

## **TUGAS AKHIR**

# **PENERAPAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFEKTIVENESS* UNTUK MENGEVALUASI TINGKAT EFEKTIVITAS *CASTING MACHINE* DI PT. INDONESIA ASAHAN ALUMINIUM**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Teknik Industri**



**Oleh**

**Nama : Taufan Nanda .P**

**No. Mahasiswa : 07 522 217**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2012**



## **PT INDONESIA ASAHAN ALUMINIUM**

**Pabrik Peleburan Aluminium  
Aluminium Smelting Plant**

PO Box 1 Kuala Tanjung 21257, Batu Bara  
Sumatera Utara, Indonesia

Phone : (0622) 31311 (15 Lines), Fax : (0622) 31001  
www.inalum.co.id



### **SURAT KETERANGAN RISET**

No. LIPR-464/2011

PT Indonesia Asahan Aluminium (PT INALUM) Kuala Tanjung, dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : **Taufan Nanda Prasetya**  
Tempat, Tgl. Lahir : Tanjung Gading, 4 Mei 1989  
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Industri  
NIM : 07522217

telah melakukan Riset/Survei Pendahuluan di PT Inalum, Kuala Tanjung, pada tanggal:

**15 SEPTEMBER 2011**

Riset/Survei Pendahuluan dilakukan untuk persiapan penyusunan Skripsi dengan judul :  
**PENERAPAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTINESS  
TERHADAP KINERJA PERUSAHAAN**

Surat Keterangan Riset ini dikeluarkan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Kuala Tanjung, 15 September 2011



**Ir. SUBAGIYO IBNOE**

Senior Manager

Dept. Hubungan Masyarakat

Divisi Umum & Sumber Daya Manusia



MO/IH/JF/nr

## PENGAKUAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.



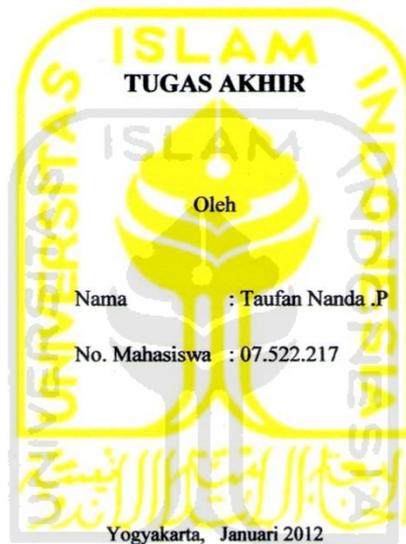
Yogyakarta, Januari 2012

Taufan Nanda .P

07.522.217

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PENERAPAN METODE *OVERALL EQUIPMENT*  
*EFFEKTIVENESS* UNTUK MENGEVALUASI TINGKAT  
*EFEKTIVITAS CASTING MACHINE* DI PT. INDONESIA  
ASAHAN ALUMINIUM**



Oleh

Nama : Taufan Nanda .P

No. Mahasiswa : 07.522.217

Yogyakarta, Januari 2012

Pembimbing

(Ir. Ali Parkhan .MT)

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PENERAPAN METODE *OVERALL EQUIPMENT*  
*EFFEKTIVENESS* UNTUK MENGEVALUASI TINGKAT  
EFEKTIVITAS *CASTING MACHINE* DI PT. INDONESIA  
ASAHAN ALUMINIUM**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

Nama : Taufan Nanda .P  
No. Mahasiswa : 07.522.217

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, Januari 2012

Tim Penguji

Ir. Ali Parkhan, MT  
Ketua



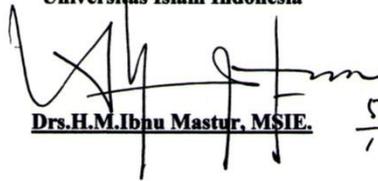
Drs. R. Abdul Djalal, MM  
Anggota I



Sri Indrawati, ST., M.Eng  
Anggota II



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Industri  
Universitas Islam Indonesia



Drs.H.M.Ibnu Mastur, MSIE.

5/2012

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh cinta dan keikhlasan kupersembahkan karya ini untuk keluargaku yang memberikan perhatian serta kasihsayangnya selama ini. Teruntuk Ibu dan Bapak, serta adikku terimakasih atas untaian do'a, nasehat, kasih sayang, dan semangat yang diberikan. Sungguh aku mencintai kalian karena Allah.

