

**PENINGKATAN EFEKTIVITAS PADA MESIN WELDING DENGAN
PENERAPAN KONSEP *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*
(Studi kasus: PT Arthawenasakti Gemilang, Malang)**

**IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF WELDING MACHINE BY
IMPLEMENTING CONCEPT *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*
(Case study: PT Arthawenasakti Gemilang, Malang)**

Lina Dwi Cahyani¹⁾, Ishardita Pambudi Tama²⁾, Dewi Hardiningtyas³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

E-mail: linadwic@gmail.com¹⁾, kangdith@gmail.com²⁾, dewi.tyas@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Mesin welding merupakan salah satu mesin dari proses assembly pada proses pembuatan kaleng. Mesin ini dijadikan objek penelitian karena memiliki jumlah waktu kerusakan yang paling tinggi diantara mesin lainnya. Pengukuran efektivitas mesin dilakukan dengan menghitung nilai Overall Equipment Effectiveness. Hasil penelitian menunjukkan mesin welding memiliki nilai rata-rata sebesar 80,46% selama tahun 2013, masih dibawah standar worldclass OEE. Berdasarkan hasil identifikasi, losses yang memiliki persentase terbesar adalah reduced speed losses (50,58%) dan breakdown losses (48,56%). Kedua losses tersebut terjadi disebabkan adanya kegagalan mesin sehingga menurunkan waktu produktif dari mesin. Diagram Fault Tree Analysis menunjukkan bahwa kegagalan mesin welding disebabkan oleh feeder, sheet transporter, can body transporter, dan current. Berdasarkan hasil perhitungan probabilitas terjadinya kegagalan, can body transporter merupakan komponen yang memiliki frekuensi kegagalan paling tinggi. Kegagalan tersebut disebabkan oleh conveyor chain, push in pawls, dan current. Rekomendasi perbaikan diberikan untuk komponen can body transporter berdasarkan delapan pilar TPM.

Kata kunci: *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Fault Tree Analysis, delapan pilar TPM*

1. Pendahuluan

Perusahaan manufaktur merupakan sebuah perusahaan yang didalamnya terdapat proses industri untuk mengolah bahan baku menjadi barang yang memiliki *value added* yang lebih tinggi. Proses tersebut melibatkan beberapa sumberdaya baik itu manusia maupun mesin yang saling berintegrasi untuk menghasilkan suatu produk yang bertujuan memenuhi permintaan konsumen.

Suatu sistem produksi yang terhambat atau tidak lancar karena terjadinya suatu *breakdown* mesin dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Menurut Suharto (1991), kerusakan mesin pada saat proses produksi berjalan dapat menurunkan profit perusahaan. Hal itu dikarenakan adanya waktu yang terbuang saat terjadinya proses perbaikan mesin, biaya perbaikan mesin yang lebih tinggi daripada biaya perawatan mesin, serta dapat menimbulkan dampak pada jadwal produksi dan perputaran modal.

Untuk memelihara suatu fasilitas produksi diperlukan strategi yang sesuai dengan

masing-masing kondisi perusahaan. Assauri (2004) menyatakan bahwa *maintenance* atau pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan, penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

PT Arthawenasakti Gemilang merupakan salah satu perusahaan manufaktur berlokasi di Jalan Kertanegara 85 Karangploso, Malang. Perusahaan ini bergerak dalam bidang pembuatan kaleng general seperti kaleng lem, kaleng cat, kaleng oli, dan lain-lain. Untuk memenuhi permintaan konsumen, perusahaan ini menggunakan sistem *make to order* dan beroperasi selama 2 *shift* atau 16 jam dalam sehari.

Proses pembuatan kaleng terdiri dari empat kelompok proses, yaitu proses *printing*, pemotongan, pembuatan komponen, dan *assembly*. Proses *assembly* merupakan proses yang paling inti karena dalam proses ini

dilakukan perakitan dari beberapa komponen kaleng untuk menjadi bentuk suatu kaleng yang utuh. Di dalam proses *assembly* terdapat beberapa mesin yaitu *welding*, *flanging*, *seaming bottom*, *seaming ring*, dan *seaming top*.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Departemen *Quality Control*, *line 20* merupakan *line* yang sering mengalami kerusakan mesin dibandingkan dengan *line* lainnya. Rekapitan data mengenai jumlah waktu kerusakan mesin yang ada pada proses *assemblyline 20* selama tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Waktu Kerusakan Mesin Proses *Assembly* Selama Tahun 2013

Nama Mesin	Jumlah Waktu Kerusakan Mesin (jam:menit:detik)
<i>Welding</i>	63:08:00
<i>Flanging</i>	00:40:00
<i>Seamer Bottom</i>	14:06:00
<i>Seamer Ring</i>	24:27:00
<i>Seamer Top</i>	13:00:00

Berdasarkan Tabel 1, diketahui mesin *welding* pada *line 20* memiliki jumlah waktu kerusakan mesin yang paling tinggi diantara mesin lainnya. Selain itu, mesin *welding* merupakan mesin pertama pada *line 20* sehingga jika terjadi kerusakan pada mesin *welding*, maka mesin-mesin berikutnya juga tidak dapat beroperasi. Dikarenakan dua latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada mesin *welding*.

Tingginya jumlah waktu kerusakan mesin yang terjadi di PT Arthawenasakti Gemilang menyebabkan beberapa dampak kerugian yang harus dialami perusahaan. Berdasarkan wawancara dengan Kepala Departemen *Quality Control*, dampak yang disebabkan karena terjadinya kerusakan mesin antara lain *output* berkurang, mundurnya jadwal pengiriman, *overtime*, hilangnya jam kerja, kesulitan alokasi *manpower*, dan *defect*. Untuk memangani beberapa dampak tersebut, pihak *ProductionPlanning and Control* (PPC), yang bertanggung jawab terhadap penjadwalan produksi harus merubah jadwal setiap kali terjadi kerusakan mesin agar proses produksi tetap dapat berjalan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak *management*, hampir setiap hari terjadi perubahan jadwal produksi dikarenakan terjadinya kerusakan mesin yang menghambat

berjalannya proses produksi. Tingginya frekuensi perubahan jadwal tersebut selain tidak efektif juga membuat pihak PPC selalu kewalahan untuk mengganti jadwal produksi setiap harinya. Dikarenakan hal tersebut, PT Arthawenasakti Gemilang membutuhkan suatu strategi perawatan mesin untuk menurunkan *total downtime* serta meningkatkan efektivitas mesin pada proses produksi pembuatan kaleng.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur, mengevaluasi, dan meningkatkan efektifitas serta menentukan strategi perawatan mesin adalah konsep *Total Productive Maintenance* (TPM). Menurut Corder, (1996) TPM tidak hanya terfokus bagaimana mengoptimalkan produktivitas dari peralatan atau material pendukung kegiatan kerja, tetapi juga memperhatikan bagaimana meningkatkan produktivitas dari para pekerja atau operator yang nantinya akan memegang kendali pada peralatan dan material tersebut. Dengan menggunakan konsep TPM, dapat dilakukan identifikasi efektifitas mesin dengan menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), serta dapat juga dilakukan identifikasi *Six Big Losses* untuk mengetahui *Losses* terbesar yang dialami oleh perusahaan. Pada penelitian ini juga digunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya *losses* serta mengetahui komponen yang memiliki probabilitas kegagalan paling tinggi. Menurut Foster (2004), FTA menunjukkan kemungkinan-kemungkinan penyebab kegagalan sistem dari beberapa kejadian dan bermacam-macam masalah.

