

Pengukuran Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Sebagai Pedoman Perbaikan Efektivitas Mesin *CNC Cutting*

Agil Septiyan Habib dan H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE

Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: agilseptiyanhabib@gmail.com dan hariqive@ie.its.ac.id

Abstrak— Produksi boiler yang dilakukan oleh PT ALSTOM Power Energy System Indonesia melibatkan banyak komponen, salah satu komponen yang paling banyak terlibat dalam aktivitas produksi adalah komponen attachment yang diproduksi oleh mesin *CNC Cutting*. Karena komponen ini memegang peranan penting dalam aktivitas produksi, maka mesin yang dipergunakan untuk memproduksinya harus senantiasa berada dalam kondisi baik dan memiliki efektivitas yang tinggi. Efektivitas mesin dapat diketahui dengan mengukur nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari mesin *CNC Cutting* tersebut. Dalam pengukuran OEE terdapat tiga faktor penting yang mempengaruhinya, yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Nilai standar dari ketiga faktor tersebut berturut-turut adalah 90%, 95%, dan 99%. Sedangkan untuk standar global dari nilai OEE adalah 85%. Data pengukuran menunjukkan bahwa besaran nilai dari *availability rate* adalah 84,9%, *performance rate* sebesar 72,9%, *quality rate* sebesar 100%, dan OEE sebesar 61,8%. Penyebab belum optimalnya nilai OEE mesin dikaji lebih lanjut dengan menggunakan tools seperti RCA (*Root Cause Analysis*), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), dan AHP (*Analytical Hierarchy Process*). RCA dipergunakan untuk mengidentifikasi faktor *root cause* dari terjadinya suatu *non value activity*. Sedangkan FMEA dipergunakan untuk mencari aktivitas paling kritis untuk kemudian dirumuskan alternatif solusinya. AHP dipergunakan untuk memberikan pembobotan terhadap kriteria performansi, dan kemudian dengan menggunakan *value management* dapat ditentukan alternatif solusi terbaik. Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya beberapa faktor penyebab belum optimalnya *availability rate* dan *performance rate*. Aktivitas-aktivitas yang menjadi faktor penyebab tersebut adalah mengulang proses potong, menunggu ketersediaan material, dan mengoperasikan mesin dengan kecepatan potong rendah.

Kata kunci : *Overall equipment effectiveness, availability rate, performance rate, root cause analysis, failure mode and effect analysis, analytical hierarchy process, value management.*

I. PENDAHULUAN

Penelitian yang dilakukan di PT ALSTOM Power Energy System Indonesia (PT APESI) berkaitan dengan pengukuran nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ini bertujuan untuk memperbaiki efektivitas kerja mesin *CNC Cutting* yang khususnya terkait dengan aspek *availability* dan *performance* mesin. PT APESI merupakan perusahaan yang memproduksi boiler berjenis *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) dan *Utility* dengan melibatkan banyak sekali komponen, dan salah satu jenis komponen yang paling banyak terlibat dalam produksi boiler tersebut adalah komponen attachment yang diproduksi oleh mesin *CNC Cutting*. Sehingga penting kiranya komponen tersebut diproduksi dengan baik agar aktivitas produksi boiler tidak terganggu.

Untuk mengetahui seberapa baik efektivitas suatu mesin, maka dapat dilakukan pengukuran nilai OEE dari mesin tersebut. Pengukuran OEE dilakukan dengan memperhatikan tiga hal penting, yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Ketiga jenis faktor tersebut umumnya dijabarkan kedalam beberapa jenis losses (kerugian), yaitu *breakdown losses, set up and adjustment, idle and minor stoppage, reduce speed, process defect*, dan *reduce yield* (Nakajima, 1988 ; Jeong & Philips, 2001). Penggunaan OEE memiliki tujuan utama untuk memaksimalkan efektivitas dari peralatan (Waeyenberg and Pintelon, 2001 ; Chan *et al.*, 2003). Adapun penilaian terkait dengan OEE mesin mengikuti standar global adalah 90% untuk nilai *availability rate*, 95% *performance rate*, dan 99% untuk *quality rate* (Levitt, 1996 ; Ahuja and Khamba, 2008) atau 85% untuk nilai OEE dari suatu peralatan (Blanchard, 1997; McKone *et al.*, 1999; Ahuja and Khamba, 2008).

Bentuk dari komponen attachment yang diproduksi oleh mesin *CNC Cutting* cukup bervariasi baik bentuk maupun ukurannya, sehingga hal ini berpotensi memunculkan permasalahan terkait dengan faktor *availability* mesin tersebut. Cukup bervariasinya komponen attachment yang diproduksi oleh mesin *CNC Cutting* apabila tidak disikapi dengan baik berpotensi menyebabkan waktu *set up* menjadi lama dan ketersediaan waktu untuk berproduksi menjadi berkurang. Sedangkan terkait dengan faktor performa mesin beberapa indikasi dalam pengoperasian mesin *CNC Cutting* menunjukkan bahwa ada ketidakkonsistenan dalam pengaturan kecepatan potong mesin.