Jazakumullah Khoiron katsiron



## MOTTO

وَلَوْ أَنَّمَا فِي الْأَرْضِ مِنْ شَجَرَةٍ أَقْلَمٌ وَالْبَحْرُ يَمُدُّهُ مِنْ بَعْدِهِ سَبْعَةُ  
أُبْحُرٍ مَا نَفِدَتْ كَلِمَاتُ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ حَكِيمٌ ﴿٢٧﴾

“Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan lautan (menjadi tinta),  
ditambahkan kepadanya tujuh lautan (lagi) setelah (kering)nya, niscaya tidak akan  
habis-habisnya (dituliskan) kalimat-kalimat Allah. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa,

Maha Bijaksana

QS : Luqman (31) : 27

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿١٣﴾

“Maka nikmat Tuhan-mu yang manakah yang kamu dustakan”

QS : Ar-Rahman (55) : 13

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿١﴾ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٧﴾ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ﴿٨﴾

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai  
(dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya pada  
Tuhan-mulah engkau berharap”

QS : Al-Insyirah (94) : 6-8

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq serta hidayahnya. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabatnya serta para pengikutnya hingga akhir zaman.

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dan syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan anugerah-Nya yang telah memberi ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga Tugas Akhir dengan Judul "*Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness untuk Mengevaluasi Tingkat Efektivitas Casting Machine di PT. Indonesia Asahan Aluminium*" ini dapat terselesaikan.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Strata-1 Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Keberhasilan terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak M. Ibnu Mastur, Drs., H., MSIE selaku Ketua Prodi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ali Parkhan Ir. M.T, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu, Bapak dan Adikku atas segala doa, semangat, bantuan, dan kasih sayang yang tiada hentinya.
5. Bapak Didit, selaku pembimbing penelitian Tugas Akhir di *Casting plant* PT. INALUM yang telah membantu kelancaran penelitian serta segenap karyawan dan staff yang telah membantu.
6. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Dan semoga Allah SWT memberikan ridha dan membalas segala budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, Januari 2012

Penulis



## ABSTRAK

*Dalam industri manufaktur, banyak perbaikan yang dilakukan tidak tertuju pada akar masalah yang ada, sehingga hal tersebut dapat menimbulkan masalah bagi perusahaan. PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM) tidak terlepas dari masalah penurunan produktivitas dan efisiensi mesin / peralatan dilantai pabrik akibat dari tindakan pemeliharaan terhadap mesin dan peralatan yang tidak tepat. Sehingga dibutuhkan langkah-langkah yang efektif dan efisien untuk dapat menanggulangi dan mencegah masalah-masalah yang mengakibatkan rendahnya produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan tersebut. Casting machine di PT. INALUM berfungsi untuk mencetak aluminium batangan, jika mesin sering mengalami kerusakan maka akan menurunkan produktivitas mesin tersebut. Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah metode pengukuran efektivitas penggunaan suatu peralatan yang digunakan untuk mengidentifikasi secara jelas akar permasalahan dan faktor penyebabnya sehingga membuat usaha perbaikan menjadi terfokus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi tingkat efektivitas mesin dari bulan Januari-Agustus 2011 adalah Availability ratio berkisar antara 94%-96%, Performance efficiency sebesar 85%-96%, Rate of quality product sebesar 99%. Faktor yang memiliki persentase terbesar dari faktor six big losses casting machine adalah Idling/Minor Stoppages loss sebesar 56.93%, Reduced Speed Loss sebesar 19.81%, Setup and Adjustment Loss sebesar 12.31%, Breakdowns Loss sebesar 9.51%, Yield/Scrap Loss sebesar 0.75%, dan Rework Loss sebesar 0.69%.*

*Kata Kunci: Overall Equipment Effectiveness (OEE), six big losses, casting machine*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGAKUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Pengertian <i>Maintenance</i> .....	7
2.1.1 Tujuan <i>Maintenance</i> .....	9
2.1.2 Jenis-Jenis <i>Maintenance</i> .....	10
2.1.3 <i>Autonomous Maintenance</i> .....	12
2.2 <i>Total Productive Maintenance</i> .....	14
2.2.1 Definisi <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i> .....	14
2.2.2 Manfaat TPM .....	15
2.3 <i>Six Big Losses</i> .....	16
2.4 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> .....	20

