defect* menunjukkanbahwa ketika suatu produk rusak dan tidak bisa dipakai, maka lama waktu mesin memproduksinya adalah suatu kerugian.

$$Quality\ defect\ (\%) = \frac{cycle\ time\ x\ defect}{loading\ time} x100\% \quad \text{(pers.9)}$$

b. *Yield Losses*

Yield losses merupakan kerugian yang diakibatkan percobaan bahan baku pada saat melakukan *setting* mesin yang akan beroperasi sampai tercapainya proses yang stabil.

$$Yield\ losses\ (\%) = \frac{cycle\ time\ x\ defect\ saat\ setting}{loading\ time} x100\% \quad \text{(pers.10)}$$

Rekapitulasi perhitungan *six big losses* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Rekapitulasi Persentase *Six Big Losses*

No	Periode	*Availability Rate*		*Performance Rate*	*Quality Rate*
		Breakdown Losses (%)	*Setup Losses (%)*	*Reduced Speed* dan *Idling & Minor Stoppage (%)*	*Quality Defect* dan *Yield Losses (%)*
1	Jan	7.14	4.54	3.63	9.86
2	Feb	6.55	4.88	5.83	8.69
3	Mar	9.02	5.14	4.01	8.02
4	Apr	7.25	4.55	4.76	7.41
5	Mei	13.20	8.01	2.38	7.93
6	Juni	12.78	5.14	5.14	8.83
7	Juli	10.56	6.00	1.97	9.42
8	Agt	9.88	8.45	4.17	8.51
9	Sep	14.29	4.31	11.56	9.58
10	Okt	12.77	7.79	5.19	9.04
11	Nov	6.79	5.24	3.69	8.81
12	Des	12.00	7.14	3.08	10.66

Dari Tabel 5 dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui *time losses* terbesar selama tahun 2013. Untuk mengetahui *time losses* dapat dihitung dengan perkalian antara masing-masing *six big losses* dengan *loading time*. Hasil perhitungan *time losses* dapat dilihat pada Tabel 6. Dari total waktu dalam setiap *six big losses* dapat dihitung persentase dan kumulatifnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

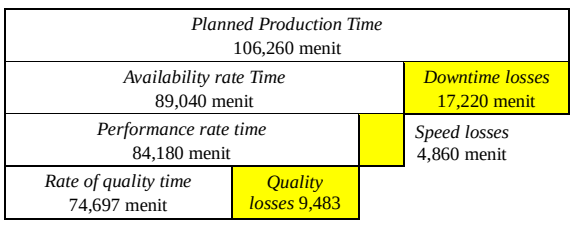
Tabel 6. Hasil Perhitungan *Time Losses* (menit)

No	Periode	*Availability Rate*		*Performance Rate*	*Quality Rate*
		Breakdown Losses	***Setup Losses***	***Reduced Speed* dan *Idling & Minor Stoppage***	***Quality Defect* dan *Yield Losses***
1	**Jan**	630	400	320	870
2	**Feb**	550	410	490	730
3	**Mar**	720	410	320	640
4	**Apr**	670	420	440	685
5	**Mei**	1220	740	220	733
6	**Juni**	1020	410	410	705
7	**Juli**	1020	580	190	910
8	**Agt**	830	710	350	715
9	**Sep**	1260	380	1020	845
10	**Okt**	1180	720	480	835
11	**Nov**	570	440	310	740
12	**Des**	1210	720	310	1075
Total		10880	6340	4860	9483

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Persentase Kumulatif *Time Losses Six Big Losses* 2013

Kelompok *Losses*	***Six Big Losses***	***Time Losses* (menit)**	**%**	**% Kumulatif**
Downtime Losses	*Breakdown Losses*	10880	34.47	34.47
	Setup & Adjustment Losses	6340	20.09	54.56
Speed Losses	*Reduced Speed* dan *Idling & Minor Stoppage*	4860	15.40	69.96
Quality Losses	*Quality Defect* dan *Yield Losses*	9483	30.04	100

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa faktor terbesar yang menyebabkan *losses* yang berpengaruh terhadap efektivitas mesin DOP adalah faktor *breakdown losses* sebesar 34.47%. Sedangkan faktor *reduced speed* dan *idling & minor stoppage* memberikan pengaruh yang paling kecil yaitu sebesar 15.40%. Selanjutnya, grafik hubungan *time losses* dengan OEE ditunjukkan pada Gambar 5.