2. Metode penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dari mesin *welding*. Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Pendahuluan

Studi lapangan dilakukan dengan observasi pada PT Arthawenasakti Gemilang. Dari hasil pengamatan langsung dan hasil wawancara kepada pihak terkait, diketahui bahwa jumlah waktu kerusakan mesin pada proses *assembly* pada *line 20* di Arthawenasakti Gemilang masih tinggi.

2. Studi Literatur

Sumber literatur dapat diperoleh dari buku cetak, jurnal ilmiah, maupun sumber informasi lainnya.

3. Identifikasi Masalah
Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami masalah yang sedang terjadi di perusahaan.
4. Perumusan Masalah
Rumusan masalah dibuat berdasarkan identifikasi permasalahan yang telah dilakukan dan bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.
5. Penentuan Tujuan Penelitian
Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya.
6. Pengumpulan Data
Pengumpulan data pada penelitian ini didapatkan dengan cara melakukan observasi dan wawancara kepada pihak terkait serta menggunakan data historis dari PT Arthawenasakti Gemilang. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:
 - a. Urutan proses produksi pembuatan kaleng
 - b. Data kerusakan mesin
 - c. Data *ideal run rate* dan *ideal cycle time*
 - d. Data *output* produksi
 - e. Data jumlah cacat produksi
 - f. Data penjadwalan produksi untuk mesin *welding* selama tahun 2013
7. Pengolahan Data
 - a. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)
 - 1) Perhitungan nilai *Availability Rate*
 - 2) Perhitungan nilai *Performance Rate*
 - 3) Perhitungan nilai *Rate of Quality*
 - 4) Perhitungan OEE
 - b. Identifikasi *Six Big Losses*
Perhitungan masing-masing *losses* pada *six big losses* untuk mengetahui persentase *losses* yang menimbulkan kerugian terbesar.
 - c. Analisis penyebab *losses* dengan *Fault Tree Analysis* (FTA)
Pengidentifikasian faktor-faktor penyebab terjadinya kegagalan dan perhitungan probabilitas terjadinya kegagalan.
8. Rekomendasi perawatan berdasarkan delapan pilar *Total Productive Maintenance*. Melakukan analisis berdasarkan delapan pilar TPM untuk memberikan usulan perbaikan yang sesuai dari masing-masing pilar.
9. Hasil dan pembahasan
Pada tahap ini dilakukan pembahasan mengenai hasil penelitian.

10. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi hasil yang diperoleh dari penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang ditetapkan. Sedangkan saran berisi tentang saran yang diberikan untuk penelitian yang akan datang.

3. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan meliputi data *planned production time*, waktu kerusakan mesin, *ideal run rate*, *ideal cycle time*, *total pieces*, dan *defect*.

Data *planned production time* dapat dilihat pada Tabel 2, data waktu kerusakan mesin dapat dilihat pada Tabel 3, data *ideal run rate* bernilai 25 pelat/menit, data *ideal cycle time* bernilai 0,04 menit/pelat, dan data *total pieces*, dan *defect* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Data *Planned Production Time*

Bulan	Total Jam Mesin (Jam)	Total Jam Mesin (Menit)
Januari	88	5.280
Februari	51	3.060
Maret	54	3.240
April	35	2.100
Mei	73	4.380
Juni	76	4.560
Juli	34	2.040
Agustus	79	4.740
September	233	13.980
Oktober	106	6.360
November	45	2.700
Desember	19	1.140

Tabel 3. Data Waktu Kerusakan Mesin

Bulan	Total Waktu Kerusakan Mesin (Menit)
Januari	474
Februari	615
Maret	314
April	140
Mei	505
Juni	240
Juli	80
Agustus	420
September	50
Oktober	560
November	255
Desember	135

Tabel 4. Data *Total Pieces* dan *Total Defect*

Bulan	Total Pieces (Pelat)	Total defect (Pelat)
Januari	111.570	212
Februari	50.100	71
Maret	65.775	106
April	40.020	61
Mei	84.120	95
Juni	97.875	128
Juli	42.375	73
Agustus	98.730	139
September	338.895	439
Oktober	143.025	214
November	56.655	87
Desember	16.995	47

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis dan Perhitungan OEE

Perhitungan OEE dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu *Availability Rate*, *Performance Rate*, dan *Rate Of Quality*.

Nilai *Availability Rate*(AR) dipengaruhi oleh *planned production time* (PPT) dan *operating time*(OT). *Operating time* didapatkan dengan mengurangi data waktu *planned production time* dengan total waktu kerusakan.

Tabel 5. Data Waktu *Operating Time*

Bulan	PPT (Menit)	Kerusakan (Menit)	OT (Menit)
Januari	5.280	474	4.806
Februari	3.060	615	2.445
Maret	3.240	314	2.926
April	2.100	140	1.960
Mei	4.380	505	3.875
Juni	4.560	240	4.320
Juli	2.040	80	1.960
Agustus	4.740	420	4.320
September	13.980	50	13.930
Oktober	6.360	560	5.800
November	2.700	255	2.445
Desember	1.140	135	1.005

Berdasarkan data pada Tabel 5 nilai *Availability Rate* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut dengan contoh perhitungan pada bulan Januari 2013.

$$AR = \frac{\text{operating time}}{\text{planned production time}} \times 100\% \quad (\text{pers. 1})$$

$$= \frac{4.806}{5.280} \times 100\%$$

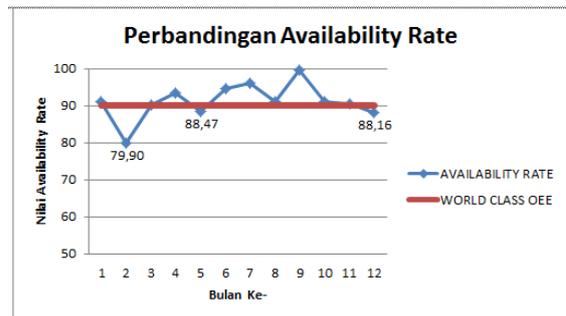
$$= 91,02\%$$

Hasil dari perhitungan *Availability Rate* tersebut kemudian dibandingkan dengan standar nilai *World Class OEE* yaitu sebesar 90,0%. Berikut ini tampilan grafik dari perbandingan

nilai *Availability Rate* dengan standar nilai *World Class OEE* dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 6. Perhitungan *Availability Rate*