2.5	Diagram Pareto .....	23
2.5.1	Fungsi Diagram Pareto .....	23
2.6	Diagram Sebab Akibat .....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>27</b>
3.1	Objek Penelitian .....	27
3.2	Kebutuhan Data .....	27
3.3	Diagram Alir Penelitian .....	28
3.4	Metode Pengumpulan Data .....	29
3.5	Pengolahan Data .....	30
3.6	Analisis Pemecahan Masalah .....	33
3.7	Kesimpulan dan Saran .....	34
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>		<b>35</b>
4.1	Pengumpulan Data .....	35
4.1.1	Sejarah Singkat Perusahaan .....	35
4.1.2	Visi dan Misi Perusahaan .....	37
4.1.3	Pabrik Peleburan Aluminium .....	38
4.2	Pengolahan Data .....	44
4.2.1	Perhitungan <i>Availability</i> .....	44
4.2.2	Perhitungan <i>Performance Efficiency</i> .....	46
4.2.3	Perhitungan <i>Rate of Quality Product</i> .....	49
4.2.4	Perhitungan <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> .....	50
4.3	Perhitungan <i>OEE Six Big Losses</i> .....	51
4.3.1	<i>Downtime Losses</i> .....	51
4.3.2	<i>Speed Loss</i> .....	53
4.3.3	<i>Defect Loss</i> .....	56
4.4	Pengaruh <i>Six Big Losses</i> .....	58
4.5	Diagram Sebab Akibat/ <i>Fishbone</i> .....	60
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>		<b>63</b>
5.1	Analisis Perhitungan <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> .....	63

5.2	Analisis Perhitungan OEE <i>Six Big Losses</i> .....	64
5.3	Analisa Diagram Sebab Akibat.....	65
5.4	Evaluasi /Usulan Pemecahan Masalah.....	67
5.4.1	Mengeliminasi <i>Six Big Losses</i> .....	67
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		70
6.1	Kesimpulan .....	70
6.2	Saran .....	71

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Waktu Kerusakan ( <i>Breakdown</i> ) <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011.....	39
Tabel 4.2	Data Waktu Pemeliharaan <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011 .....	39
Tabel 4.3	Data Waktu <i>Setup Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011.....	40
Tabel 4.4	Data Produksi <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011 .....	41
Tabel 4.5	Data Pengukuran Satu Siklus Operasi pada <i>Casting Machine</i> 1 ....	42
Tabel 4.6	<i>Rating Factor Casting Machine</i> 1 dengan Metode <i>Westinghouse</i> .....	42
Tabel 4.7	Faktor-faktor <i>Allowance</i> pada <i>Casting Machine</i> 1 .....	43
Tabel 4.8	Nilai <i>Availability</i> untuk <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari 2011-Agustus 2011 .....	44
Tabel 4.9	<i>Performance Efficiency</i> untuk <i>Casting Machine</i> 1 Periode Januari Agustus 2011 .....	48
Tabel 4.10	<i>Rate of Quality Product Casting Machine</i> 1 Periode Januari 2011- Agustus 2011 .....	49
Tabel 4.11	Perhitungan <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE) Casting Machine</i> 1 Periode Januari-Agustus 2011 .....	50
Tabel 4.12	<i>Breakdown Loss</i> pada <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011 .....	51
Tabel 4.13	<i>Setup and Adjustment loss</i> pada <i>Casting Machine</i> periode Januari-Agustus 2011.....	52
Tabel 4.14	<i>Idling and Minor Stoppages</i> pada <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011.....	53
Tabel 4.15	<i>Reduced Speed Loss</i> pada <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari - Agustus 2011 .....	54
Tabel 4.16	<i>Rework Loss</i> pada <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011.....	55

Tabel 4.17	<i>Yield/Scrap Loss</i> pada <i>Casting Machine 1</i> periode Januari- Agustus 2011 .....	56
Tabel 4.18	Persentase Faktor <i>Six Big Losses</i> pada <i>Casting Machine 1</i> Periode Januari-Agustus 2011 .....	57
Tabel 4.19	Pengurutan Persentase Faktor <i>Six Big Losses</i> pada <i>Casting</i> <i>Machine 1</i> periode Januari-Agustus 2011.....	58



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Diagram Pareto.....	25
Gambar 2.2	Contoh Diagram Sebab Akibat .....	26
Gambar 4.1	Peta Kontrol Data Waktu Siklus <i>Casting Machine</i> 1.....	48
Gambar 4.2	Histogram Persentase Faktor <i>Six Big Losses</i> pada <i>Casting Machine</i> 1 .....	58
Gambar 4.3	Diagram Pareto Persentase Faktor Faktor <i>Six Big Losses</i> pada <i>Casting Machine</i> 1 periode Januari-Agustus 2011 .....	59
Gambar 4.4	Diagram Sebab Akibat <i>Idling/Minor Stoppages Loss</i> .....	60
Gambar 4.5	Diagram Sebab Akibat <i>Idling/Minor Stoppages Loss</i> .....	60
Gambar 5.1	Diagram Pareto <i>Six Big Losses Casting Machine</i> Periode Januari-Agustus 2011 .....	63



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Terus berkembangnya industri manufaktur menuntut semua perusahaan untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produk yang dihasilkannya. Meningkatkan kinerja perusahaan merupakan faktor penting yang harus dilakukan. Untuk mengembangkan hasil industri secara terus meningkat diperlukan dukungan dari seluruh departemen, terutama di lini produksi. Di dalam lini produksi terdapat berbagai hal yang harus selalu ditingkatkan produktifitasnya, termasuk peralatan dan mesin yang mendukung proses produksi. Mesin merupakan faktor penting dalam dunia industri untuk menghasilkan suatu produk di suatu perusahaan, sehingga apabila mesin mengalami gangguan atau kerusakan, maka hal tersebut dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi, keefektifan mesin menurun, membengkaknya biaya perawatan, serta menurunkan kualitas dari produk yang dihasilkan.