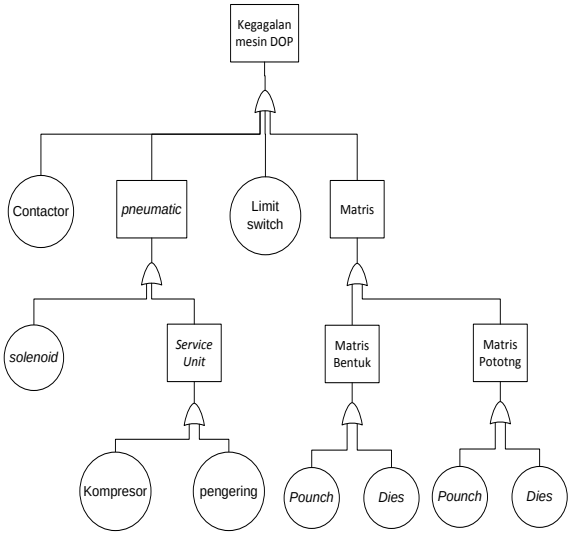


Gambar 5. *Time Losses* pada Mesin DOP

3.6 Analisa Hasil

3.6.1 *Fault Tree Analysis*

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan (Vesley et al, 1981). Dalam hal ini, FTA digunakan untuk mengetahui akar penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin DOP. Diagram *Fault Tree Analysis* penyebab kegagalan mesin DOP dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Fault Tree Analysis* Mesin DOP

1. *Contactor*

   Contactor merupakan alat yang digerakkan secara magnetis untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik. *Contactor* adalah jenis saklar yang bekerja apabila kumparan diberi energi.

2. *Pneumatic*

   Kegagalan *pneumatic* disebabkan oleh *solenoid valve*, dan *service unit*. Pada sistem *pneumatic*, *solenoid valve* bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator *pneumatic* (silinder). Penyebab lain kegagalan pada *pneumatic* adalah *service unit* yang terdiri dari *Filter* (Penyaring), dan *Lubricator* (Pelumasan). Penyebab kegagalan pada *service unit* adalah tekanan dari kompresor udara yang terlalu tinggi serta udara yang mengandung kadar air.

3. *Limit Switch*

   Limit switch merupakan alat yang digunakan sebagai sensor. Dalam hal ini merupakan sensor pengaman yang digunakan untuk mematikan mesin secara otomatis. Penyebab kegagalan yang terjadi

adalah mesin kekurangan oli sehingga mengakibatkan mesin secara otomatis akan mati. *Limit switch* ini berperan sebagai pengaman agar komponen mesin tidak mengalami kerusakan akibat kelalaian operator dalam pengisian oli mesin.

4. Matris

   Matris adalah suatu *tool* yang digunakan untuk memotong *spring steel* dan membentuknya sesuai dengan bentuk yang ditetapkan. Matris dalam mesin DOP terdiri dari matris potong dan matris bentuk. Matris potong dan bentuk sendiri terdiri dari sebuah *dies* dan *pounch*. Masalah yang sering terjadi adalah *dies* dan *pounch* yang tumpul sehingga perlu dilakukan penajaman.