Bulan	OT (Menit)	PPT (Menit)	AR (%)
Januari	4.806	5.280	91,02
Februari	2.445	3.060	79,90
Maret	2.926	3.240	90,31
April	1.960	2.100	93,33
Mei	3.875	4.380	88,47
Juni	4.320	4.560	94,74
Juli	1.960	2.040	96,08
Agustus	4.320	4.740	91,14
September	13.930	13.980	99,64
Oktober	5.800	6.360	91,19
November	2.445	2.700	90,56
Desember	1.005	1.140	88,16
Rata-rata			91,21



Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai *Availability Rate*

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa nilai *Availability Rate* sepanjang tahun 2013 bersifat fluktuatif. Pada bulan Februari, Mei, dan Desember nilai *Availability Rate* masih berada dibawah standar nilai *World Class OEE* yaitu sebesar 79,90%, 88,47% dan 88,16%. Rendahnya nilai *Availability Rate* pada bulan Februari, Mei, dan Desember disebabkan karena tingginya jumlah waktu kerusakan mesin yang menyebabkan jumlah waktu produktif semakin berkurang.

Nilai *Performance Rate*(PR) dipengaruhi oleh *ideal run rate*, *operating time* dan *total pieces*(TP). Nilai *Performance Rate* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut dengan contoh perhitungan pada bulan Januari 2013.

$$PR = \frac{\text{total pieces}}{\text{operating time}} \times \frac{\text{operating time}}{\text{ideal run rate}} \times 100\% \quad (\text{pers. 2})$$

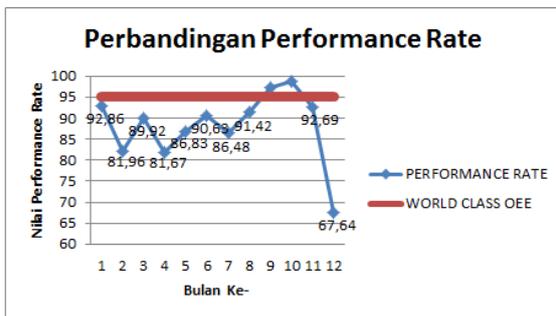
$$= \frac{111.570}{4.806} \times \frac{4.806}{25} \times 100\%$$

$$= 92,86\%$$

Hasil dari perhitungan *Performance Rate* tersebut kemudian dibandingkan dengan standar nilai *World ClassOEE* yaitu sebesar 95,00%.

Tabel 7. Perhitungan *Performance Rate*

Bulan	TP (pelat)	OT (menit)	Ideal Run Rate (pelat/menit)	PR (%)
Januari	111.570	4.806	25	92,86
Februari	50.100	2.445	25	81,96
Maret	65.775	2.926	25	89,92
April	40.020	1.960	25	81,67
Mei	84.120	3.875	25	86,83
Juni	97.875	4.320	25	90,63
Juli	42.375	1.960	25	86,48
Agustus	98.730	4.320	25	91,42
September	338.895	13.930	25	97,31
Oktober	143.025	5.800	25	98,64
November	56.655	2.445	25	92,69
Desember	16.995	1.005	25	67,64
Rata-rata				88,17



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai *Performance Rate*

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa nilai *Performance Rate* pada tahun 2013, hampir keseluruhan nilainya berada dibawah standar. Hanya pada bulan September dan Oktober sudah memenuhi standar nilai *World ClassOEE* dengan nilai 97,31% dan 98,64%.Rendahnya nilai *performance rate* sepanjang tahun 2013 disebabkan oleh mesin *welding* yang tidak dapat bekerja optimal sehingga tidak dapat menghasilkan jumlah produk yang sesuai dengan *ideal run rate*-nya.

Nilai *Rate of Quality*(RQ) dipengaruhi oleh *good pieces* dan *total pieces*. Jumlah *good pieces* didapatkan dari pengurangan *total pieces* dengan jumlah produk *defect*. Data *good pieces*dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8, nilai *Rate of Quality* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut dengan contoh perhitungan pada bulan Januari 2013.

$$\begin{aligned}
 RQ &= \frac{\text{good pieces}}{\text{total pieces}} \times 100\% \quad (\text{pers. 3}) \\
 &= \frac{111.358}{111.570} \times 100\% \\
 &= 99,81\%
 \end{aligned}$$

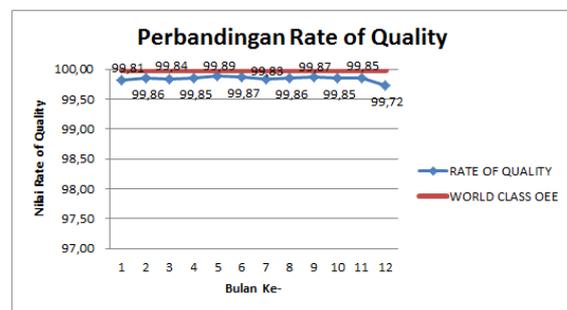
Tabel 8. Data *Good Pieces*

Bulan	Total Pieces (Pelat)	Defect (Pelat)	Good (Pelat)
Januari	111.570	212	111.358
Februari	50.100	71	50.029
Maret	65.775	106	65.669
April	40.020	61	39.959
Mei	84.120	95	84.025
Juni	97.875	128	97.747
Juli	42.375	73	42.302
Agustus	98.730	139	98.591
September	338.895	439	338.456
Oktober	143.025	214	142.811
November	56.655	87	56.568
Desember	16.995	47	16.948

Tabel 9. Perhitungan *Rate of Quality*

Bulan	Good (Pelat)	Total Pieces (Pelat)	RQ (%)
Januari	111.358	111.570	99,81
Februari	50.029	50.100	99,86
Maret	65.669	65.775	99,84
April	39.959	40.020	99,85
Mei	84.025	84.120	99,89
Juni	97.747	97.875	99,87
Juli	42.302	42.375	99,83
Agustus	98.591	98.730	99,86
September	338.456	338.895	99,87
Oktober	142.811	143.025	99,85
November	56.568	56.655	99,85
Desember	16.948	16.995	99,72
Rata-rata			99,84

Hasil dari perhitungan *Rate of Quality* tersebut kemudian dibandingkan dengan standar nilai *World ClassOEE* yaitu sebesar 99,99%. Berikut ini tampilan grafik dari perbandingan nilai *Rate of Quality* dengan standar nilai *World ClassOEE* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai *Rate of Quality*

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa nilai *Rate of Quality* sepanjang tahun 2013 masih berada dibawah standar nilai *World Class OEE*. Namun rata-rata *Rate of Quality* bernilai

99,84%, mendekati standar nilai *World Class OEE* yang sebesar 99,99%. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa tingkat kualitas dari mesin *welding* sudah cukup baik karena karena jumlah cacat pada proses *welding* setiap bulan tidak pernah lebih dari 1%.

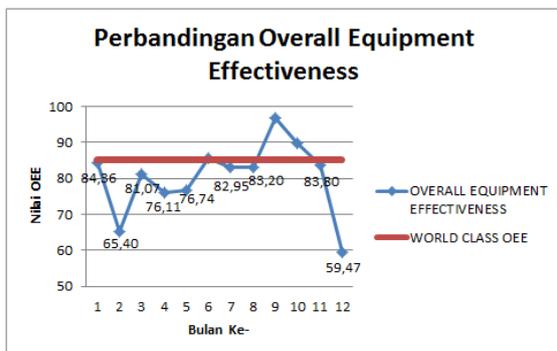
Nilai *Overall Equipment Effectiveness* didapatkan dari hasil perkalian nilai *Availability Rate*, *Performance Rate*, dan *Rate of Quality*. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* didapatkan dengan persamaan berikut dan contoh perhitungan pada bulan Januari.

$$\begin{aligned} OEE &= AR \times PR \times RQ \quad (\text{pers. 4}) \\ &= (0,9102 \times 0,9286 \times 0,9981) \times 100\% \\ &= 84,36\% \end{aligned}$$

Tabel 10. Perhitungan OEE

Bulan	AR	PR	RQ	OEE(%)
Januari	0,9102	0,9286	0,9981	84,36
Februari	0,7990	0,8196	0,9986	65,40
Maret	0,9031	0,8992	0,9984	81,07
April	0,9333	0,8167	0,9985	76,11
Mei	0,8847	0,8683	0,9989	76,74
Juni	0,9474	0,9063	0,9987	85,74
Juli	0,9608	0,8648	0,9983	82,95
Agustus	0,9114	0,9142	0,9986	83,20
September	0,9964	0,9731	0,9987	96,84
Oktober	0,9119	0,9864	0,9985	89,82
November	0,9056	0,9269	0,9985	83,80
Desember	0,8816	0,6764	0,9972	59,47
Rata-rata				80,46

Hasil dari perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* tersebut kemudian dibandingkan dengan standar nilai *World Class OEE* yaitu sebesar 85,00%. Berikut ini tampilan grafik dari perbandingan nilai *Overall Equipment Effectiveness* dengan standar nilai *World Class OEE* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai *Overall Equipment Effectiveness*

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada

tahun 2013 hampir secara keseluruhan belum memenuhi standar nilai *World Class OEE* yang sebesar 85,00%. Hanya pada bulan September dan Oktober yang nilainya sudah memenuhi standar. Dari nilai tersebut diketahui bahwa efektivitas dari mesin *welding* secara keseluruhan masih memerlukan evaluasi untuk dilakukan perbaikan dalam upaya meningkatkan efektivitas mesin.

4.2 Identifikasi *Six Big Losses*

Identifikasi *six big losses* dilakukan untuk mengetahui *losses* terbesar yang mempengaruhi efektivitas mesin. *six big losses* diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan akibat yang ditimbulkan, antara lain sebagai berikut (Wauters, 2002):

1. *Downtime losses*

a. *Breakdown losses*

Perhitungan nilai *breakdown losses* (BL) dipengaruhi oleh waktu kerusakan mesin dan *planned production time*. Contoh perhitungan nilai *breakdown losses* dan *time losses* pada bulan Januari 2013 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} BL &= \frac{\text{waktu kerusakan}}{\text{planned production time}} \times 100\% \quad (\text{pers. 5}) \\ &= \frac{474}{5.280} \times 100\% = 8,98\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Time Losses (TL}_{BS}) &= \% BL \times PPT \quad (\text{pers. 6}) \\ &= 8,98\% \times 5.280 = 474,14 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel 11. Perhitungan *Breakdown Losses*

Bulan	Kerusakan (Menit)	PPT (Menit)	BL (%)	TL _{BS} (Menit)
Januari	474	5.280	8,98	474,14
Februari	615	3.060	20,10	615,06
Maret	314	3.240	9,69	313,96
April	140	2.100	6,67	140,07
Mei	505	4.380	11,53	505,01
Juni	240	4.560	5,26	239,86
Juli	80	2.040	3,92	79,97
Agustus	420	4.740	8,86	419,96
September	50	13.980	0,36	50,33
Oktober	560	6.360	8,81	560,32
November	255	2.700	9,44	254,88
Desember	135	1.140	11,84	134,98
Total				3.788,53

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 11 diketahui bahwa selama tahun 2013, jumlah *time losses* yang diakibatkan oleh *breakdown losses* sebesar 3.788,53 menit. Tingginya jumlah *losses* yang terjadi pada bulan Februari disebabkan pada bulan tersebut banyak terjadi kerusakan pada mesin *welding*.

b. *Setup and adjustments*

Perhitungan nilai *setup and adjustments*(SA) dipengaruhi oleh waktu *setup* dan *planned production time*. Contoh perhitungan nilai *setup and adjustments* dan *time losses* pada bulan Januari 2013 adalah sebagai berikut:

$$SA = \frac{\text{waktu setup}}{\text{planned production time}} \times 100\% \quad (\text{pers. 7})$$

$$= \frac{0}{5.280} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Time Losses (TL}_{SA}) = \% SA \times \text{PPT} \quad (\text{pers. 8})$$

$$= 0\% \times 5280 = 0 \text{ menit}$$

Setup and adjustments losses pada setiap bulan selama tahun 2013 memiliki nilai yang sama yaitu 0% dan dengan jumlah *time losses* sebesar 0 menit. Nilai 0 tersebut dikarenakan mesin *welding* tidak membutuhkan waktu *setup* karena merupakan mesin khusus yang memproduksi satu jenis diameter kaleng sehingga tidak diperlukan *changeover*.

2. *Speed loss*

a. *Small stops*

Perhitungan nilai *small stops* (SS) dipengaruhi oleh *nonproductive time* dan *planned production time*. Contoh perhitungan *small stops* dan *time losses* pada bulan Januari 2013 adalah sebagai berikut:

$$SS = \frac{\text{nonproductive time}}{\text{planned production time}} \times 100\% \quad (\text{pers. 9})$$

$$= \frac{0}{5.280} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Time Losses (TL}_{SS}) = \% SS \times \text{PPT} \quad (\text{pers. 10})$$

$$= 0\% \times 5.280 = 0 \text{ menit}$$

PT Arthawenasakti Gemilang tidak mengelompokkan pemberhentian kecil sebagai *losses* tersendiri. Selain itu tidak ada faktor eksternal yang mempengaruhi beroperasinya mesin produksi seperti faktor pemadaman listrik.

Bagian produksi menggunakan generator listrik sehingga ketika pemadaman listrik terjadi, hal tersebut tidak akan mengganggu berlangsungnya proses produksi.

b. *Reduced speed*

Perhitungan nilai *reduced speed*(RS) dipengaruhi oleh *operating time*, *ideal cycle time*, *total pieces*, dan *planned production time*. Contoh perhitungan *reduced speed* dan *time losses* untuk bulan Januari 2013 adalah sebagai berikut:

$$RS = \frac{OT - (\text{ideal cycle time} \times TP)}{\text{planned production time}} \times 100\% \quad (\text{pers. 11})$$

$$= \frac{4.806 - (0,04 \times 111.570)}{5.280} \times 100\% = 6,50\%$$

$$\text{Time Losses (TL}_{RS}) = \% RS \times \text{PPT} \quad (\text{pers. 12})$$

$$= 6,50\% \times 5.280 = 343,20 \text{ menit}$$

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 12 diketahui bahwa jumlah *time losses* sepanjang tahun 2013 yang diakibatkan oleh *reduced speed* sebesar 3.946,46 menit.

3. *Quality loss*

a. *Startup rejects*

Perhitungan *startup rejects* (SR) dipengaruhi oleh *ideal cycle time*(ICT), jumlah cacat saat *setting*, dan *planned production time*. Contoh perhitungan *startup rejects* dan *time losses* pada bulan Januari 2013 adalah sebagai berikut:

$$SR = \frac{ICT \times \text{jumlah cacat setting}}{\text{planned production time}} \times 100\% \quad (\text{pers. 13})$$

$$= \frac{0,04 \times 0}{5.280} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Time Losses (TL}_{SR}) = \% SR \times \text{PPT} \quad (\text{pers. 14})$$

$$= 0\% \times 5.280 = 0 \text{ menit}$$

Startup rejects pada mesin *welding* selama tahun 2013 adalah sebesar 0% dengan jumlah *time losses* sebesar 0 menit. Tidak adanya cacat saat *setting* dikarenakan pada mesin *welding* tidak dilakukan percobaan saat memulai proses produksi.

Tabel 12. Perhitungan *Reduced Speed Losses*

Bulan	<i>Operating Time</i> (Menit)	<i>Ideal Cycle Time</i> (Menit/Pelat)	<i>Total Pieces</i> (Pelat)	<i>Planned Production Time</i> (Menit)	<i>Reduced Speed</i> (%)	TL _{RS} (%)
Januari	4.806	0,04	111.570	5.280	6,50	343,20
Februari	2.445	0,04	50.100	3.060	14,41	440,95
Maret	2.926	0,04	65.775	3.240	9,10	294,84
April	1.960	0,04	40.020	2.100	17,10	359,10
Mei	3.875	0,04	84.120	4.380	11,65	510,27
Juni	4.320	0,04	97.875	4.560	8,88	404,93
Juli	1.960	0,04	42.375	2.040	12,99	265,00
Agustus	4.320	0,04	98.730	4.740	7,82	370,67
September	13.930	0,04	338.895	13.980	2,68	374,66
Oktober	5.800	0,04	143.025	6.360	1,24	78,86
November	2.445	0,04	56.655	2.700	6,62	178,74
Desember	1.005	0,04	16.995	1.140	28,53	325,24
Total						3.946,46

Tabel 13. Perhitungan *Production Rejects Losses*

Bulan	<i>Ideal Cycle Time</i> (Menit/Pelat)	<i>Defect</i> (Pelat)	<i>Planned Production Time</i> (Menit)	<i>Production rejects</i> (%)	<i>TL_{PR}</i> (%)
Januari	0,04	212	5.280	0,16	8,45
Februari	0,04	71	3.060	0,09	2,75
Maret	0,04	106	3.240	0,13	4,21
April	0,04	61	2.100	0,12	2,52
Mei	0,04	95	4.380	0,09	3,94
Juni	0,04	128	4.560	0,11	5,02
Juli	0,04	73	2.040	0,14	2,86
Agustus	0,04	139	4.740	0,12	5,69
September	0,04	439	13.980	0,13	18,17
Oktober	0,04	214	6.360	0,13	8,27
November	0,04	87	2.700	0,13	3,51
Desember	0,04	47	1.140	0,16	1,82
Total					67,21

b. *Production rejects*

Perhitungan *production rejects* (PR) dipengaruhi oleh *ideal cycle time*, *defect*, dan *planned production time*. Contoh perhitungan *production rejects losses* pada bulan Januari 2013 adalah sebagai berikut:

$$PR = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{defect}}{\text{planned production time}} \times 100\% \quad (\text{pers. 15})$$

$$= \frac{0,04 \times 212}{5.280} \times 100\% = 0,16\%$$

Time Losses (TL_{PR}) = % PR x PPT (pers. 16)

$$= 0,16\% \times 5.280 = 8.45 \text{ menit}$$

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 13 diketahui bahwa *production rejects* pada mesin *welding* memiliki nilai yang kecil yaitu dengan persentase dibawah 1% dan dengan jumlah *time losses* sepanjang tahun 2013 sebesar 67,21 menit. Hal ini dikarenakan sebagian besar pelat yang rusak yg dikarenakan mesin *welding* dapat dilakukan proses *rework* saat itu juga sehingga dapat meminimasi jumlah *defect* yang diakibatkan oleh mesin *welding*.

Berikut ini perhitungan persentase *time losses* dari masing-masing *losses* dengan *planned production time* dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Persentase *Time Losses*

Kelompok <i>Losses</i>	<i>Losses</i>	<i>Time Losses</i> (Menit)	Persentase (%)
<i>Downtime losses</i>	TL_{BL}	3.788,53	48,56
	TL_{SA}	0	0
<i>Speed loss time</i>	TL_{SS}	0	0
	TL_{RS}	3.946,46	50,58
<i>Quality loss time</i>	TL_{SR}	0	0
	TL_{PR}	67,21	0,86
Total		7.802,20	100

Pada Tabel 14 diketahui bahwa *time losses* yang terbesar adalah disebabkan karena *reduced speed* dengan persentase sebesar 50,58%, dan terbesar kedua disebabkan karena *breakdown losses* dengan persentase sebesar 48,56%. Selanjutnya grafik hubungan *time losses* ditunjukkan pada Gambar 5.

<i>Planned Production Time</i> 53.580 menit	
<i>Operating Time</i> 49.791,47 menit	<i>Downtime losses</i> 3.788,53 menit
<i>Net Operating Time</i> 45.845,01	<i>Speed loss time</i> 3.946,46 menit
<i>Valuable Operating Time</i> 45.777,8 menit	<i>Quality loss time</i> 67,21 menit

Gambar 5. *Time Losses* pada Mesin *Welding*

Pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa waktu produksi yang direncanakan atau *planned production time* adalah 53.580 menit. Namun dikarenakan adanya *downtime losses* selama 3.788,53 menit, waktu yang efektif untuk mesin *welding* beroperasi adalah 49.791,47 menit. Hal itu dikarenakan adanya kerusakan mesin yang terjadi selama proses produksi (*breakdown losses*) selama 3.788,53 menit. Selain itu, adanya *speed loss time* yang terjadi selama 3.946,46 menit juga menurunkan *net operating time* dari mesin *welding* menjadi 45.845,01 menit. Kemudian *quality loss time* yang terjadi selama 67,21 menit juga menyebabkan *valuable operating time* menjadi 45.777,8 menit.

Hasil dari perhitungan *six big losses* diketahui bahwa *losses time* yang terbesar yang terjadi dikarenakan adanya *reduced speed* dan *breakdown losses* kemudian diikuti oleh *production rejects* yang masing-masing memiliki persentase sebesar 50,58%, 48,56%, dan 0,86% terhadap *planned production time*.

Reduced speed dan *breakdown losses* merupakan *time losses* terbesar yang

mempengaruhi efektivitas mesin *welding*. Kedua *losses* ini terjadi disebabkan karena adanya kerusakan/kegagalan mesin sehingga menurunkan waktu produktif dari mesin. Oleh karena itu pada sub bab selanjutnya akan dibahas mengenai *Fault Tree Analysis* yang bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya kegagalan mesin *welding*.

4.3 Diagram *Fault Tree Analysis*

Diagram *Fault Tree Analysis* penyebab kegagalan mesin *welding* dapat dilihat pada Gambar 6. Keterangan diagram *Fault Tree Analysis* kegagalan mesin *welding* pada Gambar 6 adalah sebagai berikut:

1. *Feeder*

Penyebab kegagalan mesin *welding* dapat disebabkan oleh *magazine/destucker*, yaitu merupakan besi penyangga tempat untuk meletakkan *body blank*. Besi penyangga ini bertujuan untuk menjaga posisi dari *body blank* agar tetap dalam posisi mendatar. Jika posisi *magazine* tidak tepat maka akan menyebabkan *body blank* tidak dalam posisi datar sempurna. Akibat yang ditimbulkan adalah terjadinya hasil *welding* zig zag yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kaleng Dengan Hasil *Welding* Zig Zag

2. *Sheet transporter*

Kegagalan komponen *sheet transporter* disebabkan oleh *double sheet gate* yang dikarenakan adanya permasalahan pada baut yang kendor atau patah yang menyebabkan as penggerak *transfer body* menjadi miring. Hal ini dapat menyebabkan *body blank* yang masuk ke proses *flexing* menjadi tidak dalam keadaan datar sempurna sehingga hasil pembentukan tidak maksimal.

3. *Can body transporter*

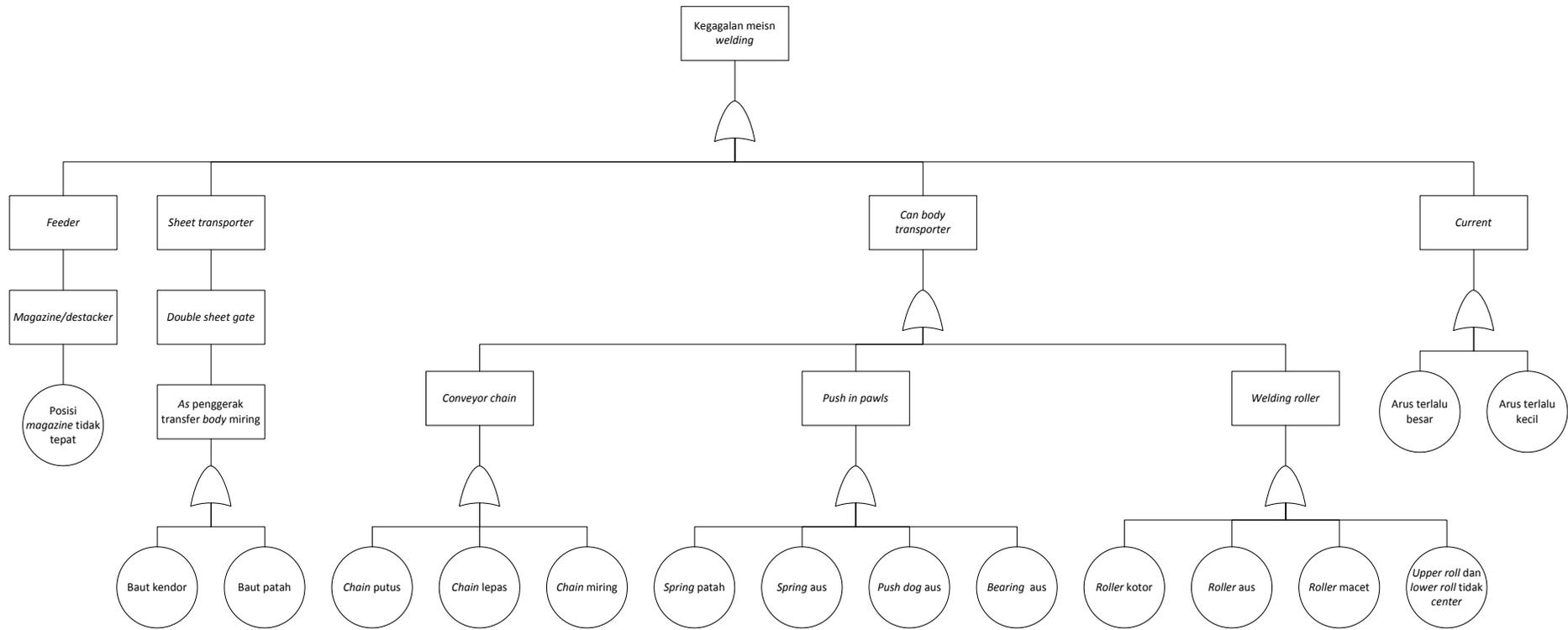
Kegagalan komponen ini disebabkan oleh *conveyor chain*, *push in pawls*, dan *welding roller*. Permasalahan yang sering terjadi pada *conveyor chain* adalah pada *chain* yang miring, lepas, atau putus. Jika *chain* tidak dapat berfungsi dengan baik

maka *can body* tidak akan dapat ditransportasikan menuju proses *welding*.

Penyebab lain kegagalan pada *can body transporter* adalah *push in pawls*. Permasalahan yang sering terjadi pada *push in pawls* yaitu disebabkan oleh *spring*, *push dog*, dan *bearing push dog*. Jika *spring* mengalami aus atau patah, hal ini dapat menyebabkan *push dog* tidak dapat bergerak secara maksimal. Kemudian jika *push dog* mengalami permasalahan seperti aus, maka *can body* tidak akan dapat terdorong menuju mesin *welding*. Selanjutnya permasalahan lain pada *push in pawls* adalah *bearing* yang aus. Jika *bearing* mengalami aus, maka *push in pawls* tidak dapat bergerak secara sempurna sehingga *can body* tidak dapat terdorong menuju proses *welding*.

Penyebab kegagalan lainnya adalah *welding rollers*. Permasalahan yang sering terjadi pada *welding rollers* adalah terjadinya aus, *roller* kotor, macet, dan tidak *center*-nya *upper roll* dan *lower roll*. *Welding roller* sering mengalami aus dikarenakan terus terjadi gesekan antara *upper roll* dan *lower roll* saat terjadi perputaran *roller* untuk melakukan proses *welding*. Selain itu aus pada *roller* juga terjadi pada jalur kawat. Terjadinya aus disebabkan karena terus terjadinya gesekan antara kawat dan *roller*. Permasalahan selanjutnya adalah *roller* kotor. Kebersihan mata *roll* perlu dijaga dari hasil proses pembakaran *welding*, hal ini bertujuan agar hasil *welding* bersih terhindar dari sisa pembakaran yang menempel pada mata *roll* yang berakibat timbulnya celah pada sambungan *welding*.

Roller macet merupakan permasalahan ketiga dari *welding roller*. Jika hal ini terjadi maka proses *welding* akan terhenti dan terjadi penumpukan *can body* pada *conveyor chain*. Permasalahan selanjutnya yaitu *upper roll* dan *lower roll* yang tidak *center*. Jika *upper roll* dan *lower roll* tidak *center*, maka dapat menyebabkan hasil *welding* miring atau *overlap* yaitu hasil kaleng dengan bagian sambungan *welding* miring atau bergeser dari ketentuan sambungan yang seharusnya dan dapat juga menyebabkan hasil zig zag *welding*.



Gambar 6. *Fault Tree Analysis* Kegagalan Mesin Welding

4. Current

Current adalah arus yang diberikan saat *body* masuk ke *roll* dan memulai proses *welding*. Masalah yang sering terjadi pada *current* adalah tingkat arus yang tidak konstan yang disebabkan oleh tegangan listrik yang fluktuatif. Jika arus *current* terlalu besar, maka akan berakibat *hot welding* atau hasil pengelasan yang terlalu matang yang ditandai dengan warna kehitaman pada bagian sambungan kaleng. Sedangkan jika arus *current* terlalu kecil, maka akan berakibat *cold welding* atau hasil pengelasan yang kurang matang yang ditandai dengan timbulnya *crack* atau hasil sambungan kaleng yang berwarna putih. Kedua permasalahan ini dapat menyebabkan terjadinya kaleng bocor dikarenakan hasil sambungan kaleng yang tidak sempurna.

Menurut Andrews (1998), *Cut set* adalah daftar terjadinya kegagalan pada *event* yang

menyebabkan terjadinya kegagalan *top event* pada *Fault Tree Analysis*. Rincian *cut set* dari *Fault Tree Analysis* kegagalan mesin *welding* dapat dilihat pada Lampiran 1.

Selanjutnya dilakukan perhitungan probabilitas kegagalan dari masing-masing *basic event* untuk mengetahui komponen yang memiliki probabilitas kegagalan paling tinggi. Probabilitas tersebut dihitung berdasarkan frekuensi terjadinya *basic event* dibandingkan dengan frekuensi pemakaian mesin dalam satuan *shift*. Contoh perhitungan probabilitas sub *event* posisi *magazine* tidak tepat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Probabilitas} &= \frac{\text{frekuensi kegagalan}}{\text{frekuensi pemakaian}} \text{ (pers. 17)} \\ &= \frac{4}{112} = 0,0357 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan probabilitas dari masing-masing sub *event* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Probabilitas Kegagalan

Simbol	<i>Basic event</i>	Frekuensi kegagalan	Frekuensi pemakaian	Probabilitas kegagalan
E1	Posisi magazine tidak pas	4	111,625	0,0358
E2	Baut kendur	1	111,625	0,0090
E3	Baut patah	1	111,625	0,0090
E4	<i>Chain</i> putus	7	111,625	0,0627
E5	<i>Chain</i> lepas	1	111,625	0,0090
E6	<i>Chain</i> miring	6	111,625	0,0538
E7	<i>Spring</i> patah	1	111,625	0,0090
E8	<i>Spring</i> aus	11	111,625	0,0985
E9	Push dog aus	5	111,625	0,0448
E10	Bearing push dog aus	3	111,625	0,0269
E11	Roller kotor	1	111,625	0,0090
E12	Roller aus	7	111,625	0,0627
E13	Roller macet	6	111,625	0,0538
E14	Roller atas bawah tidak center	10	111,625	0,0896
E15	Arus terlalu besar	3	111,625	0,0269
E16	Arus terlalu kecil	4	111,625	0,0358

Dari Tabel 15 didapatkan probabilitas kegagalan masing-masing sub *event*. Langkah selanjutnya adalah menentukan probabilitas kegagalan komponen utama berdasarkan *event* dan sub *event* yang menyebabkan kegagalan komponen tersebut yang didasarkan pada diagram *Fault Tree Analysis*. Perhitungan probabilitas dari masing-masing komponen utama adalah sebagai berikut:

1. Probabilitas kegagalan komponen *feeder*
 $P(G1) = P(G5) = P(E1) = 0,0358$
2. Probabilitas kegagalan komponen *sheet transporter*
 $P(G2) = P(G6) = P(G10) = P(E2 \cup E3)$

$$\begin{aligned} &= P(E2) + P(E3) - P(E2 \cap E3) \\ &= 0,0090 + 0,0090 - (0,0090 \times 0,0090) \\ &= 0,018 - 0,00008 = 0,01792 \end{aligned}$$

3. Probabilitas kegagalan komponen *can body transporter*

$$\begin{aligned} P(G7) &= P(E4 \cup E5 \cup E6) = 0,12103 \\ P(G8) &= P(E7 \cup E8 \cup E9 \cup E10) = 0,169629 \\ P(G9) &= P(E11 \cup E12 \cup E13 \cup E14) = 0,199817 \\ P(G3) &= P(G7 \cup G8 \cup G9) = 0,415971 \end{aligned}$$

4. Probabilitas kegagalan yang disebabkan oleh *current*

$$P(G4) = P(E15 \cup E16) = 0,06174$$

Hasil rekapannya dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Probabilitas Kegagalan Komponen Utama

Komponen	Probabilitas
(G3) <i>Can body transporter</i>	0,4160
(G4) <i>Current</i>	0,0617
(G1) <i>Feeder</i>	0,0358
(G2) <i>Sheet transporter</i>	0,0179

Tabel 16 menunjukkan urutan probabilitas kegagalan dari masing-masing komponen mulai dari yang terbesar sampai terkecil. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa *can body transporter* merupakan komponen dengan probabilitas yang paling besar yaitu sebesar 0,4160. Oleh karena itu, komponen yang akan menjadi fokus pemberian rekomendasi perbaikan dalam penelitian ini adalah *can body transporter*.