Untuk menjaga kondisi mesin tersebut agar siap pakai diperlukan adanya perawatan. Perawatan merupakan suatu fungsi utama dalam suatu perusahaan yang dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat fasilitas sehingga peralatan tersebut berada dalam kondisi yang siap pakai sesuai dengan kebutuhan (*Gaspersz* 2004).

Usaha perbaikan pada industri manufaktur, dilihat dari segi peralatan, adalah dengan meningkatkan utilisasi peralatan yang ada seoptimal mungkin. Utilisasi dari

peralatan yang ada pada rata-rata industri manufaktur adalah sekitar setengah dari kemampuan mesin yang sesungguhnya (*Nakajima, 1988*)

Seringkali perbaikan yang dilakukan tidak tertuju pada akar masalah yang ada, sehingga hal tersebut dapat menyebabkan pemborosan yang pada akhirnya banyak kerugian terjadi, waktu, dan biaya akan bertambah. Ini tentu menimbulkan masalah bagi perusahaan karena dapat menurunkan tingkat efektifitas mesin atau peralatan yang disebabkan karena tim perbaikan tidak mendapatkan dengan jelas permasalahan yang terjadi dan faktor-faktor penyebabnya. Untuk itu diperlukan suatu metode yang mampu mengungkapkan permasalahan dengan jelas agar dapat melakukan peningkatan kinerja peralatan dengan optimal.

PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM) merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak dibidang industri aluminium yang memproduksi aluminium Ingot. Produk yang dihasilkan oleh PT. INALUM adalah 70% untuk ekspor, sehingga benar-benar harus memperhatikan mutu untuk dapat bersaing dengan perusahaan sejenis. Perusahaan ini juga tidak lepas dari masalah peningkatan produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan dilantai pabrik yang diakibatkan oleh apa yang disebut dengan *six big losses* dalam pelaksanaan proses produksinya, sehingga dibutuhkan langkah-langkah yang baik dan tepat untuk dapat menanggulangi dan mencegah masalah-masalah yang mengakibatkan rendahnya produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan tersebut.

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 dalam usaha meningkatkan efisiensi produksi pada perusahaan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka fokus permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah mengenai pengukuran nilai *Availability ratio*, *Performance ratio*, dan *Quality ratio* untuk mendapatkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang digunakan sebagai dasar dalam usaha untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin/peralatan serta menghitung besarnya masing-masing faktor yang memberikan kontribusi terbesar yang terdapat dalam *six big losses* dan melakukan analisis terhadap faktor yang menjadi prioritas utama dari masalah yang terjadi dan tindakan perbaikan dalam usaha peningkatan dan efisiensi produksi.

## 1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan topik yang dibahas tidak meluas, maka perlu dilakukan pembatasan lingkup penelitian. Adapun pembatasan lingkup penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM)
2. Pengukuran efektivitas mesin dilakukan pada mesin kritis.
3. Metode yang dipakai adalah metode OEE yang digunakan sebagai alat ukur dalam penerapan TPM untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin dan juga menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapuskan *six big losses* peralatan/mesin.

4. Penelitian yang dilakukan hanya sampai kepada pemberian usulan atau evaluasi perbaikan tidak sampai keperhitungan biaya.
5. Data yang diambil adalah data bulan Januari-Agustus 2011.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai *Availability ratio*, *Performance ratio*, dan *Quality ratio* sehingga diketahui nilai OEE dari peralatan produksi sehingga didapatkan tingkat efektivitas mesin dan juga mengetahui akar penyebab dari permasalahan yang ada serta mengetahui adanya masing-masing faktor yang terdapat dalam *six big losses* yang memberikan kontribusi terbesar dari keenam faktor *six big losses* sehingga dapat menjadi masukan yang efektif bagi perusahaan.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian dan analisis ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai berikut :

1. Menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya dalam hal manajemen perawatan.
2. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif kepada pihak perusahaan dalam hal menyusun rencana peningkatan produktivitas dan efisiensi mesin atau peralatan dengan memaksimalkan efektivitas penggunaan mesin dan juga dalam hal mengevaluasi dan mengambil kebijakan terhadap masalah manajemen perawatan fasilitas perusahaan.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Agar lebih terstruktur dan mudah dipahami, maka penulisannya disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini akan menguraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan, konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dan dasar-dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ketiga ini menguraikan bahan atau materi penelitian, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini menguraikan data-data yang dihasilkan selama penelitian dan pengolahan data tersebut dengan metode yang telah ditentukan hasil analisis.