Setelah mengetahui akar penyebab masalah berdasarkan FTA, maka langkah selanjutnya adalah mencari *minimal cut set.* Beri permisalan pada setiap gerbang dan kejadian untuk memudahkan perhitungan. Misalkan:

T adalah *top event*
P adalah *primary event* (*basic event*)
G adalah *intermediate event*
Sehingga T = Kegagalan Mesin DOP
P1 = *Contactor*
P2 = *Limitswitch*
P3 = *solenoid*
P4 =*Pounch*(matris bentuk)
P5 = *Dies* (matris bentuk)
P6 = *Pounch* (matris potong)
P7 = *Dies* (matris potong)
P8 = Pengering
P9 = Selang udara
G1 = *Pneumatic*
G2 = Matris
G3 = *Service unit*
G4 = Matris potong
G5 = Matris bentuk

Pada Gambar 6 diketahui bahwa kegagalan mesin DOP disebabkan oleh 9 *basic event* yang berbeda. Selanjutnya dilakukan perhitungan probabilitas kegagalan dari masing masing *event* untuk mengetahui berapa probabilitas terjadinya masing-masing *event*. Probabilitas tersebut dihitung berdasarkan frekuensi terjadinya suatu *event* yang dapat dicari dengan rumus berikut:

$$Probabilitas = \frac{frekuensi\ kegagalan}{frekuensi\ pemakaian} \quad \text{(pers.11)}$$

Hasil perhitungan probabilitas dari masing-masing *basic event* dapat dilihat pada Tabel 8. Dari Tabel 8 didapatkan probabilitas kejadian masing-masing *basic event*. Langkah selanjutnya adalah menentukan probabilitas kegagalan komponen utama berdasarkan *event* dan *sub event* yang menyebabkan kegagalan mesin DOP yang didasarkan pada diagram *Fault tree analysis* pada Gambar 6.

Tabel 8. Probabilitas Kejadian *Basic Event* Tahun 2013

Simbol	*Basic event*	Frekuensi Kegagalan	Probabilitas Kejadian
P1	*Contactor*	1	0.004
P2	*Limit switch*	1	0.004
P3	*Solenoid*	1	0.004
P4	*Pounch* (matris bentuk)	5	0.020
P5	*Dies* (matris bentuk)	4	0.016
P6	*Pounch* (matris potong)	27	0.108
P7	*Dies* (matris potong)	26	0.104
P8	Pengering	2	0.008
P9	Kompresor	1	0.004

Perhitungan probabilitas dari masing-masing *event* adalah sebagai berikut:

1. Probabilitas kejadian *event pneumatic*
   P(G3) = P(P9∪P8)
   = P(P9) + P(P8) – P(P9∩P8)
   = 0.004 + 0.008 – (0.004 x 0.008)
   = 0.012 – 0.000032 = 0.011968
   P(G1) = P(G3∪P3)
   = P(G3) + P(P3) – P(G3∩P3)
   = 0.011968 + 0.004 – 0.0000478
   = 0.01592
2. Probabilitas kejadian *event* matris
   P(G4) = P(P4∪P5)
   = P(P4) + P(P5) – P(P5)
   = 0.020 + 0.016 – 0.016 = 0.020
   P(G5) = P(P6∪P7)
   = P(P6) + P(P7) – P(P7)
   = 0.108+ 0.104– 0.104 = 0.108
   P(G2) = P(G4∪G5)
   = P(G4) + P(G5) – P(G4∩G5)
   = 0.020+ 0.108– 0.020 = 0.108
3. Probabilitas kejadian *eventcontactor*
   P(P1) = 0.004
4. Probabilitas kejadian *eventlimit switch*
   P(P2) = 0.004
5. Probabilitas kejadian *top event* kegagalan mesin DOP
   P(T) = P(P1∪G1∪P2∪G2)
   = P(P1) + P(G1) + P(P2) + P(G2) – P(P1∩G1) – P(P1∩P2) –

P(P1∩G2) – P(G1∩P2) – P(G1∩G2) – P(P2∩G2) + P(P1∩G1∩P2) + P(P1∩G1∩G2) + P(P1∩P2∩G2) + P(G1∩P2∩G2) – P(P1∩G1∩P2∩G2)