4.4 Rekomendasi Delapan Pilar TPM

Rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektivitas dan produktivitas mesin *welding* berdasarkan delapan pilar *Total Productive Maintenance* dapat dilihat pada Lampiran 2.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* diketahui mesin *welding* memiliki rata-rata sebesar 80,46%. Nilai tersebut masih belum memenuhi standar *World Class OEE* sebesar 85,00%. Dari nilai tersebut diketahui bahwa efektivitas dari mesin *welding* secara keseluruhan masih memerlukan evaluasi untuk dilakukan perbaikan dalam upaya meningkatkan efektivitas mesin.
2. *Losses* terbesar yang terjadi pada mesin *welding* disebabkan oleh *reduced speed* (50,58%) dan *breakdown losses* (48,56%). Kedua *losses* ini terjadi disebabkan karena adanya kerusakan/kegagalan mesin sehingga menurunkan waktu produktif dari mesin.
3. Penyebab terjadinya kerusakan pada mesin *welding* disebabkan oleh 4 komponen utama yaitu *feeder*, *sheet transporter*, *can body transporter*, dan *current*.
4. Berdasarkan hasil perhitungan probabilitas terjadinya kegagalan, *can body transporter* merupakan komponen yang memiliki probabilitas paling tinggi. Komponen dalam

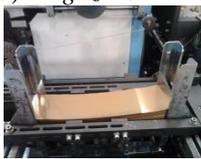
can body transporter yang mengalami kegagalan adalah *conveyor chain*, *push in pawls*, dan *welding roller*.

5. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk meningkatkan efektivitas mesin berdasarkan konsep delapan pilar *Total Productive Maintenance* adalah sebagai berikut:
 - a. Melakukan pengecekan *setting* komponen mesin secara keseluruhan sebelum memulai proses produksi.
 - b. Melakukan pembersihan *roller* setiap pergantian *shift*.
 - c. Melakukan pengecekan kondisi komponen mesin setiap 1 bulan sekali, dan pelumasan secara berkala pada *chain*, *spring*, *bearing*, dan *roller*.
 - d. Memberikan pelatihan singkat kepada operator
 - e. Membuat *Standart Operational Procedure* proses pengecekan mesin.
 - f. Membuat lembar dokumen pengecekan harian dan bulanan untuk mencatat dan memantau kondisi mesin.

Daftar Pustaka

- Andrews, J. (1998). *Tutorial Fault Tree Analysis*. UK: Department of Mathematical Sciences, Loughborough University.
- Assauri, Sofjan. (2004). *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Corder A.S. (1996). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Alih Bahasa, Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Foster, Thomas S. (2004). *Managing Quality An Integrative Approach-2nd*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Suharto. (1991). *Manajemen Perawatan Mesin*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Wauters, F, dkk. (2002). *Overall Equipment Effectiveness*. ABB Inc.

Lampiran 1. Rincian Cut Set

<i>Top Event</i>	<i>Event ke-1</i>	<i>Event ke-2</i>	<i>Event ke-3</i>	<i>Basic event</i>	
Kegagalan mesin welding	(G1) <i>Feeder</i>	(G5) <i>Magazine/destacker</i> 	-	(E1) Posisi <i>magazine</i> tidak tepat	
	(G2) <i>Sheet transporter</i>	(G6) <i>Double sheet gate</i>	(G10) As penggerak <i>transfer body</i> miring	(E2) Baut kendur (E3) Baut patah	
	(G3) <i>Can body transporter</i>	(G7) <i>Conveyor chain</i> 	-	(E4) <i>Chain</i> putus	
			-	(E5) <i>Chain</i> lepas	
			-	(E6) <i>Chain</i> miring	
			(G8) <i>Push in pawls</i> 	-	(E7) <i>Spring</i> patah
			-	(E8) <i>Spring</i> aus	
	(G9) <i>Welding rollers</i> 	(G8) <i>Push in pawls</i>	-	(E9) <i>Push dog</i> aus	
			-	(E10) <i>Bearing push dog</i> aus	
			-	(E11) <i>Roller</i> kotor	
			-	(E12) <i>Roller</i> aus	
	(G4) <i>Current</i> 	-	-	(E13) <i>Roller</i> macet	
			-	(E14) <i>Roller</i> atas bawah tidak <i>center</i>	
			-	(E15) Arus terlalu besar	
			-	(E16) Arus terlalu kecil	

Lampiran 2. Rekomendasi Perbaikan Berdasarkan Delapan Pilar TPM

5S	<i>Autonomous Maintenance</i>	<i>Kobetsu Kaizen</i>	<i>Planned Maintenance</i>	<i>Quality Maintenance</i>	<i>Training</i>	<i>Office TPM</i>	<i>Safety, Health, and Environment</i>
<i>Seiso:</i> membersihkan komponen <i>roller</i> setiap pergantian <i>shift</i> .	<ul style="list-style-type: none"> a. Operator melakukan pembersihan komponen. b. Operator melakukan pengecekan <i>setting</i> mesin sebelum menyalakan mesin. 	Membuat <i>Standart Operational Procedure</i> proses pengecekan mesin.	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan pengecekan <i>setting</i> komponen mesin secara keseluruhan sebelum memulai proses produksi. b. Melakukan pembersihan mata <i>roll</i> setiap pergantian <i>shift</i>. c. Melakukan pengecekan kondisi komponen mesin setiap 1 bulan sekali, dan pelumasan secara berkala pada <i>chain, spring, bearing,</i> dan <i>roller</i>. 	Melakukan pengecekan <i>roller</i> sebelum memulai proses produksi.	Memberikan pelatihan singkat kepada operator tentang bagaimana cara melakukan pembersihan dan pengecekan mesin.	<ul style="list-style-type: none"> a. Membuat lembar pengecekan harian. b. Membuat lembar pengecekan bulanan. 	-