### **BAB V PEMBAHASAN**

Bab ini membahas hasil penelitian berupa tabel hasil pengolahan data, grafik, persamaan atau model serta analisis yang menyangkut penjelasan teoritis

secara kualitatif, kuantitatif maupun statistik dari hasil penelitian dan kajian untuk menjawab tujuan penelitian.

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran – saran bagi perusahaan berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh.

## **DAFTAR PUSAKA**

## **LAMPIRAN**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian *Maintenance*

Adapun beberapa penelitian sebelumnya mengenai perawatan mesin dengan menghitung *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang merupakan bagian dari metode *Total Productive Maintenance* (TPM) dilakukan oleh berbagai pihak antara lain, Muhamad Aris Yusuf (2009) dalam penelitiannya tentang “Evaluasi Keandalan dan Keefektifan Mesin *side pusher* dengan metode *Overall Machine Effectiveness*”, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai keandalan dari mesin *side pusher* serta nilai dari keefektifan penggunaan mesin tersebut. Sherly Meylinda Ginting (2007) dalam penelitiannya tentang “Usulan Perbaikan Terhadap Manajemen Perawatan Dengan Menggunakan Metode *Total Productive Maintenance* di PT. Alexindo”, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis pada sistem manajemen pemeliharaan mesin *extrusion press* dan juga menganalisis variable total efektifitas yang terdapat dalam sistem TPM serta memberikan usulan perbaikan terhadap sistem perawatan dengan suatu program pemeliharaan mesin produksi yang terdiri dari pemeliharaan oleh operator dan pembentukan Aktifitas Kelompok Kecil (AKK). Pada studi kasus kali ini saya juga menggunakan metode OEE dalam menentukan nilai keefektifan pada penggunaan mesin di lini produksi, yang membedakannya adalah nantinya juga akan dicari nilai dari masing-masing faktor yang terdapat dalam *six big losses* sehingga dapat diketahui akar penyebab utama dari permasalahan yang ada yang memberikan kontribusi terbesar dari keenam faktor *six big losses* dengan

menggunakan diagram pareto sehingga dapat ditentukan kebutuhan-kebutuhan apa yang perlu diperbaiki.

Dalam industri manufaktur, pada saat proses produksi akan dimulai diharapkan mesin/peralatan yang tersedia dalam keadaan yang siap pakai. Tetapi tidak selamanya kondisi mesin dalam keadaan prima dalam melakukan proses produksi yang disebabkan oleh sering terjadinya kerusakan sehingga kemampuan mesin menurun. Tetapi hal tersebut masih dapat diatasi dengan melakukan perbaikan secara berkala melalui suatu aktivitas pemeliharaan yang tepat. Menurunnya kemampuan mesin menurut *The Japan Institute of Plan Maintenance* ada dua jenis yaitu :

1. *Natural Deterioration* yaitu menurunnya kinerja mesin/peralatan secara alami akibat terjadi pemburukan/keausan pada fisik mesin/peralatan selama waktu pemakaian walaupun penggunaannya secara benar.
2. *Accelerated Deterioration* yaitu menurunnya kinerja mesin/peralatan akibat kesalahan manusia (*human error*) sehingga dapat mempercepat pemburukan/keausan mesin/peralatan karena mengakibatkan tindakan dan perlakuan yang tidak seharusnya dilakukan terhadap mesin/peralatan.

Kondisi mesin yang siap bekerja secara normal atau memiliki *availability* tinggi sangat diharapkan oleh perusahaan untuk dapat berproduksi optimal. Oleh karenanya diperlukan sebuah aktifitas menjaga ketersediaan mesin tersebut atau biasa disebut dengan aktifitas pemeliharaan (*maintenance*). Menurut *Ebeling* (1997) *maintenance* didefinisikan sebagai aktifitas agar komponen/sistem yang rusak akan dikembalikan/diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu. Sedangkan *Corder, Antony and Khusnul Hadi* (1992) menyatakan bahwa pemeliharaan (*maintenance*) adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang

dilakukan untuk menjaga suatu barang atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Menurut *James A* (2001) pada dasarnya hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan (*equipment maintenance*) adalah sebagai berikut :

1. *Condition maintenance* yaitu mempertahankan kondisi mesin/peralatan agar berfungsi dengan baik sehingga komponen-komponen yang terdapat didalam mesin juga berfungsi sesuai dengan umur ekonomisnya.
2. *Replacement maintenance* yaitu melakukan tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelum kerusakan terjadi.