= 0.004 + 0.01592 + 0.004 + 0.108– (0.000064) – (0.000016) – (0.00043) – (0.000064) – (0.00172) – (0.00043) + (0.00000026) + (0.000006877) + (0.00000172) + (0.000006877) – (0.000000027)

= 0.129211707

Probabilitas kegagalan mesin DOP dan penyebabnya dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan hasil perhitungan probabilitas kejadian pada Gambar 7 dan dihubungkan dengan perhitungan *six big losses*, maka didapatkan faktor yang menyebabkan nilai OEE mesin DOP tidak mencapai nilai standard *world class* atau JIPM yg sebesar 85% adalah dikarenakan *breakdown time* yang tinggi yang disebabkan oleh *event* G2 (matris) dengan probabilitas kejadian sebesar 0.108. *Event* G2 (matris) ini juga memiliki jumlah waktu kerusakan yang paling besar yaitu sebesar 9,040 menit. Penyebab yang kedua yaitu *event* G1 (*pneumatic*) dengan probabilitas kejadiannya adalah sebesar 0.01592. Faktor yang ketiga yaitu *basic event* P1 (*limit switch*) dan keempat yaitu *basic event* P2 (*contactor*) dengan probabilitas kejadiannya sebesar 0.004.

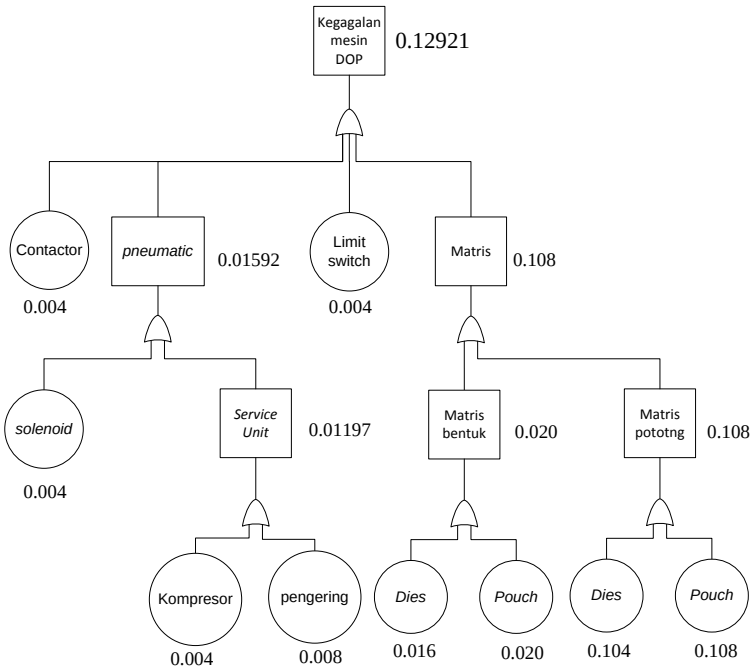
3.6.2 *Rekomendasi Perbaikan*

Rekomendasi perbaikan yang diberikan guna meningkatkan nilai OEE mesin DOP berdasarkan konsep delapan pilar *Total Productive Maintenance* adalah sebagai berikut:

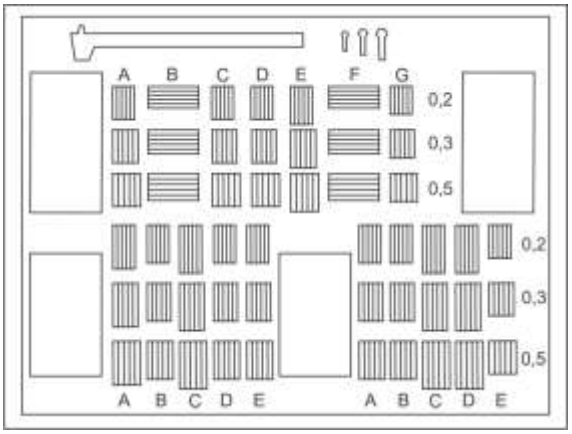
1. 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*)