Terkait dengan faktor kualitas (*quality rate*) dalam pengoperasian mesin *CNC Cutting* ini bisa dikatakan bahwa tidak ada permasalahan yang berarti. Semua komponen hasil proses produksi semuanya diterima dan dapat dipergunakan untuk menunjang proses selanjutnya dalam produksi *boiler*. Komponen *attachment* yang dihasilkan tidak pernah mengalami *rework* yang berujung pada tersitanya waktu untuk produksi, sehingga faktor kualitas tidak menjadi fokus kajian dalam penelitian ini karena dianggap sudah sangat baik kondisinya.

Dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi yang ada tersebut, maka penelitian ini memiliki fokus utama terhadap faktor *availability* dan *performance* dalam kaitannya untuk memperbaiki nilai OEE mesin *CNC Cutting*.

Dalam rangka untuk memperbaiki OEE mesin terutama meningkatkan *availability* dan *performance* mesin maka dipergunakan pendekatan *lean manufacturing* atau *lean manufacturing* karena penentuan OEE mesin dalam kasus ini tidak bisa dilepaskan dengan proses produksi yang dilakukan oleh mesin *CNC Cutting*. Apabila dalam penjabaran sebelumnya dipergunakan terminologi *losses* yang umumnya berhubungan dengan aspek *maintenance*, maka semua jenis aktivitas yang termasuk dalam kategori *losses* selama pengoperasian mesin *CNC Cutting* akan dikonversikan dalam terminologi *waste*. *Waste* atau pemborosan yang dipakai dalam penelitian ini adalah *seven waste* yang terdiri dari *overproduction, unnecessary inventory, defect, inappropriate processing, waiting, unnecessary motion, dan transportation*. (Hines & Rich, 1997).

Rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi terhadap nilai *availability* dan *performance* dari mesin *CNC Cutting* dalam mempengaruhi nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Sedangkan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi besarnya nilai OEE mesin *CNC Cutting* pada saat ini, menemukan faktor-faktor penyebab rendahnya *availability* dan *performance* mesin, merumuskan alternatif solusi penyelesaian masalah yang dihadapi, serta memilih alternatif solusi terbaik.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian terkait dengan pengukuran nilai OEE untuk menunjang perbaikan efektivitas mesin *CNC Cutting* ini dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi yang ada di lapangan terkait dengan pengoperasian mesin dan hal-hal yang terkait dengannya.

Berkaitan dengan pengamatan yang dilakukan serta dilakukannya *brainstorming* dengan pihak perusahaan maka dapat dilakukan perumusan masalah dalam penelitian serta menetapkan tujuan dari dilakukannya penelitian tersebut.

Untuk menunjang agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan baik maka perlu dilakukan juga studi literatur. Adapun studi literatur yang diharapkan dapat menunjang proses penelitian antara lain teori-teori terkait dengan *Root Cause Analysis* (RCA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Big Picture Mapping* (BPM), dan *Overall*

Equipment Effectiveness (OEE), *pareto chart, analytical hierarchy process* (AHP), dan penjelasan singkat tentang *boiler*.

Pengukuran nilai OEE menjadi landasan awal dalam penelitian ini. Data OEE yang diperoleh nantinya dijadikan sebagai rujukan untuk mengetahui seberapa besar efektivitas yang ada dalam pengoperasian mesin *CNC Cutting*. Penentuan nilai OEE mengacu pada konsep yang ada yaitu ditentukan oleh tiga faktor utama, yaitu *availability rate, performance rate, dan quality rate*. Nilai OEE yang berada dibawah standar global baik untuk nilai OEEnya sendiri maupun untuk masing-masing faktor memberikan indikasi butuh dilakukannya perbaikan terhadap efektivitas kerja mesin. Agar perbaikan ini dapat dilakukan maka perlu terlebih dahulu dicari penyebab paling dasar (*root cause*) dari setiap permasalahan yang terjadi selama pengoperasian mesin *CNC Cutting* tersebut. Pencarian terhadap faktor penyebab dasar tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan RCA. Faktor penyebab yang diperoleh sebagai hasil identifikasi dengan RCA merupakan beberapa permasalahan yang berpotensi menciptakan terjadinya *losses* pada mesin, sehingga faktor *root cause* tersebut harus ditanggulangi agar efektivitas mesin secara keseluruhan dapat diperbaiki.

Faktor *root cause* yang berjumlah cukup banyak memerlukan dilakukannya pendeteksian lebih lanjut untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang tergolong sebagai faktor kritis yang menimbulkan terjadinya *losses* ataupun *waste*. Oleh karena itulah penggunaan FMEA diperlukan untuk melihat besaran nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing faktor. Faktor *root cause* dengan RPN tertinggi menjadi perhatian utama untuk dibuatkan solusi penyelesaian masalah. Kemudian dari alternatif-alternatif solusi yang dibuatkan tersebut dapat dipilih mana yang dapat memberikan hasil terbaik terhadap efektivitas mesin secara keseluruhan.

III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui kondisi awal yang ada pada mesin *CNC Cutting*, terutama untuk mengetahui nilai OEE mesin yang ada pada saat ini.

Penentuan nilai OEE dilakukan dengan menggunakan beberapa data penunjang seperti *operating time, cycle time, loading time, downtime, process amount, dan speed* dari mesin.

Berikut ini adalah data hasil perhitungan untuk nilai *availability rate, performance rate* dan OEE.