### **2.1.1 Tujuan *Maintenance***

*Maintenance* adalah kegiatan pendukung bagi kegiatan komersil, maka dalam kegiatannya *maintenance* harus efektif, efisien dan berbiaya rendah. Dengan adanya kegiatan ini maka mesin/peralatan produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu.

Secara umum tujuan perawatan yang utama menurut *Corder* (1992) antara lain :

1. Agar kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas produksi pada tingkat yang tepat dan mengusahakan agar kegiatan produksi tidak terganggu.
3. Menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan dalam waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan.

4. Mencapai tingkat biaya maintenance serendah mungkin melalui pelaksanaan kegiatan maintenance dengan baik.
5. Menghindari hal-hal yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja selama proses produksi.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan pihak-pihak terkait dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu mencapai tingkat keuntungan setinggi mungkin dan total biaya serendah mungkin.

### **2.1.2 Jenis-Jenis *Maintenance***

Corder (1992) membagi kegiatan *maintenance* kedalam dua bentuk, yaitu pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tak terencana (*unplanned maintenance*).

#### **1. *Planned Maintenance* (pemeliharaan terencana)**

*Planned maintenance* adalah proses pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya (Antony 1992). Pemeliharaan terencana terdiri dari tiga bentuk pelaksanaan, yaitu :

1. *Preventive Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menentukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. *Preventive maintenance* ini sangat efektif digunakan dalam menghadapi fasilitas produksi yang termasuk dalam *critical unit*. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi termasuk dalam *critical unit*

apabila kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja , mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan, menyebabkan kemacetan pada seluruh produksi, dan modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut cukup besar atau harganya mahal (Assauri, 2004). Secara umum tujuan dari *preventive maintenance* adalah :

- a. Meminimumkan *downtime* serta meningkatkan efektifitas mesin/peralatan dan menjaga agar mesin dapat berfungsi tanpa ada gangguan.
  - b. Meningkatkan efisiensi dan umur ekonomis mesin/peralatan.
2. *Corrective Maintenance* (pemeliharaan perbaikan) adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian termasuk penyetelan dan reparasi yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima (Corder 1992). Menurut *The Japan Institute of Plant Maintenance*, *corrective maintenance* menuntut para operator yang mengoperasikan mesin/peralatan untuk melaksanakan dua hal yang mencakup.
- a. Mencatat hasil yang diperoleh dari inspeksi harian mencakup semua kerusakan-kerusakan yang timbul secara detail dan terperinci.
  - b. Secara aktif ikut berperan untuk memberikan ide-ide yang membangun bertujuan pencegahan terjadinya kerusakan mesin/peralatan dan mengantisipasi kondisi yang memungkinkan akan mengakibatkan kerusakan mesin/peralatan,

3. *Predictive Maintenance* adalah pemeliharaan pencegahan yang diarahkan untuk mencegah kegagalan suatu sarana, dan dilaksanakan dengan memeriksa mesin-mesin tersebut pada selang waktu yang teratur dan ditentukan sebelumnya, pelaksanaan tingkat reparasi selanjutnya tergantung pada apa yang ditemukan selama pemeriksaan. (Corder 1992). Bentuk pemeliharaan ini sangat baik dilakukan karena dapat mencegah kerusakan sebelum mesin berhenti beroperasi atau mengalami kerusakan sehingga tidak mengganggu jalannya proses produksi.

## 2. **Unplanned Maintenance (pemeliharaan tidak terencana)**

Pada *Unplanned maintenance* biasanya berupa *breakdown/emergency maintenance* (pemeliharaan darurat) adalah tindakan *maintenance* yang tidak akan dilakukan pada mesin/peralatan yang masih dapat beroperasi, sampai mesin/peralatan tersebut rusak dan tidak dapat berfungsi lagi. Melalui bentuk pelaksanaan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan pemeliharaan tersebut akan dapat memperpanjang umur pakai dari mesin/peralatan, dan dapat memperkecil frekuensi kerusakan.

### 2.1.3 **Autonomous Maintenance (pemeliharaan mandiri)**

*Autonomous maintenance* atau pemeliharaan mandiri adalah perawatan mandiri mesin yang dilakukan oleh operator mesin. Bila selama ini operator hanya dilatih untuk mengoperasikan mesin, maka sudah saatnya untuk dilatih lebih lanjut. Operator hendaknya dilatih untuk mampu mendeteksi kejanggalan-kejanggalan kecil pada mesin dan melakukan perbaikan sendiri.

Sasaran *autonomus maintenance* adalah mengembangkan kemampuan operator agar mampu mendeteksi gejala kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang sesungguhnya. Untuk itu terlebih dahulu operator harus menciptakan tempat kerja yang teratur sehingga setiap penyimpangan mesin dapat terdeteksi dengan cepat.

