

Analisis Nilai Efektivitas Mesin *Injection Moulding Type ARB-100.7* Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Luthfia Indah Hariani¹, Renanda Nia R² dan Tri Andi Setiawan³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3}Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : luthfiindahh@gmail.com

Abstrak

PT. Manufaktur Plastik merupakan perusahaan bonafit yang bergerak di bidang industri plastik dan industri lainnya yang menggunakan bahan pokok plastik dan fiber glass mould di dalamnya. Mesin Injection Moulding type ARB-100.7 adalah salah satu dari 8 Mesin Injection type ARB yang dimiliki oleh Injection Moulding Departement di PT. Manufaktur Plastik. Mesin Injection Moulding type ARB-100.7 dalam periode Januari 2016 sampai Desember 2016 hanya memproduksi satu produk saja, yaitu tutup sikat gigi. Mesin ini juga bekerja selama 24 jam dalam 3 shift. Tentunya ini sangat memakan tenaga dari mesin tersebut. Belum lagi mesin yang tiba – tiba berhenti sehingga memakan waktu produksi. Semua itu berdampak pada performa mesin tersebut. Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan efektivitas peralatan secara keseluruhan untuk mengevaluasi seberapa performance peralatan. OEE juga digunakan sebagai kesempatan untuk memperbaiki produktivitas sebuah perusahaan yang pada akhirnya digunakan sebagai langkah pengambilan keputusan. Setelah melalui pengolahan data didapat hasil bahwa Faktor Overall Equipment Effectiveness (OEE) yang paling mempengaruhi hasil pengukuran adalah nilai availability rate. Belum maksimalnya nilai availability rate dilihat dari analisa perhitungan six big losses adalah equipment failure losses hingga menunjukkan angka sebesar 21,562%. Dan solusi yang diambil adalah adanya pengecekan harian mesin, pengecekan bulanan mesin serta pelatihan operator.

Kata kunci : Availability rate, Equipment Failure Losses, Mesin Injection Moulding, Overall Equipment Effectiveness (OEE), sig big losses.

1. PENDAHULUAN

Efektivitas merupakan suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas, kualitas, dan waktu) yang telah dicapai. Semakin besar presentase targer yang dicapai, maka semakin tinggi efektivitasnya (Andras, 2007). Nilai efektivitas mesin yang tinggi dapat tercapai apabila dalam melakukan proses produksinya, perusahaan dapat mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh kinerja yang menurun pada mesin yang digunakan.

Mesin *Injection Moulding type ARB-100.7* di PT.Manufaktur Plastik dalam periode Januari 2016 sampai Desember 2016 hanya memproduksi satu produk saja, yaitu tutup sikat gigi. Mesin ini juga bekerja selama 24 jam dalam 3 shift. Tentunya ini sangat memakan tenaga dari mesin tersebut. Belum lagi dengan berhentinya mesin dikarenakan mesin yang rusak yang sangat memakan waktu produksi serta performa dari mesin yang digunakan secara terus menerus. Pada dasarnya semua proses produksi tidak akan dapat menjalankan fungsi kerjanya dengan maksimal apabila tidak didukung oleh kinerja peralatan yang baik dalam mengasilkan produk yang berkualitas baik dan sesuai dengan permintaan *customer*. Oleh karena itulah kinerja, utilitas dan kemampuan menghasilkan produk berkualitas baik dari mesin *Injection Moulding* ini harus senantiasa diperbaiki serta ditingkatkan efektivitasnya supaya proses produksi tidak terganggu. Langkah yang dilakukan dalam usaha peningkatan kinerja atau efisiensi yaitu dengan metode OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Pengukuran OEE dilakukan dengan memperhatikan tiga hal penting, yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate* dimana masing-masing memiliki nilai tersendiri sesuai standar global yaitu berturut-turut 90%, 95% dan 99% (Levitt, 1996; Ahuja and Khamba, 2008). Sedangkan standar global OEE adalah 85% (McKone et al., 1999; Ahuja and Khamba, 2008).