Tabel 1. Nilai *Availability Rate* Mesin *CNC Cutting*

No	Tanggal (2012)	Shift	Jumlah Variasi Produksi/Komponen	Loading Time (menit)	Total Downtime (menit)	Planned Downtime (menit)	Unplanned Downtime (menit)	Operating Time (menit)	Production Time (menit)	Availability Rate (%)
1	12 Januari 2012	1	5	630	206	105	101	424	525,0	80,8%
2	21 Januari 2012	1	3	630	265	105	160	365	525,0	69,5%
3	08 Februari 2012	2	1	630	272	105	167	358	525,0	68,2%
4	08 Februari 2012	2	1	630	242	105	129	396	525,0	75,4%
5	10 Februari 2012	1	1	630	200	135	65	430	495,0	86,9%
6	15 Februari 2012	2	3	630	161	105	56	469	525,0	89,3%
7	17 Februari 2012	2	9	630	172	105	67	453	525,0	87,2%
8	23 Februari 2012	1	5	630	186	105	81	444	525,0	84,6%
9	13 Maret 2012	2	9	690	195	105	90	495	585,0	84,6%
10	14 Maret 2012	1	2	630	209	105	104	421	525,0	80,2%
11	14 Maret 2012	2	2	690	194	105	89	496	585,0	84,8%
12	15 Maret 2012	2	3	690	185	105	80	505	585,0	86,3%
13	17 Maret 2012	2	2	690	165	105	60	525	585,0	89,7%
14	19 Maret 2012	1	2	630	165	105	60	465	525,0	88,0%
15	22 Maret 2012	1	3	630	172	105	67	453	525,0	87,2%
16	23 Maret 2012	1	5	690	225	135	90	465	555,0	83,8%
17	27 Maret 2012	2	5	690	216	105	111	474	585,0	81,0%
18	28 Maret 2012	2	4	630	189	105	84	441	525,0	84,0%

No	Tanggal (2012)	Shift	Jumlah Variasi Produk/Komponen	Loading Time (min)	Total Downtime (min)	Planned Downtime (min)	Unplanned Downtime (min)	Operating Time (min)	Production Time (min)	Availability Rate (%)
19	29 Maret 2012	1	1	630	189	105	84	441	525,0	84,0%
20	29 Maret 2012	2	1	630	219	105	114	411	525,0	80,5%
21	30 Maret 2012	1	1	630	175	135	40	455	495,0	91,5%
22	02 April 2012	1	2	630	227	105	72	453	525,0	86,3%
23	03 April 2012	1	1	630	220	105	115	410	525,0	78,1%
24	04 April 2012	2	2	630	179	105	74	451	525,0	81,5%
25	05 April 2012	1	2	630	149	105	44	481	525,0	91,6%
26	05 April 2012	2	1	630	167	105	62	463	525,0	88,2%
27	06 April 2012	1	1	630	139	110	27	493	490,0	88,5%
28	06 April 2012	2	1	630	179	105	74	451	525,0	85,9%
29	09 April 2012	1	4	630	189	105	84	441	525,0	84,0%
30	10 April 2012	1	1	390	81	75	6	309	315,0	98,1%
31	11 April 2012	2	2	630	188	105	83	442	525,0	84,2%
32	13 April 2012	1	9	540	153	90	63	387	450,0	86,0%
33	13 April 2012	2	4	630	144	105	39	486	525,0	92,6%
34	14 April 2012	2	1	630	189	105	84	441	525,0	91,6%
35	16 April 2012	2	1	630	182	105	77	448	525,0	85,5%
36	17 April 2012	1	4	630	161	105	56	469	525,0	89,3%
37	17 April 2012	2	2	630	193	105	88	437	525,0	83,2%
38	18 April 2012	1	4	630	183	90	93	447	540,0	82,3%
39	18 April 2012	2	1	630	183	105	78	447	525,0	83,5%
40	19 April 2012	1	2	630	194	105	89	436	525,0	83,0%
41	20 April 2012	1	1	630	315	135	180	315	495,0	63,0%
42	21 April 2012	1	3	630	159	105	54	471	525,0	89,7%
43	22 April 2012	1	6	340	145	90	55	395	450,0	87,5%
44	23 April 2012	2	1	630	150	105	45	480	525,0	91,4%
45	24 April 2012	1	1	630	183	135	48	441	495,0	90,3%
46	24 April 2012	2	2	630	153	105	48	477	525,0	90,5%
47	26 April 2012	2	3	630	204	105	99	426	525,0	81,1%
48	27 April 2012	1	2	630	224	135	89	406	495,0	82,0%
49	28 April 2012	1	2	630	190	105	85	440	525,0	83,8%
50	30 April 2012	1	2	630	170	105	65	460	525,0	87,6%
Total				33500	9150	5385	3965	22150	26811	
Rata-rata				630	187	107,7	78,3	443	523,3	84,9%

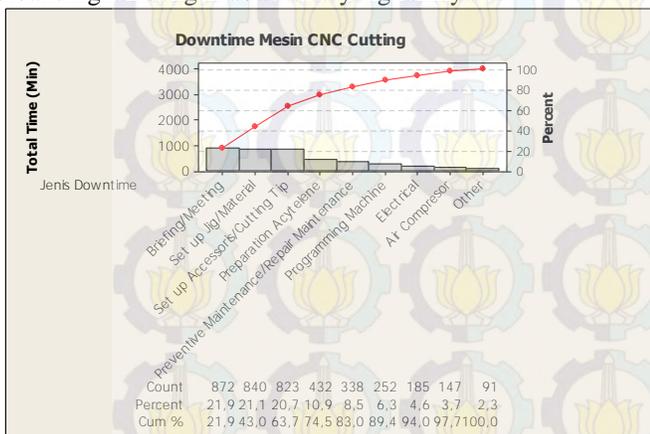
Data pada tabel 1 tersebut menunjukkan *availability rate* sebesar 84,9%, atau dengan kata lain masih belum mencapai nilai standar yang diharapkan yaitu sebesar 90%. *Availability* dari mesin *CNC Cutting* dipengaruhi oleh dua hal yaitu *breakdown losses* serta *set up & adjustment* yang dapat mengakibatkan *availability* menjadi tidak optimal.