Contoh kegiatan *autonomous maintenance* terhadap mesin adalah pengecekan harian, pembersihan, pelumasan, pengencangan mur/baut, reparasi sederhana dan pendeteksian penyimpangan. Selama melakukan hal-hal kecil itu operator dapat mendeteksi bila terjadi penyimpangan pada mesin.

Untuk dapat melakukan *autonomous maintenance*, seorang operator terlebih dahulu harus dilatih tentang dasar-dasar kerja mesin. Operator juga harus tahu mengapa harus dilakukan serangkaian pengecekan terhadap mesin dan akibat yang terjadi bila pengecekan diabaikan. Operator juga dilatih untuk mengetahui potensi bahaya yang bisa ditimbulkan oleh mesin dan cara pencegahannya. Setelah dilatih hendaknya dibuat kualifikasi untuk menentukan operator-operator yang kompeten untuk menjalankan mesin.

Dalam *autonomous maintenance* peran operator bukan sekedar mengerjakan pekerjaan rutin tetapi juga melakukan *improvement*. Operator mencari-cari hal-hal kecil yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kinerja mesin atau untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin.

Cita-cita tertinggi *autonomous maintenance* adalah mesin tidak mengalami *berakdown* tanpa peran orang *maintenance*. Jadi mesin dirawat secara intensif oleh operator produksi tanpa bantuan orang *maintenance* sehingga mesin tidak pernah mengalami *breakdown* sehingga tidak membutuhkan orang *maintenance* untuk memperbaikinya.

Idealnya *autonomous maintenance* harus mendapat dukungan dari pihak manajemen agar dapat berjalan dengan baik. Dengan dukungan manajemen para manajer dapat mulai menerapkan *autonomous maintenance* dengan leluasa tanpa hambatan birokrasi di unit kerjanya. Hambatan birokrasi itu misalnya dalam hal penyediaan *spare part* yang bila pada kondisi normal bisa memakan waktu lama sehingga kerusakan kecil pada mesin tidak bisa ditanggulangi dengan cepat. (Anonymous, 2008).

## **2.2 Total Productive Maintenance**

### **2.2.1 Definisi Total Productive Maintenance (TPM)**

Menurut Nakajima (1988) TPM adalah suatu program untuk pengembangan fundamental dari fungsi pemeliharaan dalam suatu organisasi yang melibatkan seluruh SDM-nya. Jika di implementasikan secara penuh, TPM secara dramatis meningkat produktivitas dan kualitas, menurunkan biaya, meningkatkan kemampuan peralatan dan pengembangan dari keseluruhan sistem perawatan pada perusahaan manufaktur. TPM memerlukan partisipasi penuh dari semuanya, mulai manajemen puncak sampai karyawan lini terdepan. Operator bukan hanya bertugas menjalankan mesin sebelum dan sesudah pemakaian.

TPM memungkinkan perusahaan memiliki program pemeliharaan pada peralatan produksi sehingga nantinya proses produksi dapat berjalan dengan seefektif dan seefisien mungkin. Menurut Bill N. Maggard dan David M. Rhney (1992), TPM dapat mengakomodasi tujuan dari suatu perusahaan sebab TPM merupakan pendekatan yang berpotensi dalam menyediakan integrasi antara

proses produksi dengan pemeliharaan mutu melalui pengembangan kerja sama yang kuat pada seluruh level perusahaan.

Secara menyeluruh definisi dari *Total Productive Maintenance* mencakup lima elemen yaitu sebagai berikut :

1. Menciptakan suatu sistem *preventive maintenance* untuk memperpanjang umur penggunaan mesin/peralatan.
2. Memaksimalkan efektifitas mesin/peralatan secara keseluruhan.
3. Melibatkan seluruh departemen perusahaan.
4. Melibatkan semua orang mulai dari tingkatan manajemen tertinggi hingga para karyawan/operator rantai produksi.
5. Merupakan pengembangan dari sistem *maintenance* berdasarkan *preventive maintenance* melalui manajemen motivasi.

### 2.2.2 Manfaat TPM

TPM diperlukan untuk mengatasi *six big losses* dalam proses produksi perusahaan manufaktur. TPM berusaha untuk memastikan bahwa peralatan produksi memiliki daya tahan yang optimal (*Kenneth E. Rizzo, 1999*). Menurut *Ron Moore (1997)* beberapa hal yang berhubungan dengan TPM untuk mengoptimalkan daya tahan peralatan produksi adalah :

- a. TPM dilakukan untuk mengembalikan kondisi peralatan produksi pada keadaan yang optimal untuk dipakai dalam proses produksi.
- b. TPM diperlukan untuk meningkatkan keterlibatan operator dalam pemeliharaan peralatan produksi.
- c. TPM diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pemeliharaan.