   Berdasarkan hasil analisa *downtime losses* pada tahapan sebelumnya, tingginya *downtime* yang ditimbulkan oleh *breakdown* dan *setup* mesin pada mesin DOP terdapat kegiatan yang tidak bernilai tambah yaitu mencari *tools* serta alas yang diperlukan untuk memasang matris tersebut. Dalam hal ini *tool* yang dibutuhkan oleh operator pada mesin DOP berupa jangka sororng, kunci L ukuran 3, 4, dan ukuran 5 serta alas untuk matris dengan ukuran 0.2, 0.3, dan 0.5.

   Rekomendasi yang bisa diusulkan dari pilar 5S adalah *seiton*. *Seiton* berarti semua area dan barang dalam keadaan rapi untuk memudahkan pencarian *tools* yang dibutuhkan operator untuk proses produksi. Penataan dilakukan dengan memberikan *toolbox* dengan *tool pallet* sebagai tempat untuk meletakkan *tools* tersebut. Penataan bisa dilakukan dengan memanfaatkan meja yang berada di samping mesin sebagai tempat *toolbox*. Rancangan *tool pallet* dapat dilihat pada Gambar 8. Dengan rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi waktu *downtime* yang terjadi pada mesin DOP.



Gambar 7. Probabilitas *Fault Tree Analysis* Mesin DOP



Gambar 8. Rekomendasi Rancangan *Tool Pallet*

2. *Autonomous maintenance*

Kegiatan *autonomous maintenance* atau perawatan mandiri yang diusulkan antara lain:

a. Berdasarkan hasil analisa *speed losses* pada tahapan sebelumnya, *ideal cycle time* mesin DOP seharusnya dapat menghasilkan 50 produk per menitnya. Namun dengan adanya *speed losses* yang terjadi dikarenakan adanya *geram* sisa-sisa proses pemesinan yang menghambat jalannya proses produksi sehingga hasil produksi tidak sesuai dengan *ideal cycle time* mesin DOP. Maka dapat diberikan rekomendasi yaitu Operator harus selalu membersihkan *gram* sisa-sisa produksi agar tidak menghambat jalannya produksi. Pembersihan dilakukan dengan angin yang disemprotkan dengan menggunakan selang berdiameter 7.5 mm pada meja kerja matris.

b. Berdasarkan hasil analisa *fault tree analysis* pada tahapan sebelumnya, *downtime* dapat disebabkan oleh kurangnya oli pada mesin DOP. Untuk menghindari hal tersebut maka rekomendasi yang diusulkan yaitu operator melakukan pengecekan indikator oli setiap memulai aktivitas kerja. Pengecekan indikator oli perlu dilakukan untuk memastikan oli mesin mencukupi untuk proses produksi sehingga mesin tidak perlu mati karena kekurangan oli. Apabila indikator oli berada pada batas merah perlu sebaiknya untuk dilakukan pengisian oli yaitu sebanyak 1,5 liter. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak teknisi di mesin DOP terdapat *limit switch* yang secara otomatis akan mematikan mesin ketika bak oli kekurangan oli.

c. Berdasarkan hasil analisa *fault tree analysis* pada tahapan sebelumnya, *downtime* dapat disebabkan oleh kegagalan pada *service unit* yang disebabkan oleh tekanan dari kompresor udara yang terlalu tinggi serta udara yang mengandung kadar air. Rekomendasi yang diberikan untuk mengatasi hal tersebut yaitu operator melakukan pengecekan dan mengatur tekanan udara yang dibutuhkan untuk proses produksi. Operator melakukan pengecekan setiap memulai aktivitas kerja sehingga *downtime* yang ditimbulkan akibat tekanan udara bisa diminimalisir. Tekanan dapat diatur dengan memutar tombol pengontrol sesuai dengan kebutuhan.