Terkait dengan *breakdown losses* dan *set up & adjustment* yang menyebabkan tidak optimalnya nilai *availability* mesin, terdapat beberapa klasifikasi *downtime* di PT APESI yang tergolong dalam dua hal tersebut. *Downtime* tersebut meliputi:

Tabel 2. Klasifikasi *Downtime* dalam *Losses*

Jenis <i>Losses</i>	<i>Downtime</i>
<i>Breakdown Losses</i>	<i>Electrical</i>
	<i>Air Compressor</i>
	<i>Preparation Acytelene</i>
	<i>Preventive Maintenance</i>
	<i>Briefing/Meeting</i>
	<i>Coffe break (Planned downtime)</i>
<i>Set up and Adjustment Losses</i>	<i>Programming Machine</i>
	<i>Set up Machine</i>
	<i>Set up Accessoris/Cutting Tip</i>
	<i>Set up Jig/Material</i>
	<i>Waiting Handling</i>

Dari beberapa jenis *downtime* tersebut, dengan menggunakan pareto diagram dapat diketahui *downtime* operasi mana yang memiliki waktu terjadi paling besar dibandingkan dengan *downtime* yang lainnya.



Gambar 1. Diagram Pareto *Downtime* pada Mesin *CNC Cutting*

Sedangkan besaran nilai *performance rate* untuk mesin *CNC Cutting* adalah:

Tabel 3. Nilai *Performance Rate* Mesin *CNC Cutting*

No	Tanggal (2012)	Shift	Jumlah Variasi Produk/Komponen	Operating Time (min)	Net Operating Time (min)	Performance Rate (%)
1	12 Januari 2012	1	3	424	182,0	42,9%
2	21 Januari 2012	1	3	365	353,2	96,8%
3	06 Februari 2012	2	1	338	262,3	73,3%
4	09 Februari 2012	2	1	396	395,1	99,8%
5	10 Februari 2012	1	1	430	262,3	61,0%
6	15 Februari 2012	2	3	469	322,1	68,7%
7	17 Februari 2012	2	7	458	245,1	53,5%
8	20 Februari 2012	1	3	441	379,1	85,4%
9	13 Maret 2012	2	9	495	247,3	50,0%
10	14 Maret 2012	1	2	421	339,3	80,6%
11	14 Maret 2012	2	2	496	372,4	75,1%
12	15 Maret 2012	2	3	505	308,3	61,0%
13	17 Maret 2012	2	2	525	380,1	72,4%
14	19 Maret 2012	1	2	465	365,3	78,5%
15	22 Maret 2012	1	3	458	349,7	76,3%
16	23 Maret 2012	1	5	465	214,5	46,1%
17	27 Maret 2012	2	3	474	244,7	51,6%
18	28 Maret 2012	2	4	441	372,6	84,5%
19	29 Maret 2012	1	1	441	310,4	70,4%
20	29 Maret 2012	2	3	471	396,5	84,2%
21	30 Maret 2012	1	1	455	255,2	56,1%
22	02 April 2012	1	2	453	334,6	73,9%
23	03 April 2012	1	1	410	287,6	70,2%
24	04 April 2012	2	2	451	337,3	74,8%
25	05 April 2012	1	2	481	411,7	85,6%
26	05 April 2012	2	1	463	394,8	85,3%
27	06 April 2012	1	1	438	394,8	90,1%
28	06 April 2012	2	1	451	432,0	95,8%
29	09 April 2012	1	4	441	317,2	71,9%
30	10 April 2012	1	1	309	271,1	87,7%
31	11 April 2012	2	2	442	321,5	72,7%
32	12 April 2012	1	9	387	236,1	61,0%
33	13 April 2012	2	4	486	429,6	88,4%
34	14 April 2012	2	1	481	432,0	89,8%
35	16 April 2012	2	1	448	390,5	87,2%
36	17 April 2012	1	4	469	314,4	67,0%
37	17 April 2012	2	2	437	365,6	83,7%
38	18 April 2012	1	4	447	386,4	86,4%
39	18 April 2012	2	1	447	311,8	69,8%
40	19 April 2012	1	2	436	315,4	72,3%
41	20 April 2012	1	1	315	296,6	94,2%
42	21 April 2012	1	2	471	307,8	65,3%
43	23 April 2012	2	1	480	311,8	65,0%
44	24 April 2012	1	1	447	311,8	69,8%
45	24 April 2012	2	2	477	386,7	81,1%
46	26 April 2012	2	3	426	259,7	61,0%
47	27 April 2012	1	2	406	162,0	39,9%
48	28 April 2012	1	2	440	286,0	65,0%
49	30 April 2012	1	2	460	303,5	66,0%
50	01 Mei 2012	1	6	395	230,7	58,4%
Rata-rata						72,9%

Data pada tabel 3 tersebut menunjukkan *performance rate* sebesar 72,9%, atau masih belum mencapai nilai standar yang diharapkan yaitu sebesar 95%.

Sedangkan untuk *quality rate* bisa dikatakan bahwa sudah mencapai 100% karena dalam pengoperasian mesin *CNC Cutting* untuk memproduksi komponen *attachment* tidak ada komponen yang terkategori sebagai *defect*. Semua komponen *attachment* yang dihasilkan semuanya tanpa ada aktivitas *rework*.

Sehingga berdasarkan diketahuinya nilai dari ketiga faktor yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate* maka OEE dari mesin *CNC Cutting* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* Mesin *CNC Cutting*

No	Tanggal (2012)	Shift	Jumlah Variasi Produk/Komponen	Availability Rate (%)	Performance Rate (%)	Quality Rate (%)	Overall Equipment Effectiveness (OEE)
1	12 Januari 2012	1	3	80,8%	42,9%	100,0%	34,7%
2	21 Januari 2012	1	3	69,5%	96,8%	100,0%	67,3%
3	06 Februari 2012	2	1	68,2%	73,3%	100,0%	50,0%
4	09 Februari 2012	2	1	75,4%	99,8%	100,0%	75,3%
5	10 Februari 2012	1	1	86,9%	58,7%	100,0%	51,0%
6	15 Februari 2012	2	3	89,3%	68,7%	100,0%	61,3%
7	17 Februari 2012	2	7	87,2%	53,5%	100,0%	46,7%
8	20 Februari 2012	1	3	84,6%	85,4%	100,0%	72,2%
9	13 Maret 2012	2	9	84,0%	50,0%	100,0%	42,3%
10	14 Maret 2012	1	2	80,2%	80,6%	100,0%	64,6%
11	14 Maret 2012	2	2	84,8%	75,1%	100,0%	63,7%
12	15 Maret 2012	2	3	86,3%	61,0%	100,0%	52,7%
13	17 Maret 2012	2	2	89,7%	72,4%	100,0%	65,0%
14	19 Maret 2012	1	2	88,6%	78,5%	100,0%	69,6%
15	22 Maret 2012	1	3	87,2%	76,3%	100,0%	66,6%
16	23 Maret 2012	1	5	83,8%	46,1%	100,0%	38,6%
17	27 Maret 2012	2	3	81,0%	51,6%	100,0%	41,8%
18	28 Maret 2012	2	4	84,0%	84,5%	100,0%	71,0%
19	29 Maret 2012	1	1	84,0%	70,4%	100,0%	59,1%

No	Tanggal (2012)	Shift	Jumlah Variasi Produksi Komponen	Availability Rate (%)	Performance Rate (%)	Quality Rate (%)	Overall Equipment Effectiveness (OEE)
19	29 Maret 2012	1	1	84,0%	70,4%	100,0%	59,1%
20	29 Maret 2012	2	3	80,5%	84,2%	100,0%	67,8%
21	30 Maret 2012	1	1	91,9%	56,1%	100,0%	51,0%
22	02 April 2012	1	2	86,3%	73,9%	100,0%	63,7%
23	03 April 2012	1	1	78,1%	70,2%	100,0%	54,8%
24	04 April 2012	2	2	85,9%	74,8%	100,0%	64,2%
25	05 April 2012	1	2	91,6%	85,6%	100,0%	78,4%
26	05 April 2012	2	1	88,2%	85,3%	100,0%	75,2%
27	06 April 2012	1	1	88,5%	90,1%	100,0%	79,8%
28	06 April 2012	2	1	85,9%	95,8%	100,0%	82,3%
29	09 April 2012	1	4	84,0%	71,9%	100,0%	60,4%
30	10 April 2012	1	1	98,1%	87,7%	100,0%	86,1%
31	11 April 2012	2	2	84,2%	72,7%	100,0%	61,2%
32	12 April 2012	1	9	86,0%	61,0%	100,0%	52,5%
33	13 April 2012	2	4	92,6%	84,4%	100,0%	81,8%
34	14 April 2012	2	1	91,6%	89,3%	100,0%	82,3%
35	16 April 2012	2	1	85,3%	82,2%	100,0%	74,4%
36	17 April 2012	1	4	89,3%	67,0%	100,0%	59,9%
37	17 April 2012	2	2	83,2%	83,7%	100,0%	69,6%
38	18 April 2012	1	4	82,8%	86,4%	100,0%	71,5%
39	18 April 2012	2	1	85,1%	69,8%	100,0%	59,4%
40	19 April 2012	1	2	83,0%	72,3%	100,0%	60,1%
41	20 April 2012	1	1	63,6%	94,2%	100,0%	59,9%
42	21 April 2012	1	2	89,7%	65,3%	100,0%	58,0%
43	23 April 2012	2	1	91,4%	65,0%	100,0%	59,4%
44	24 April 2012	1	1	90,3%	69,8%	100,0%	63,0%
45	24 April 2012	2	2	90,9%	81,1%	100,0%	73,7%
46	26 April 2012	2	3	81,1%	61,0%	100,0%	49,5%
47	27 April 2012	1	2	82,0%	39,9%	100,0%	32,7%
48	28 April 2012	1	2	83,8%	65,0%	100,0%	54,5%
49	30 April 2012	1	2	87,6%	66,0%	100,0%	57,8%
50	01 Mei 2012	1	6	87,8%	58,4%	100,0%	51,3%
Rata-rata				84,9%	72,9%	100,0%	61,8%

Nilai OEE mesin berdasarkan data hasil perhitungan di tabel 4 tersebut yaitu sebesar 61,8% dari standar global untuk nilai OEE yang sebesar 85%. Sehingga dapat dikatakan bahwa efektivitas mesin masih belum optimal dan perlu dilakukan beberapa perbaikan agar efektivitas dari mesin tersebut semakin membaik.

Dari beberapa faktor penunjang OEE mesin, *availability* dan *performance* perlu mendapatkan perhatian lebih karena *rate* dari kedua faktor tersebut masih berada dibawah standar global yang diharapkan untuk masing-masing faktor.

IV. ANALISA DAN INTERPRETASI DATA

Aktivitas-aktivitas yang dilakukan terkait dengan pengoperasian mesin *CNC Cutting* guna memproduksi komponen *attachment* tidak menutup kemungkinan beberapa diantaranya berpotensi menyebabkan terjadinya *losses* ataupun *waste*, sehingga efektivitas mesin terpengaruh dan menjadi tidak optimal. Dinatara sekian banyak aktivitas yang dilakukan selama pengoperasian mesin *CNC Cutting*, berikut ini merupakan beberapa aktivitas yang berpotensi menimbulkan terjadinya *losses*. Dalam kaitannya dengan konsep *lean manufacturing*, beberapa aktivitas tersebut juga dapat dikategorikan kedalam *waste*.

Tabel 5. Konversi *six big losses* kedalam *seven waste*

No	Aktivitas	Six Big Losses	Seven Waste
1	Mengulang proses potong	Reduced Speed	Inappropriate processing
2	Mematikan mesin pada masa operasi karena mesin ditinggal oleh operator	Minor/Idling Stoppage	Waiting
3	Mematikan mesin pada masa operasi untuk keperluan <i>set up</i>	Set-up and Adjustment Losses	Waiting
4	Mematikan mesin pada masa operasi untuk melakukan aktivitas lain	Breakdown Losses	Waiting
5	Menunggu ketersediaan material untuk diproses	Minor/Idling Stoppage	Waiting
6	Memotong material sisa yang mengganggu pada waktu operasi	Minor/Idling Stoppage	Unnecessary motion
7	Mengoperasikan mesin dengan kecepatan potong rendah	Reduced Speed	Unnecessary motion

Beberapa aktivitas diatas dalam konsep *lean manufacturing* tergolong kedalam tiga jenis *waste*, yaitu *inappropriate processing*, *waiting*, dan *unnecessary motion*. Masing-masing dari setiap *waste* tersebut dengan menggunakan RCA dapat diidentifikasi faktor *root cause* yang menjadi penyebab dasar terjadinya *waste* tersebut.

Tabel 6. Root Cause Analysis

No	Activity	Cause 1	Cause 2	Cause 3
1	Mengulang proses potong	Tidak mampu menembus material yang dipotong	Memotong material dengan nyala api kecil pada <i>torch</i>	Terlambat dalam melakukan penggantian <i>acetylene</i>
		Melakukan <i>set up torch</i> dan <i>set up machine</i> yang tidak sesuai	Memotong material yang memiliki lapisan karat	Meletakkan material di tempat terbuka tanpa dilindungi
2	Mematikan mesin pada masa operasi karena mesin ditinggal oleh operator	Operator melakukan keperluan lain	Operator kurang teliti dalam melakukan aktivitas <i>set up</i>	Melakukan diskusi dengan <i>supervisor</i>
		Operator meninggalkan tugas sebeham waktunya	Melakukan diskusi dengan <i>supervisor</i>	Mencari berkas desain komponen yang akan diproduksi ke lini produksi lain
3	Mematikan mesin pada masa operasi untuk keperluan <i>set up</i>	Melakukan <i>programming machine</i>	Melakukan keperluan pribadi	Menggunakan waktu operasi untuk persiapan pulang kerja
		Mengatur dan menyesuaikan letak material potong	Menggambar desain komponen	Mencari <i>file</i> desain komponen yang akan dipotong
4	Mematikan mesin pada masa operasi untuk melakukan aktivitas lain	Melakukan <i>set up jig/material</i>	Menghilangkan penyumbatan pada <i>torch</i>	Melakukan aktivitas perawatan rutin
		Mengersihkan mesin <i>CNC Cutting</i>	Mengersihkan mesin <i>CNC Cutting</i>	Menandai komponen sebeham ditekkan di <i>storage</i>
5	Mematikan mesin pada masa operasi untuk melakukan aktivitas lain	Mengatur <i>air compressor</i>	Menganti <i>cutting tip</i> dengan <i>plasma</i> karena material tidak terpotong menggunakan <i>burning cutting acetylene</i>	
		Mengisi <i>acetylene</i> yang habis		
6	Memotong material sisa yang mengganggu pada waktu operasi	Menunggu ketersediaan <i>crane</i> untuk mengangkat material	Menunggu ketersediaan material di gudang	Menunggu kiriman pesanan material dari <i>supplier</i>
		Menunggu ketersediaan material untuk diproses	Menunggu ketersediaan material di gudang	Menunggu selesainya proses inspeksi material oleh bagian <i>quality control</i>
7	Mengoperasikan mesin dengan kecepatan potong rendah	Merapikan material sisa potongan agar mudah disimpan di gudang serta memudahkan operasi	Mengurangi getaran yang dihasilkan oleh mesin	
		Melakukan penyesuaian kecepatan potong mesin ketika nyala api pada <i>torch</i> mengecil/meredup	Menunda waktu dalam membersihkan <i>torch</i> yang terindikasi terjadi penyumbatan	