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di PT. Manufaktur Plastik di Departemen *Injection Moulding*. Mesin yang diteliti adalah mesin *Injection Moulding type* ARB-100.7. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang ada pada mesin melalui studi lapangan yaitu pengamatan langsung penulis dan pengamatan langsung pegawai disana. Selagi studi lapangan dilakukan penulis juga melakukan studi literatur mengenai mesin yang diteliti yang disinkronkan dengan masalah yang ada. Masalah-masalah yang luas akan disimpulkan menjadi perumusan masalah yang lebih spesifik dan menghasikan perumusan masalah beserta tujuan dari penelitian . Selanjutnya dilakukakan pengumpulan data untuk menunjang penelitian tentang efektivitas mesin. Meliputi waktu produksi pada departemen, *loading time* mesin *Injection Moulding type* ARB-100.7, *downtime* mesin, jumlah produk yang diproduksi oleh mesin dan *cycle time* produk. Data-data tersebut berguna untuk dimasukkan dalam perhitungan untuk menentukan nilai *availability rate*, *performance rate*, *quality rate* dan OEE. Nilai dari setiap faktor akan muncul beserta nilai OEE. Ketika terlihat nilai-nilai tersebut tidak masuk *standart* maka akan dilakukan analisa data untuk mengidentifikasi nilai OEE berdasarkan nilai ideal, mengidentifikasi faktor

OEE yang paling berpengaruh dan merumuskan alternatif solusi dalam permasalahan ini. Setelah itu, langkah terakhir adalah merumuskan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

2.1. Formula Matematis

2.1.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

$$OEE = Availability Rate \times Performance Rate \times Quality Rate \quad (2.1)$$

2.1.1.1. Availability Rate

Rumus untuk mencari nilai *Availability Rate* adalah sebagai berikut :

$$Availability Rate = \frac{(working\ time + overtime) - downtime}{production\ time} \quad (2.2)$$

2.1.1.2. Performance Rate

Rumus untuk mencari nilai *Performance Rate* adalah sebagai berikut :

$$Performance Rate = \frac{cycle\ time\ product \times total\ product}{actual\ cycle\ time} \quad (2.3)$$

2.1.1.3. Quality Rate

Rumus untuk mencari nilai *Quality Rate* adalah sebagai berikut :

$$Quality Rate = \frac{total\ product - total\ defect}{total\ product\ processed} \times 100\% \quad (2.4)$$

Untuk standar *benchmark world class* yang dianjurkan JIPM, yaitu OEE = 85%, Tabel dibawah ini menunjukkan skor yang perlu dicapai untuk masing-masing faktor OEE.

Tabel 1. Standar Benchmark World Class

OEE Factor	World Class
Availability	90.0%
Performance	95.0%
Quality	99.9%
Overall OEE	85.0%

Sumber: www.oe.com/world-class-oe.html

2.1.2. Sig Big Losses

2.1.2.1. Equipment Failures (Downtime Losses)

Equipment failure losses yaitu kerusakan mesin/peralatan yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan. Rumus untuk mencari nilai *Equipment Failure Losses* adalah sebagai berikut :

$$\text{Equipment Failure Losses} = \frac{\text{Equipment failure time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (2.6)$$

2.1.2.2. Setup And Adjustment Losses (Downtime Losses)

Setup and adjustment loss yaitu kerugian karena pemasangan dan penyetelan. Rumus untuk mencari nilai Setup and adjustment losses adalah sebagai berikut :

$$\text{Setup and adjustment losses} = \frac{\text{Setup and adjustment losses}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (2.7)$$

2.1.2.3. Idle and Minor Stoppage Losses (Speed Losses)

Merupakan kerugian yang disebabkan mesin berhenti sesaat. Rumus untuk mencari nilai Idle and Minor Stoppage Losses adalah sebagai berikut :

$$\text{Idle and Minor Stoppage Losses} = \frac{(\text{Jumlah target} - \text{jumlah produksi}) \times \text{Ideal cycle time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (2.8)$$