3. *Kobetzu kaizen*

Kobetzu kaizen atau perbaikan bertahap bertujuan untuk mengurangi *losses* di tempat kerja yang mempengaruhi efisiensi. Kegiatan perbaikan bertahap yang diusulkan antara lain:

a. Berdasarkan hasil analisa *fault tree analysis* pada tahapan sebelumnya, *downtime* karena kegagalan pada *service unit* disebabkan oleh tekanan dari kompresor udara yang terlalu tinggi serta udara yang mengandung kadar air. Rekomendasi yang diusulkan untuk mengatasi hal tersebut yaitu menambahkan regulator tekanan udara yang dilengkapi filter untuk bengkel *link belt.* Tujuan penambahan ini adalah agar tekanan udara dapat disesuaikan sesuai kebutuhan serta mengurangi kadar air maupun kotoran yang terbawa dalam udara. Dengan demikian, *downtime* yang ditimbulkan akibat tekanan udara bisa diminimalisir.

b. Berdasarkan hasil analisa *downtime losses*, *quality losses*, dan *fault tree analysis* pada tahapan sebelumnya tingginya *downtime* yang ditimbulkan oleh *breakdown* dan *setup* mesin pada mesin DOP serta adanya produk *reject* dikarenakan tidak adanya cadangan matris yang disediakan oleh perusahaan. Sedangkan proses perbaikan dan setting matris membutuhkan waktu yang lama. Maka rekomendasi yang diusulkan yaitu

menambah matris cadangan untuk mengurangi *downtime*. Apabila matris perlu perbaikan / diasah, matris cadangan dapat segera dipasangkan pada mesin DOP sehingga tidak perlu menunggu waktu yang lama untuk pengasahan matris. Waktu *setup* juga dapat diturunkan karena setting matris sudah disiapkan sebelumnya sehingga tinggal dilakukan setting dan pemasangan matris pada holdernya.

4. *Planned maintenance*

Berdasarkan hasil analisa *downtime losses, quality losses,* dan *fault tree analysis* pada tahapan sebelumnya, *planned maintenance* mesin DOP dapat dilakukan dengan melakukan *preventive maintenance.* Berdasarkan frekuensi kegagalan dalam 1 tahun dari *fault tree analysis* mesin DOP pada Tabel 8 dapat diberikan suatu rekomendasi perbaikan dengan memberikan jadwal perawatan mesin DOP. Seperti halnya pada matris potong dalam 1 tahun (360 hari) terjadi *breakdown* sebanyak 27 kali sehingga harus dilakukan perbaikan setiap 13 hari.

Preventive maintenance merupakan tindakan perawatan pencegahan sebelum terjadi kerusakan seperti halnya melakukan pengecekan kondisi mesin serta perbaikan setiap 1 bulan sekali dari baut, mekanik, elektrik dan *pneumatic*-nya. Melakukan *service* dan pembersihan pada *contactor* dan *solenoid* satu tahun 2 kali yaitu pada minggu pertama dan minggu ke-27. Mengganti matris potong dengan matris potong cadangan setiap 13 hari. Mengganti matris bentuk dengan matris bentuk cadangan setiap 9 minggu, jadwal selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9.

5. *Quality maintenance*

Berdasarkan hasil analisa *quality losses* pada tahapan sebelumnya, kualitas hasil produksi dari mesin DOP masih kurang baik. Hal tersebut dapat dilihat dari *rate of quality* yang memiliki nilai sebesar 88,73%. Nilai tersebut berada dibawah standar JIPM yang sebesar 99%, hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah produk *reject* yang dihasilkan mesin DOP tergolong besar. Pada mesin DOP, komponen yang berpengaruh terhadap kualitas hasil produksi adalah Matris yang digunakan. Karena proses pemesinan, matris yang digunakan lama-kelamaan menjadi aus. Matris yang sudah tumpul namun dipaksakan produksi maka produk yang dihasilkan mengalami cacat yaitu bibir *link belt* kasar sehingga perlu untuk segera dilakukan perbaikan matris. Rekomendasi yang dapat diusulkan adalah mengasah matris sesuai dengan jadwal perawatan pada Tabel 10 dan menggantinya dengan cadangan matris yang sudah diasah.