Faktor *root cause* dari semua aktivitas tersebut kemudian dikelompokkan sebagai aktivitas *Non Value Added (NVA)* atau aktivitas *Necessary but Non Value Added (NNVA)*. Aktivitas yang tergolong sebagai *NVA* selanjutnya akan diidentifikasi lebih lanjut untuk melihat tingkat kekritisiannya berdasarkan kuesioner yang diberikan kepada pihak perusahaan.

Adapun klasifikasi faktor *root cause* tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Faktor Root Cause Aktivitas Value atau non value added

No	Faktor Root Cause	Aktivitas
1	Terlambat dalam melakukan penggantian <i>acetylene</i>	NVA
2	Meletakkan material di tempat terbuka tanpa dilindungi	NVA
3	Operator kurang teliti dalam melakukan aktivitas <i>set up</i>	NVA

No	Faktor Root Cause	Aktivitas
4	Melakukan diskusi dengan <i>supervisor</i>	NNVA
5	Mencari berkas desain komponen yang akan diproduksi ke lini produksi lain	NVA
6	Melakukan keperluan pribadi	NNVA
7	Mempergunakan waktu operasi untuk persiapan pulang kerja	NVA
8	Mencari <i>file</i> desain komponen yang akan dipotong	NNVA
9	Menggambar desain komponen	NNVA
10	Mengatur dan menyesuaikan letak material potong	NNVA
11	Menepatkan letak <i>torch</i> pada ukuran yang sesuai	NNVA
12	Menghilangkan penyumbatan pada <i>torch</i>	NNVA
13	Melakukan aktivitas perawatan rutin	NNVA
14	Menandai komponen sebelum di tekan di <i>storage</i>	NNVA
15	Mengganti <i>cutting tip</i> dengan <i>plasma</i> karena material tidak terpotong menggunakan <i>burning cutting acetylene</i>	NNVA
16	Mengisi <i>acetylene</i> yang habis	NNVA
17	Menunggu ketersediaan <i>crane</i> untuk mengangkut material	NVA
18	Menunggu kiriman pesanan material dari <i>supplier</i>	NVA
19	Menunggu selesainya proses inspeksi material oleh bagian <i>quality control</i>	NVA
20	Merapikan material sisa potongan agar mudah disimpan di gudang serta memudahkan operasi	NNVA
21	Mengurangi getaran yang dihasilkan oleh mesin	NNVA
22	Menunda waktu dalam membersihkan <i>torch</i> yang terindikasi terjadi penyumbatan	NVA

Faktor *root cause* tersebut juga dijadikan rujukan dalam menentukan kriteria performansi penilaian terhadap alternatif solusi yang diajukan nantinya. Kriteria performansi yang diperoleh berdasarkan faktor *root cause* tersebut antara lain:

Tabel 8 Kriteria performansi

No	Kriteria
1	<i>Downtime</i> operasi
2	<i>Output</i> produksi komponen <i>attachment</i>
3	Tingkat menganggur (<i>idle</i>) mesin

Aktivitas-aktivitas yang tergolong sebagai aktivitas *Non Value Added* (NVA) kemudian dianalisis lebih lanjut dengan melakukan kuesioner kepada pihak perusahaan untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Penentuan nilai RPN untuk setiap aktivitas NVA adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Penilaian RPN aktivitas *non value added*

Failure mode	Failure effect	Severity	Cause	Occurance	Control	Detection	RPN
Mengulang proses potong	Waktu untuk operasi menjadi berkurang	2	Terlambat dalam melakukan penggantian <i>acetylene</i>	2	Visual	3	12
		3	Meletakkan material di tempat terbuka tanpa dilindungi	3	Visual	3	27
		2	Operator borang tebi dalam melakukan aktivitas <i>set up</i>	2	Visual	1	4
Memastikan mesin pada masa operasi karena mesin ditinggal oleh operator	Aktivitas produksi tidak berjalan	1	Mencari berkas desain komponen yang akan diproduksi ke lini produksi lain	3	Visual	2	6
		1	Mempergunakan waktu operasi untuk persiapan pulang kerja	1	Visual	1	1
Menunggu ketersediaan material untuk diproses	Aktivitas produksi tidak dapat berjalan	4	Menunggu ketersediaan <i>crane</i> untuk mengangkut material	4	Visual	3	48
		5	Menunggu kiriman pesanan material dari <i>supplier</i>	4	Visual	2	40
		5	Menunggu selesainya proses inspeksi material oleh bagian <i>quality control</i>	4	Visual	2	40
Mengoperasikan mesin dengan kecepatan potong rendah	<i>Output</i> produksi berkurang	4	Menunda waktu dalam membersihkan <i>torch</i> yang terindikasi terjadi penyumbatan	6	Visual	3	72

Berdasarkan hasil penentuan RPN diatas maka dapat dikatakan bahwa tiga faktor *root cause* terkritis yang perlu

mendapatkan perhatian lebih serta diberikan alternatif solusi penyelesaian masalah yaitu aktivitas meletakkan material di tempat terbuka, aktivitas menunggu ketersediaan *crane* untuk mengangkut material, serta aktivitas menunda waktu dalam membersihkan *torch* yang terindikasi terjadi penyumbatan.

Dari ketika faktor *root cause* tersebut kemudian diajukan beberapa alternatif solusi penyelesaian masalah sebagai berikut:

Tabel 10. Alternatif Solusi

No	Alternatif solusi yang diajukan	Bertujuan untuk:
1	Membuatkan penutup atau melapisi material dengan zat anti karat	Mencegah terjadinya lapisan karat
2	Merendam material berkarat kedalam larutan tertentu	Menghilangkan lapisan karat yang menutupi material
3	Menyediakan peralatan <i>handling</i> pembantu	Mengurangi waktu tunggu dalam menggunakan <i>crane</i> untuk mengangkut material
4	Melakukan sinkronisasi jadwal penggunaan <i>crane</i> antar lini produksi	
5	Membersihkan <i>torch</i> secara berkala dalam setiap proses	Mencegah penyumbatan pada <i>torch</i>

Dengan mempergunakan analisis *value management* akhirnya diperoleh alternatif solusi terbaik adalah dengan melakukan pembersihan *torch* secara berkala dalam setiap proses yang dilakukan oleh mesin *CNC Cutting*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir ini mengacu pada tujuan yang ditetapkan terdahulu adalah:

1. Besaran nilai *availability rate* dari mesin *CNC Cutting* di PT ALSTOM Power Energy System Indonesia adalah sebesar 85,1% dan *performance rate* sebesar 73,0%.
2. Faktor-faktor penyebab belum maksimalnya *availability* dan *performance* dari mesin *CNC Cutting* adalah peletakan material di area terbuka, menunggu ketersediaan *crane* untuk mengangkut material, dan penundaan waktu pembersihan *torch* yang terindikasi terjadi penyumbatan.
3. Alternatif solusi yang mungkin diterapkan dalam menanggulangi permasalahan di perusahaan antara lain adalah membuat penutup serta melapisi material dengan larutan anti karat, menghilangkan lapisan karat pada material dengan larutan khusus, menyediakan peralatan *handling* pembantu, melakukan sinkronisasi jadwal penggunaan *crane* dengan lini produksi lain dalam penggunaan *crane*, dan melakukan pembersihan *torch* secara berkala tanpa menunggu sampai terdapat indikasi penyumbatan atau tidak.
4. Alternatif solusi terbaik yang dapat diimplementasikan untuk menanggulangi permasalahan yang terjadi di perusahaan adalah melakukan pembersihan *torch* secara berkala tanpa menunggu sampai terdapat indikasi penyumbatan atau tidak.

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya hendaknya aspek *quality rate* dikaji tersendiri seperti halnya *availability rate* dan *performance rate*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, I.P.S. and Khamba, J.S. 2008. **Total Productive Maintenance : Literature Review and Directions.** International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.25 No.7, pp.709-756.
- Aldridge, J.R. and Dale, B.G. 2003. **Managing Quality : Fourt Edition.** Blackwell Publishing Ltd , Berlin.
- Chan, F.T.S., Lau, H.C.W., Ip, R.W.L., Chan, H.K., and Kong, S. 2003. **Implementation of Total Productive Maintenance : A Case Study.** International Journal Production Economics 95 (2005), 71-94.
- Davies, C. and Greenough, R.M. 2001. **Measuring The Effectiveness of Lean Thinking Acitivies Within Maintenance.**
- Hines, P. and Taylor, D. 2000. **GoingLean: A Guide to Implementation.** Lean Enterprise Research Centre, Cardiff University, Cardiff.
- Jeong, Ki-Young and Philip, Don T. 2001. **Operational Efficiency and Effectiveness Measurement.** International Journal of Operation & Production Management, Vol.21 No.11, pp.1404-1416.
- Jucan, George. 2005. **Root Cause Analysis for IT Incidents Investigation.**
- Kannan, S., Li, Y., Ahmed, N., and El-Akkad, Z. 2007. **Developing A Maintenance Value Stream Map.** Departement of industrial and information Engineering, The University of Tennessee.
- Malek, M.A. 2004. **Power Boiler, Design, Inspection, and Repair : ASME Code Smplified,** McGraw-Hill, New York.
- Pintelon, L.M. and Gelders, L.F. 1991. **Maintenance Management Decision Making.** European Journal of Operation Research 58 (1992), 301-317.
- Rooney, J.J.,and Heuvel, L.N.V. 2004. **Root Cause Analysis for Beginner.**
- Saaty, R.W. 2003.**The analytic hierarchy process (AHP) for decision making and the analytic network process (ANP) for decision making with dependence and feedback .**Creative Decisions Foundation.
- Saaty, T.L. 2008. **Decision making with the analytic hierarchy process.** International Journal Service Science, Vol.1, No.1,83-98.
- Wilson, L. 2010. **How to Implement Lean manufacturing.** New York, McGraw Hill.