2.1.2.4. Reduce Speed Losses (Speed Losses)

Merupakan kerugian yang terjadi karena penurunan kecepatan mesin. Rumus untuk mencari nilai Idle and Minor Stoppage Losses adalah sebagai berikut :

$$\text{Reduce Speed Losses} = \frac{(\text{actual cycle time} - \text{ideal cycle time}) \times \text{total produk yang diproses}}{\text{loading time}} \times 100 \quad (2.9)$$

2.1.2.5. Defect Losses (Quality Losses)

Kerugian dikarenakan produk hasil produksi dimana produk tersebut memiliki kekurangan (cacat) setelah keluar dari proses produksi. Rumus untuk mencari nilai Defect Losses adalah sebagai berikut :

$$\text{Defect Losses} = \frac{(\text{total reject} \times \text{ideal cycle time})}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (2.10)$$

2.1.2.6. Reduced Yield (Quality Losses)

Reduced yield merupakan kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai kondisi yang stabil. Rumus untuk mencari nilai Reduce Yield adalah sebagai berikut :

$$\text{Reduced Yield} = \frac{(\text{waktu siklus ideal} \times \text{jumlah cacat pada awal produksi})}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (2.11)$$

2.1.3. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa suatu kegagalan dan akibatnya untuk menghindari kegagalan tersebut. Dibawah adalah rumus untuk mencari RPN yang ada pada FMEA.

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D} \quad (2.12)$$

Dimana,

RPN = Risk Priority Number

S = Severity (tingkat bahaya)

O = Occurrence (tingkat kejadian)

D = Detection (tingkat deteksi)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Waktu Produksi

Dibawah ini adalah tabel untuk waktu produksi pada Departemen Injection Moulding

Tabel 2. Waktu Produksi Departemen Injection Mulding

<i>Shift 1</i>		
Waktu	Durasi	Aktifitas
06.00 – 14.00	480 menit	Proses Produksi
<i>Shift 2</i>		

Waktu	Durasi	Aktifitas
14.00 – 22.00	480 menit	Proses Produksi
Shift 3		
Waktu	Durasi	Aktifitas
22.00 – 06.00	480 menit	Proses Produksi

3.2. Cycle Time Produk

Cycle time product merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu produk. Produk yang dihasilkan mesin ini meliputi 1 jenis produk saja yaitu tutup sikat gigi. Produk yang dihasilkan ini berlangsung satu tahu mulai dari Januari sampai Desember 2016. Tabel *cycle time* bisa dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 3. Cycle Time Produk

No.	Bulan	Cycle Time
1	January	6 detik
2	February	5,8 detik
3	March	5,9 detik
4	April	5,9 detik
5	May	5,8 detik
6	June	5,9 detik
7	July	6 detik
8	August	6 detik
9	September	6 detik
10	October	6,1 detik
11	November	6,2 detik
12	December	5,8 detik

3.3. Perhitungan OEE

Dibawah ini adalah hasil perhitungan OEE dan setiap faktor nya. Angka didapat dari persamaan (2.1) sampai dengan (2.4). Waktu produksi adalah 8 jam setiap 1 shift sedangkan dalam satu hari terdapat 3 shift. Berdasarkan Gambar 3.3 dapat diketahui bahwa besarnya nilai OEE tahun 2016 adalah 53,88%. Standar *benchmark world class* untuk OEE yang dianjurkan JPIM adalah sebesar 85%, yang berarti masih terdapat selisih sebesar 31,12% antara yang terjadi di perusahaan dengan kondisi ideal yang diharapkan. Dapat dikatakan bahwa keefektifitasan dari mesin *Injection Moulding type ARB-100.7* belum sesuai dengan Nilai Standar Ideal *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Tabel 4. Perhitungan OEE