Tabel 9. Jadwal Perawatan Mesin DOP Minggu 1-26

No	Basic event	Minggu																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	*Contactor*																										
2	*Limit switch*																										
3	*Solenoid*																										
4	*Pounch* (bentuk)																										
5	*Dies* (bentuk)																										
6	*Pounch* (potong)																										
7	*Dies* (potong)																										
8	Regulator tekanan udara																										
9	Pengecekan berkala																										

Tabel 9. Jadwal Perawatan Mesin DOP Minggu 27-52

No	Basic event	Minggu																								
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	*Contactor*																										
2	*Limit switch*																										
3	*Solenoid*																										
4	*Pounch* (bentuk)																										
5	*Dies* (bentuk)																										
6	*Pounch* (potong)																										
7	*Dies* (potong)																										
8	Regulator tekanan udara																										
9	Pengecekan berkala																										

4. Penutup

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diketahui bahwa mesin DOP memiliki rata-rata nilai efektivitas sebesar 70,37%. Nilai tersebut masih belum memenuhi standar *World Class OEE* yaitu sebesar 85,00%. Dari nilai tersebut diketahui bahwa efektivitas dari mesin DOP secara keseluruhan masih memerlukan evaluasi untuk dilakukan perbaikan dalam upaya meningkatan efektivitas mesin. *Losses* yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap nilai efektivitas mesin DOP adalah *breakdown losses* sebesar 10,880 menit dan *quality defect* sebesar 9,483 menit.

Sistem perawatan untuk meningkatkan efektivitas mesin berdasarkan konsep delapan pilar *Total Productive Maintenance* antara lain membuat *toolbox* untuk alat-alat dengan dilengkapi *tool pallet*, operator membersihkan *geram*, melakukan pengecekan indikator oli setiap memulai aktivitas kerja, dan mengatur tekanan udara. Selain itu ada baiknya jika perusahaan menambahkan regulator tekanan udara yang dilengkapi filter dan matris cadangan untuk bengkel *link belt*, melaksanakan *preventive* sesuai jadwal serta mengganti matris sesuai jadwal dan mengasah matris yang tumpul.

Daftar Pustaka

Chaidir, A. J. (2010), "Analisa Peluang Peningkatan Kapasitas Fasilitas Produksi Kantong-Semen Rekat PT. XYZ Melalui Evaluasi Kinerja Pemeliharaan Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Overall Line Effectiveness (OLE)", S-2 Teknik Industri, Universitas Indonesia.

Nakajima, S. (1988), *Introduction to Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc, Portland.

Rahmad., Pratikto., dan Wahyudi, Slamet. (2012), "Penerapan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Implementasi Total Productive Maintenance (TPM) (Studi Kasus di Pabrik Gula PT. Y)", *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.3, No.3 : 431-437.

Susetyo, Joko. (2009), "Analisis Pengendalian Kualitas dan Efektivitas dengan Integrasi Konsep Failure Mode & Effect Analysis dan Fault Tree Analysis Serta Overall Equipment Effectiveness", *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol.2, No.1.

Vesley, W.E, et al. (1981), *Fault Tree Handbook*, Washington D.C. : U.S. Nuclear Regulatory Commision.

Wahjudi, D., Tjitro, S., dan Soeyono, R. (2009), "Seminar Nasional Teknik Mesin IV: Studi Kasus Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Melalui Implementasi Total Productive Maintenance (Tpm)", Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra.