

Penerapan *Total Productive Maintenance* dengan menggunakan metode *OEE* pada turbin uap Type C5 DS II – GVS

Joel Bastanta Perangin Angin¹, Evin Dunan Manurung², Alfian Hamsi Siregar³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Medan
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155

Abstrak

Secara harfiah, tidak ada barang ataupun benda buatan manusia yang tidak dapat rusak, mesin turbin uap misalnya. Namun kerusakan tersebut dapat dicegah dengan metode perawatan yang tepat demi masa pakai yang lebih lama. Penelitian ini menganalisis tentang penerapan *Total Productive Maintenance (TPM)* pada mesin turbin uap untuk peningkatan produktivitas dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* di PT PP London Sumatera Indonesia, Tbk. Didalam analisis TPM dengan menggunakan metode OEE ini ada terdapat enam penyebab kerugian yang disebut dengan *Six Big Losses* yaitu diantaranya : kerusakan peralatan, persiapan peralatan, gangguan kecil dan waktu nganggur, kecepatan rendah, cacat produk dalam proses, hasil rendah. Kesimpulan yang didapat adalah nilai rata – rata OEE selama tahun 2015 adalah 65,08 % masih dibawah standar. Nilai gangguan kecil dan waktu nganggur 85,44 % dengan total waktu 2449,54 jam, hasil Cacat produk dalam proses 2,52 % dengan total waktu 72,12 jam, hasil Kecepatan rendah 11,58 % dengan total waktu 331,88 jam, hasil Kerusakan peralatan 0,38 % dengan total waktu 11 jam, hasil Persiapan peralatan 0,08 % dengan total waktu 2,41 jam, hasil Hasil rendah 0.

Kata kunci: *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Maintenance, Turbin Uap*

Abstract

Generally, there is nothing properties hand made without damaging, steam turbine engines as an example. But the damage can be prevent by the precise method maintenance in the machines for the long life time. This study analyzes the application of *Total Productive Maintenance (TPM)* at the steam turbine machinery to increase productivity by using the method *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. In the analysis of TPM using OEE there are six causes of loss called *Six Big Losses*, such as: damage to equipment (breakdown losses), preparation of equipment (set- up and adjustment) , disorders of the small and idle time (idling and minor stoppages) low speed (speed reduced losses), defective products in the process (rework losses) , lower results (yield / scrap losses). The conclusion is the value - average OEE for 2015 is 65.08 % is below standard. The Value of Idling / Minor Stoppages Losses is 85.44 % with a total time of 2449.54 hours, the results of Yield / Scrap losses is 2.52 % with a total time of 72.12 hours, the results of Reduce Speed Losses 11.58 % with a total time of 331.88 hours, the results of Breakdown Losses is 0.38 % with a total time of 11 hours, the results Setup and Adjustment Losses is 0.08 % with a total time of 2.41 hours, the results of Rework Losses 0.

Keywords: *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Maintenance, Turbin Uap*

1. Pendahuluan

Perawatan terhadap mesin – mesin dalam dunia industri/manufaktur merupakan aspek penting yang tidak bisa diabaikan. Karena setiap mesin pasti membutuhkan perawatan yang tepat demi berlangsungnya proses produksi secara berkelanjutan. Maka dengan itu dibutuhkan manajemen yang baik serta metode – metode yang tepat dalam perawatan mesin tersebut sehingga umur mesin pun bisa lebih lama dan dapat menekan biaya pengeluaran. *Total Productive Maintenance* atau TPM adalah salah satu metode proses maintenance yang dikembangkan untuk meningkatkan produktifitas di area kerja, dengan cara membuat proses tersebut lebih reliable dan lebih sedikit terjadi pemborosan (waste). Metode ini merupakan bagian dari *Lean Manufacturing*. TPM berfungsi untuk memelihara

pabrik dan peralatannya agar selalu dalam kondisi prima.

Untuk memenuhi tujuan ini, diperlukan maintenance yang preventif dan prediktif. Dengan mengaplikasikan prinsip TPM kita dapat meminimalisir kerusakan pada mesin. Masalah yang umum terjadi pada mesin misalnya kotor, mur dan baut hilang, oli jarang diganti, kebocoran, bunyi-bunyi tak normal, getaran berlebihan, filter kotor, dan sebagainya dapat diminimalisir dengan TPM. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang kesesuaian faktor-faktor yang menentukan kebutuhan penerapan *Total productive maintenance* dengan kondisi perusahaan dan melihat faktor mana dari six big losses tersebut yang dominan mempengaruhi terjadinya penurunan efektivitas mesin/peralatan. Dengan demikian penulisan ini akan memberikan usulan perbaikan efektivitas mesin/peralatan

*Korespondensi: Tel./Fax.: 082369765590, 081396333292/-
E-mail: joel.peranginangin@yahoo.com , evindunant@gmail.com
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2017

dalam usaha meningkatkan efisiensi produksi pada perusahaan melalui penerapan *Total productive maintenance*.

Tabel 1. Standar OEE dunia yang sudah diterapkan oleh industri - industri di dunia

OEE Factor	World Class (JIPM)
Availability	90.0%
Performance	95.0%
Quality	99.0%
OEE	85.0%

Dalam penulisan ini ada beberapa batasan masalah yang diberikan agar penelitian ini lebih terarah, yaitu:

1. Penelitian ini hanya meneliti satu mesin saja yaitu mesin Turbin Uap.
2. Tingkat produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan yang di ukur adalah dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sesuai dengan prinsip *Total Productive Maintenance* untuk mengetahui besarnya kerugian pada mesin/peralatan yang dikenal dengan *six big losses*
3. Data yang diambil adalah pada periode Januari 2015 – Desember 2015.

2. Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, ada dua jenis data yang dikumpulkan yaitu:

A. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan berdasarkan observasi terhadap objek di lapangan secara langsung. Data tersebut berupa:

- Proses produksi
- Jam kerja
- Mesin dan peralatan

B. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil dari dokumen perusahaan yang sudah tersedia berdasarkan rekam jejak mereka.

- Data waktu kerusakan mesin
- Data waktu pemeliharaan mesin
- Data waktu *setup* mesin
- Data produksi mesin

2.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *overall equipment effectiveness* langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

1. Perhitungan *Availability*

Availability, adalah rasio waktu operation time terhadap *loading time*-nya.

2. Perhitungan *Performance Efficiency*

Performance efficiency adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*).

3. Perhitungan *Rate of Quality Product*

Rate of Quality Product adalah rasio produk yang baik (*good products*) yang sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses.

4. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Setelah nilai *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product* pada mesin Turbin Uap diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan mesin.

5. Perhitungan OEE *Six Big Losses*

a. Perhitungan *Downtime Losses*

- Perhitungan *Equipment Failures (Breakdowns)*

Kegagalan mesin melakukan proses (*equipment failure*) atau kerusakan (*breakdown*) yang tiba-tiba dan tidak diharapkan terjadi adalah penyebab kerugian yang terlihat jelas, karena kerusakan tersebut akan mengakibatkan mesin tidak menghasilkan *output*.

- Perhitungan *Setup dan Adjustment*

Kerusakan pada mesin maupun pemeliharaan mesin secara keseluruhan akan mengakibatkan mesin tersebut harus dihentikan terlebih dahulu. Sebelum mesin difungsikan kembali akan dilakukan penyesuaian terhadap fungsi mesin tersebut yang dinamakan dengan waktu *setup* dan *adjustment* mesin.

b. Perhitungan *Speed Loss*

Speed loss terjadi pada saat mesin tidak beroperasi sesuai dengan kecepatan produksi maksimum yang sesuai dengan kecepatan mesin yang dirancang. Faktor yang mempengaruhi *speed losses* ini adalah *idling and minor stoppages* dan *reduced speed*.

- Perhitungan *Idling dan Minor Stoppages*

Idling dan *minor stoppages* terjadi jika mesin berhenti secara berulang-ulang atau mesin beroperasi tanpa menghasilkan produk. Jika *idling* dan *minor stoppages* sering terjadi maka dapat mengurangi efektivitas mesin.

- Perhitungan *Reduced Speed*

Reduced speed adalah selisih antara waktu kecepatan produksi aktual dengan kecepatan produksi mesin yang ideal.

c. Perhitungan *Defect Loss*

Defect loss artinya adalah mesin tidak menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi dan standar kualitas produk yang telah ditentukan dan *scrap* sisa hasil proses selama produksi berjalan. Faktor yang dikategorikan ke dalam *defect loss* adalah *rework loss* dan *yield/scrap loss*.

- Perhitungan *Rework Loss*
Rework Loss adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasi kualitas yang telah ditentukan walaupun masih dapat diperbaiki ataupun dikerjakan ulang.
- Perhitungan *Yield/Scrap Loss*
Yield/scrap loss adalah kerugian yang timbul selama proses produksi belum mencapai keadaan produksi yang stabil pada saat proses produksi mulai dilakukan sampai tercapainya keadaan proses yang stabil, sehingga produk yang dihasilkan pada awal proses sampai keadaan proses stabil dicapai tidak memenuhi spesifikasi kualitas yang diharapkan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan nilai *Availability*

Availability, adalah rasio waktu operation time terhadap *loading time*-nya. Untuk menghitung nilai *availability* digunakan rumusan sebagai berikut:

$$Availability = \frac{Operation\ time}{Loading\ time} \times 100\ % \dots\dots\dots (1)$$

Hasil perhitungan nilai *Availability* dapat dilihat pada tabel 3

3.2. Perhitungan nilai *Performance Efficiency*

Untuk menghitung nilai *performance efficiency* digunakan rumusan sebagai berikut:

$$Performance\ efficiency\ (PE) = \frac{net\ operating\ \times\ operating\ cycle\ time}{operating\ time} \times \frac{ideal\ cycle\ time}{actual\ cycle\ time}$$

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

Hasil perhitungan *Performance Efficiency* dapat dilihat pada Tabel 4.

3.3. Perhitungan nilai *Rate of Quality Product*

Untuk menghitung nilai *Rate of Quality Product* digunakan rumus sebagai berikut:

$$RQP = \frac{Processed\ Amount\ \times\ Defect\ Amount}{Processed\ Amount} \times 100\% \dots\dots (3)$$

Hasil perhitungan *Rate of Quality Product* dapat dilihat pada Tabel 5.

3.4. Perhitungan nilai *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*

Untuk perhitungan nilai *OEE* dapat digunakan rumusnya seperti ini:

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

Hasil perhitungan nilai *OEE* dapat dilihat melalui Tabel 6.

Tabel 2. Data produksi Turbin Uap (KWh) periode Januari 2015 – Desember 2015

Periode	Total Available Time (Jam)	Total Actual Hours (Jam)	Total Produksi (KWh)	Total Reject Energy (KWh)	Total Scrap (KWh)
Januari	600	312	346,4	0	6,25
Februari	552	273	300,9	0	4,6
Maret	552	293	307,1	0	5,3
April	672	349	379,4	0	8,8
Mei	528	264	287,5	0	4
Juni	600	440	485,5	0	5,8
Juli	624	454	531,2	0	6,9
Agustus	552	134	143,6	0	4,6
September	552	501	568,7	0	4,9
Oktober	696	486	439,7	0	9,1
November	576	396	421,2	0	6

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai *Availability*

Periode	Loading time (Jam)	Downtime (Jam)	Operation time (Jam)	Availability (AV) (%)
Januari	600	4	596	99,33
Februari	552	4,6	547,4	99,17
Maret	552	3,68	548,32	99,33
April	672	5,88	666,12	99,13
Mei	425,55	8,5	417,05	98
Juni	554	5	549	99,10
Juli	624	5,46	618,54	99,13
Agustus	270,4	14,9	255,5	94,49
September	552	0,23	551,77	99,96
Oktober	696	4,64	691,36	99,33
November	576	3,84	572,16	99,33
Desember	648	5,4	642,6	99,17

Tabel 4. Hasil perhitungan *Performance Efficiency*

Periode	Total Produksi (KWh)	Ideal cycle time (jam/KWh)	Operation time	Performance efficiency (%)
Januari	346,4	0,97	596	56,38
Februari	300,9	0,97	547,4	53,32
Maret	307,1	0,97	548,32	54,33
April	379,4	0,97	666,12	55,25
Mei	287,5	0,97	417,05	66,87
Juni	485,5	0,97	549	85,78
Juli	531,2	0,97	618,54	83,30
Agustus	143,6	0,97	255,5	54,52
September	568,7	0,97	551,77	99,98
Oktober	439,7	0,97	691,36	61,69
November	421,2	0,97	572,16	71,41
Desember	399	0,97	642,6	60,23

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai *Rate of Quality Product*

Periode	Total Processed amount (KWh)	Defect amount/ Total Scrap (KWh)	Rate of Quality Product (%)
Januari	346,4	6,25	98,20
Februari	300,9	4,6	98,47
Maret	307,1	5,3	98,27
April	379,4	8,8	97,68
Mei	287,5	4	98,61
Juni	485,5	5,8	98,81
Juli	531,2	6,9	98,70
Agustus	143,6	4,6	96,80
September	568,7	4,9	99,14
Oktober	439,7	9,1	97,93
November	421,2	6	98,58
Desember	399	8,1	97,97

Tabel 6. Hasil perhitungan nilai OEE

Periode	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Rate of Quality Product (%)	OEE (%)
Januari	99,97	56,38	98,20	54,99
Februari	99,96	53,32	98,47	52,07
Maret	99,97	54,33	98,27	53,03
April	99,97	55,25	97,68	53,49
Mei	99,24	66,87	98,61	64,62
Juni	99,96	85,78	98,81	83,99
Juli	99,97	83,3	98,70	81,50
Agustus	96,93	54,52	96,80	49,86
September	99,96	99,98	99,14	99,07
Oktober	99,98	61,69	97,93	60,01
November	99,97	71,41	98,58	69,92
Desember	99,97	60,23	97,97	58,51

Dari data tabel 6 dapat kita lihat bahwa Persentase rata – rata OEE Turbin Uap tahun 2015 adalah 65,08 %. Nilai ini masih dibawah standar JIPM yaitu sebesar 85,0 %.

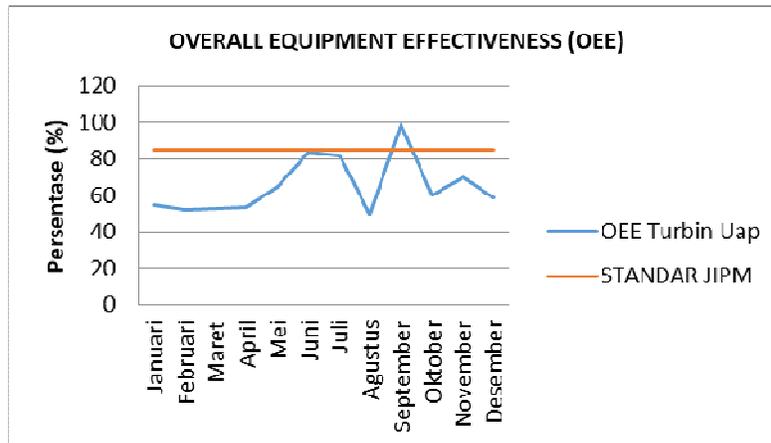
Hal yang menyebabkan rendahnya perolehan angka tersebut adalah karena rendahnya nilai *Performance Efficiency*, dimana dalam hal ini dipengaruhi karena mesin beroperasi tidak optimal.

3.5. Perhitungan *Six Big Losses*

Persentase faktor terbesar dari *Losses* disebabkan oleh *Idling and Minor Stoppages*

Losses yaitu sebesar 83,6 % dengan total kehilangan waktu sebesar 2396,82 jam. Hal ini menerangkan bahwa mesin sering berhenti secara berulang ulang ataupun mesin beroperasi tapi tidak menghasilkan produk.

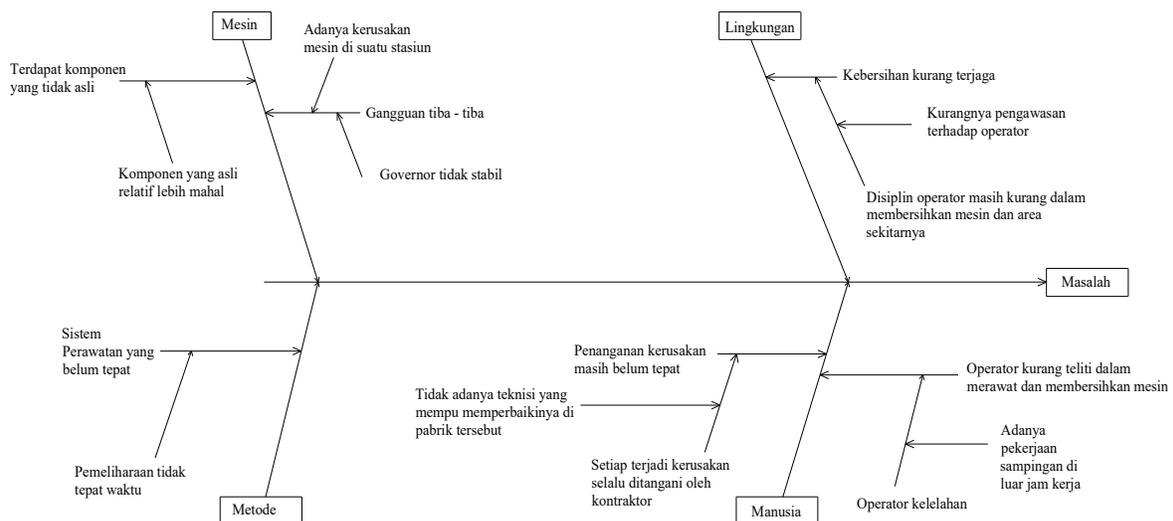
Dengan melakukan analisis perhitungan OEE *Six Big Losses* maka kita dapat melihat lebih jelas yang mempegaruhi efektivitas Turbin Uap. Perhitungan *Six Big loses* atau enam besar faktor kerusakan dapat dilihat dalam Tabel 7.



Gambar 1. Grafik perbandingan perolehan OEE Turbin Uap dan Standar JIPM

Tabel 7. Six Big Losses

No.	Six Big Losses	Total Time Losses	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
1.	Idling/Minor Stoppages Losses	2396,82	83,60	83,60
2.	Yield/Scrap losses	72,1195	2,51	86,11
3.	Reduce Speed Losses	331,876	11,57	97,69
4.	Breakdown Losses	11	0,38	98,07
5.	Setup and Adjustment Losses	55,13	1,92	100
6.	Rework Losses	0	0	100
Total		2866,9455	100	



Gambar 2. Diagram sebab akibat/Tulang ikan (Fish Bone) penyebab losses terbesar

3.6. Analisa diagram Sebab Akibat/Tulang Ikan (*Fish Bone*)

Untuk mendapatkan penanganan masalah secepat mungkin, maka perlu dilakukannya analisa sebab akibat terhadap faktor – faktor yang mengakibatkan masalah - masalah tersebut. Diagram sebab akibat ini sering juga disebut sebagai diagram tulang ikan (*Fish bone*). Analisa ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung dilapangan, wawancara dengan operator, dan juga wawancara dengan shift engineer di pabrik tersebut. Hasil wawancara tersebut, merupakan salah satu kemungkinan penyebab dari sulitnya pencapaian OEE yang diharapkan. Dalam wawancara yang didapat maka diambil parameter – parameter yang mempengaruhi terjadinya kerugian/Losses tersebut, yaitu: mesin, manusia, metode, lingkungan.

Dari diagram sebab akibat diatas menerangkan bahwa penyebab mesin mengalami kerugian atau losses oleh karena 4 kategori yaitu manusia, mesin, metode dan lingkungan. Hal ini bisa terjadi karena disebabkan oleh :

1. Manusia

Setiap pekerjaan yang dilakukan sangat membutuhkan pengawasan, baik memantau seberapa besar kemampuan karyawan dan etos kerja saat bekerja dengan tujuan mengatur serta mengkoordinir berlangsungnya proses dengan baik. Dari hasil pengamatan yang dilakukan, operator kurang teliti dalam merawat dan membersihkan mesin dan area sekitarnya. Dimana masih ada terlihat kotoran seperti oli tumpah di bagian bawah mesin dan juga debu menempel. Hal ini disebabkan karena operator kurang fokus dalam melakukan pekerjaannya bisa saja karena kelelahan. Faktor ini disebabkan adanya pekerjaan sampingan karyawan di luar jam kerjanya karena gaji dan tunjangan untuk karyawan seperti operator misalnya masih sedikit atau kurang untuk membiayai kehidupan keluarganya. Sementara faktor yang lain adalah jika terjadi suatu kerusakan, tidak ada teknisi dari pabrik tersebut yang mampu menanganinya. Maka mereka harus mengadakan kontrak dengan kontraktor dari luar perusahaan tersebut. Hal ini menyebabkan lamanya penanganan terhadap kerusakan mesin tersebut, sehingga menyebabkan banyak *losses*.

2. Mesin

Bilamana terjadi kerusakan pada mesin ini dan harus mengganti suku cadang, maka diganti dengan suku cadang yang tidak berdasarkan standar pabrik pembuat mesin tersebut. Hal ini dikarenakan harga suku cadang tersebut relatif sangat mahal dan susah didapatkan. Sementara faktor lain adalah adanya gangguan secara tiba – tiba. Bisa saja penyebabnya adalah governor pada turbin uap tersebut tidak stabil sehingga mengakibatkan trip dan hunting yang bisa menyebabkan kelebihan arus yang dihasilkan ataupun kurang arus. Dikarenakan didalam sebuah

pabrik tersebut merupakan sebuah system yang memiliki keterikatan satu sama lain, maka kerusakan mesin pada sebuah stasiun juga mengakibatkan pemberhentian mesin turbin uap ini. Hal ini akan menyebabkan *Losses* karena harus beralih lagi ke mesin genset pada pabrik tersebut.

3. Metode

Dari label SOP (*Standart Operation Procedure*) yang ditempelkan pada mesin tersebut, peneliti melihat bahwa dalam 10.000 jam waktu operasi mesin maka oli harus diganti. Sementara dari buku laporan yang dicatat oleh operator bahkan melebihi waktu dari SOP tersebut. Jika ini terus terjadi maka akan menyebabkan performa mesin kurang prima dan menyebabkan *losses*.

4. Lingkungan

Lingkungan di area mesin tersebut sudah cukup bersih, namun masih ada terdapat kotoran yang menyebabkan kenyamanan dan keindahan sekitar tersebut menjadi berkurang. Penyebabnya adalah kurangnya disiplin operator dalam menjaga kebersihan dikarenakan pengawasan dari shift engineer dari pabrik tersebut masih kurang.

4. Kesimpulan Dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Persentase rata – rata OEE Turbin Uap PT. PP London Sumatera Indonesia, Tbk Begerpang POM tahun 2015 adalah 65,08 %. Nilai ini masih dibawah standar JIPM yaitu sebesar 85,0 %.
2. Faktor *Losses* terbesar adalah *Idling/Minor Stoppages Losses* dengan persentase 85,44 %. Nilai ini menunjukkan mesin sering berhenti secara berulang-ulang atau mesin beroperasi tanpa menghasilkan produk dan mengalami kehilangan waktu sebesar 2449,54 jam.
3. Selain metode perawatan yang signifikan, Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai OEE dan juga *Losses* adalah banyaknya jumlah buah kelapa sawit yang akan diolah

4.2. Saran

Setelah melakukan pengolahan dan analisa data maka peneliti memberikan saran kepada PT. PP London Sumatera Indonesia, Tbk Begerpang POM, sebagai berikut :

1. Dengan nilai OEE yang diperoleh mesin turbin uap hanya rata – rata 65,08 % pada periode 2015, sudah seharusnya menerapkan sistem perawatan mesin dengan *Total Productive Maintenance* agar produktivitas pun lebih optimal lagi.
2. Sebaiknya dilakukan perhitungan OEE untuk semua mesin sehingga efektivitasnya dapat diketahui demi evaluasi kedepannya.

3. Pergantian ataupun perhentian mesin diwaktu yang seharusnya harus dilakukan, karena pemeliharaan itu sangat penting menjaga supaya keberlangsungan masa pakai mesin lebih awet.
4. Perusahaan sebaiknya menanamkan kesadaran kepada seluruh karyawan dalam upaya peningkatan produktivitas hasil yang di dapat sehingga dapat menguntungkan perusahaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak PT. PP London Sumatera Indonesia, Tbk Begerpang POM yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian di pabrik tersebut. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing bapak Ir. Alfian Hamsi Siregar, M.Sc. yang telah bersabar membimbing penulis selama penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan – rekan Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara stambuk 2011 yang selalu mendukung penulis. Solidarity Forever.

Daftar Pustaka

- [1] Corder, Antony. 1996. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga.
- [2] Cox, Sue and Tait, Robin, 1998, *Safety Reliability and Risk Management: an integrated approach Second edition*, Oxford : Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn
- [3] Keith, R. M. 1957. *Maintenance Engineering Handbook-Seventh Edition*. United State of Amerika : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] Ljungberg, O. 1998. *Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. International Journal of Operations & Production Management*.
- [5] Nakajima, S. 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance*. Cambridge: MA,Productive Press, Inc.
- [6] Springer. 2003. *Handbook of reliability engineering*. New Jersey USA : Sunrise Setting Ltd, Torquay, Devon, UK
- [7] S., Nehete, E., Narhede, and K., Mahajan. *Total Productive Maintenance: A Critical Review*.



Joel Bastanta Perangin Angin.

Anak ke 3 dari 3 bersaudara dari Berastagi berhasil menyelesaikan studinya pada 2016 di Teknik Mesin USU (S1), Medan. Bidang peminatan yang diambil adalah Teknik Pemeliharaan (*Maintenance Engineering*) dengan materi penelitian yaitu *Total Productive Maintenance (TPM)* dan beberapa topik yang berkaitan langsung didalamnya.



Evin Dunan Manurung.

Lahir pada 09 April 1992. Menamatkan SMA di SMA Negeri 2 Tarutung tahun 2010. Menyelesaikan Program Studi S1 Sarjana Teknik, bidang peminatan yang diambil adalah Teknik Pemeliharaan (*Maintenance Engineering*) dengan materi penelitian yaitu *Total Productive Maintenance* di Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara pada tahun 2016.