No	Bulan	Availability Rate %	Performance Rate %	Quality Rate %	OEE %
1	January	87,05%	82,31%	90,39%	64,77%
2	February	81,21%	84,12%	84,26%	57,56%
3	March	82,35%	82,04%	82,58%	55,79%
4	April	87,63%	83,65%	90,39%	66,26%
5	May	79,09%	87,38%	96,96%	67,01%
6	June	87,22%	90,19%	82,11%	64,59%
7	July	73,44%	87,09%	87,09%	55,70%
8	August	83,13%	86,82%	87,72%	63,31%
9	September	84,20%	84,32%	78,13%	55,47%
10	October	44,31%	69,17%	91,55%	28,06%
11	November	66,91%	84,84%	84,19%	47,79%
12	December	37,11%	70,83%	76,92%	20,22%
TOTAL					53,88%

3.4. Faktor yang Paling Mempengaruhi Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan ketiga faktor OEE yang dilakukan pada *Mesin Injection Moulding type ARB-100.7* menunjukkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan 3 faktor Overall Equipment Effectiveness Tahun 2016

Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate
74,47 %	82,73 %	86,42 %

Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai dari setiap faktor dari OEE. *Availability rate* sebesar 74,47%, *performance rate* sebesar 82,73%, dan *quality rate* sebesar 86,42%. Bisa dikatakan bahwa faktor yang paling mempengaruhi nilai OEE tidak ideal adalah *availability rate* sebesar 74,47%. *Availability rate* merupakan faktor dari OEE menyangkut dengan ketersediaan mesin dalam beroperasi atau dalam melakukan tugasnya. Banyak faktor yang mempengaruhi *availability rate* ini menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam perhitunganyang diantaranya karena seringnya mesin rusak dan memerlukan *maintenance* yang lama sehingga mengganggu waktu produksinya. Untuk menganalisa lagi mengenai faktor apa saja yang ada pada *availabilty rate* yang paling berpengaruh adalah dengan menggunakan analisa *six big losses*.

3.5. Analisa Perhitungan Sig Big Losses

Melihat persamaan (2.6) sampai (2.11) di dapat angka untuk setiap faktor *six big losses* seperti dibawah

<i>Equipment Failure Losse</i>	= 21,562 %	<i>Setup and adjustment loss</i>	= 4,08 %
<i>Idle and Minor Stoppage Losses</i>	= 0,92 %	<i>Reduce Speed Losse</i>	= 12,21 %
<i>Defect Lossess</i>	= 0,91 %	<i>Reduced Yield</i>	= 0,005 %

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa pada analisa *six big losses* terdapat persentase *losses* tertinggi yaitu *Equipment Failure Losses* (kerugian oleh kerusakan mesin dan peralatan) sebesar 21,562%

3.6. Analisa dengan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dibawah adalah Tabel perhitungan RPN dari *Mesin Injection Moulding type ARB-100.7*.

Tabel 6. Penilaian RPN

FAILU RE MODE	FAILURE EFFECT	CAUSE	S	O	D	RPN
Mesin/ peralatan	Proses produksi akan terganggu dan tidak dapat berjalan sesuai yang direncanakan jika terjadi problem pada mesin/peralatan	Arus pendek pada heater	4	5	4	80
		Clamping press drop	3	3	4	36
		Mesin tidak bisa inject	6	5	4	120
		Mesin tidak bisa plastizing	5	3	5	75
		Piston open-close bocor	3	3	6	54
		Mould macet	8	6	5	240

		As mould open – close tidak center	6	4	3	72
		Mould tidak close	6	4	3	72
		Mould tidak kuat open	6	3	3	54
Manusia/operator	Kerusakan kecil yang berpotensi menyebabkan kerusakan-kerusakan besar sering terabaikan oleh faktor manusia operator	Thermocouple tidak kontak	3	2	3	18
		Oli tidak sesuai standart	4	6	5	120
		Temperature oli terlalu tinggi	7	3	4	84
		Oli bocor	6	7	4	168
		Keypad layar rusak	7	2	2	28
		Cooling feeding panas	4	4	3	48
		Lampu penerangan mesin mati	5	2	3	30
		Lampu emergency mati	5	2	3	30
Material	Material yang terlalu yang masuk ke nozzle terlalu kotor dan mengendap di dinding, yang berdampak mesin berhenti	Sambungan ke heater putus	9	6	4	216
		Nozzle bocor	5	6	5	150
		Heater nozzle tidak memanasi	4	5	3	60
		Heater nozzle drop	8	3	3	72
		Temperature heater nozzle naik turun	3	4	5	60

FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	CAUSE	S	O	D	RPN
Lingkungan	Kondisi lingkungan mesin produksi yang bising akan berpengaruh terhadap konsentrasi, pendengaran,	Banyak mesin yang beroperasi dalam satu departemen	6	5	4	120

	dan kerja operator.					
Metode Kerja	Proses pemeliharaan tidak satndart, sehingga jadwal pemeriksaan dan perawatan tidka rutin	Ejector stroke mulfunction	5	3	4	60
		Kawat ejector putus	5	6	5	150
		Tranducer putus	4	5	4	80
		As tranducer lepas	4	5	2	40

3.7. Alternatif Solusi

Dari perhitungan diatas dapat ditarik alternatif solusi yaitu alternatif solusi berdasarkan RPN tertinggi, check list pengecekan harian, chek list pengecekan bulanan, dan pemeberian pelatihan kepada operator. Dibawah ini adalah setiap rinciannyat:

Tabel 7. Alternatif solusi berdasarkan RPN tertinggi

FAILURE EFFECT	CAUSE	SOLUTION
Mesin / peralatan	Mould Macet	Melakukan pengecekan soket dan kabel pada bagian mould Memasang kabel socket Y10 dan Y11
Manusia / operator	Oli bocor	Melakukan pengecekan berkala pada O-ring Mengganti komponen O-ring yang telah rusak Membongkar O-ring cylinder
Material	Sambungan ke heater putus	Bersihkan gumpalan material yang menggumpal disekitar sambungan heater Reposisi sambungan heater
Lingkungan	Benyak mesin yang beroperasi pada satu departemen	Operator memakai earplug untuk tetap berkonsentrasi dengan mesin
Metode Kerja	Kawat ejector putus	Melakukan pengecekan kawat ejector yang putus Mengganti dan mereposisi tranduser ejector Memasang pin tranduser dan kunci dengan kawat

Tabel 8. Check List Pengecekan Harian

No	Item Pengecekan	Poin Pengecekan
1	Oli	• Ketersediaan Oli dan dapat melumasi mesin dan sebagai cooling

2	Valve Oli Mesin	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan <i>Valve</i> • Sesuai Dengan <i>Pressure Gauge</i> • Fungsi <i>Valve</i> Sesuai Standar
3	Selang	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada kebocoran pada selang-selang
4	Panel	<ul style="list-style-type: none"> • Lampu di panel berwarna hijau
5	Tombol Tombol	<ul style="list-style-type: none"> • Tombol ON/OFF (<i>Power switch</i>) berfungsi • Tombol <i>running</i> berfungsi • Tombol <i>Emergency</i> berfungsi
6	<i>Touchscreen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Touchscreen</i> berfungsi Dengan Baik
7	Lampu	<ul style="list-style-type: none"> • Lampu Penerangan menyala • Lampu <i>Undone</i> menyala • Lampu <i>Emergency</i> menyala

Tabel 9. Check List Pengecekan Bulanan

No	Item Pengecekan	Poin Pengecekan
1	Oli	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan Oli • Kebersihan Oli • Waktu Penggantian Oli • Fungsi Pelumasan Pada mesin
2	Oli Mesin	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan Tangki Oli • Kebersihan Dan Kejernihan Oli • Batas Level Oli • Waktu Penggantian Oli
3	Filter Oli Mesin	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan Filter • Penyumbatan Pada Filter • Masa Pakai Filter
4	Valve Oli Mesin	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan <i>Valve</i> • Sesuai Dengan <i>Pressure Gauge</i> • Sambungan Dengan Selang Kencang • Fungsi <i>Valve</i> Sesuai Standar
5	Selang	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan Selang • Kekencangan Selang • Kebocoran Selang • Baut-Baut Selang Kencang Dan Tidak Patah
6	Panel	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan Panel • Koneksi Kabel-Kabel Dalam Panel Kencang
7	Tombol Tombol	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan Tombol-Tombol • Fungsi Dari Masing-Masing Tombol • Koneksi Kabel Tombol Kencang Dan Aman • Kabel Tidak Terkelupas
8	<i>Touchscreen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan <i>Touchscreen</i> Dari Oli Dan Geram • Fungsi <i>Touchscreen</i> Bekerja Dengan Baik
9	Lampu	<ul style="list-style-type: none"> • Lampu Penerangan Berfungsi Dengan Baik

		<ul style="list-style-type: none"> • Lampu <i>Undone</i> Berfungsi Dengan Baik • Lampu <i>Emergency</i> Berfungsi Dengan Baik • Koneksi Kabel-Kabel Lampu Kencang
--	--	--

4. KESIMPULAN

1. Besarnya nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari mesin *Injection Moulding type ARB-100.7* tahun 2016 adalah 53,88%.
2. Besarnya nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) belum sesuai dengan nilai standar ideal. Nilai ini lebih kecil 31,12% dari standar *benchmark world class* untuk OEE yang dianjurkan JPIM adalah sebesar 85%. Dengan nilai faktor-faktor OEE sebagai berikut :
 - a. Nilai *availability rate* untuk tahun 2016 adalah 74,47%. Nilai ini lebih kecil 15,53% dari standar global untuk nilai *availability rate* adalah sebesar 90%. Yang berarti belum sesuai dengan kondisi ideal yang diharapkan.
 - b. Nilai *performance rate* untuk tahun 2016 adalah 82,73%. Nilai ini lebih kecil 12,05% dari standar global untuk nilai *performance rate* adalah sebesar 95%. Yang berarti belum sesuai dengan kondisi ideal yang diharapkan.
 - c. Nilai *quality rate* untuk tahun 2016 adalah 86,42%. Nilai ini lebih kecil 13,48% dari standar global untuk nilai *performance rate* adalah sebesar 99,9%, Yang berarti belum sesuai dengan kondisi ideal yang diharapkan.
 - d. Faktor *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang paling mempengaruhi hasil pengukuran adalah nilai *availability rate* sebesar 74,47% . Belum maksimalnya nilai *availability rate* dilihat dari analisa perhitungan *six big losses* adalah *Equipment Failure Losses* hingga yang menunjukkan angka sebesar 21,562%.
3. Alternatif solusi yang diberikan adalah menurut RPN tertinngi, melakukan pengecekan harian, bulanan, dan pelatihan operator.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Andras, Iosif, Nan, M. Silviu, Kovacs, Iosif, Cristea, Dumitru, dan T.L Cristian (2007).. *7th International Multidisciplinary Conference*. Baia Mare Romania.
- Denso. (2006). *Introduction to Total Productive Maintenance: Study Guide*, <http://www.densopartsweb.com/100/TPM100StudyGuide.pdf>. diakses 21 September 2014 pukul 0:48 WIB.
- Hedge, H.G, N.S. Mahesh, dan K. Doss (2009). *Overall Equipment Effectiveness (OEE) Improvement by TPM and 5S Techniques in a CNC Machinery*. *SASTECH*, Vol 8, No.2, pp. 25-32.
- Jucan,G. (2005) . *Root Cause Analysis for IT Incidents Investigation*. Diakses pada 30 April 2015. <http://www.docstoc.com/docs/16171902/RootCause-Analysis>.
- McKone. (1999). *The Cognitive and Neural Development of Face Recognition in Humans*. Australian National University School of Psychology Canberra ACT 0200, Australia.
- Nakajima. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*, Japan.
- Rooney dan Heuvel. (2004). *Root Cause Analysis For Beginner*. American Institute of Chemical Engineers, America.