- d. TPM diperlukan untuk melatih para karyawan untuk meningkatkan keahlian kerja mereka.
- e. TPM diperlukan untuk melakukan manajemen pemeliharaan alat dan tindakan pencegahan terhadap kerusakan peralatan produksi.
- f. TPM diperlukan untuk pemakaian yang efektif dan teknologi pemeliharaan peralatan produksi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh J.Wayne Patterson, et al., 1996, *Total Productive Maintenance*, bertujuan untuk mendapatkan keuntungan besar dengan menggunakan korelasi yang erat antara kualitas produk dengan perawatan mesin produktif secara prediktif.

Menurut F.Ireland & B.G Dale,2001, tujuan dari TPM adalah untuk melibatkan semua sektor termasuk produksi, pengembangan, administrasi serta semua pegawai dari manajemen senior hingga operator dan staff administrasi. Kebijakan TPM perusahaan adalah mencapai status kelas dunia melalui pemberdayaan dan peningkatan tenaga kerja menyeluruh yang terlibat dalam TPM.

### **2.3 Six Big Losses (Enam Kerugian Besar)**

Kegiatan dan tindakan-tindakan yang dilakukan dalam TPM tidak hanya berfokus pada pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin/peralatan dan meminimalkan *downtime* mesin, akan tetapi banyak faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisiensi mesin. Rendahnya produktivitas mesin yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan sering diakibatkan oleh penggunaan mesin yang tidak efektif dan efisien terdapat enam faktor yang disebut enam kerugian besar (*six big losses*). Efisiensi adalah ukuran yang menunjukkan bagaimana sebaiknya

sumber-sumber daya digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan *output*. Efisiensi merupakan karakteristik proses mengukur performansi aktual dari sumber daya relatif terhadap standar yang telah ditetapkan. Sedangkan efektivitas merupakan karakteristik lain dari proses mengukur derajat pencapaian *output* dari sistem produksi. Efektivitas diukur dari aktual *output* rasio terhadap *output* direncanakan. Dalam era persaingan bebas saat ini pengukuran sistem produksi yang hanya mengacu pada kuantitas *output* semata akan dapat menyesatkan, karena pengukuran ini tidak memperhatikan karakteristik utama dari proses yaitu kapasitas, efisiensi dan efektivitas.

Menggunakan mesin seefisien mungkin artinya adalah memaksimalkan fungsi dari kinerja mesin produksi dengan tepat guna dan berdaya guna. Untuk dapat meningkatkan produktivitas mesin yang digunakan maka perlu dilakukan analisis produktivitas dan efisiensi mesin pada *six big losses*. Adapun enam kerugian tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Downtime Losses*, terdiri dari:

- a. *Equipment failures (breakdowns)* yaitu kerusakan mesin/peralatan yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan tentu saja akan menyebabkan kerugian, karena kerusakan mesin akan menyebabkan mesin tidak beroperasi menghasilkan output. Hal ini akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia dan kerugian material serta produk cacat yang dihasilkan semakin banyak. Adapun rumus untuk menghitung *Equipment failures (breakdowns)* adalah :

$$\text{Equipment failure loss} = \frac{\text{Total breakdowns time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- b. *Setup and Adjustment* (kerugian karena pemasangan dan penyetelan) adalah semua waktu *set-up* termasuk waktu penyesuaian (*adjustment*) dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan pengganti satu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk proses produksi selanjutnya. Adapun rumus untuk menghitung *Setup and Adjustment* adalah :

$$\text{Setup and Adjustment loss} = \frac{\text{Total set up and adjustment time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

2. *Speed Loss* (penurunan kecepatan), terdiri dari:

- a. *Idling and Minor Stoppage Losses* disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin. Kenyataannya, kerugian ini tidak dapat dideteksi secara langsung tanpa adanya alat pelacak. Ketika operator tidak dapat memperbaiki pemberhentian yang bersifat *minor stoppage* dalam waktu yang telah ditentukan, dapat dianggap sebagai suatu *breakdown*. Adapun rumus untuk menghitung *Idling and Minor Stoppage Losses* adalah :

$$\text{Idling and Minor Stoppages loss} = \frac{\text{Nonproductive time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- b. *Reduced Speed Losses* yaitu kerugian karena mesin tidak bekerja optimal yang terjadi jika kecepatan aktual operasi mesin lebih kecil dari kecepatan optimal atau kecepatan mesin yang dirancang beroperasi dalam kecepatan normal. Menurunnya kecepatan produksi dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti :

1. Kecepatan mesin yang dirancang tidak dapat dicapai karena berubahnya jenis produk atau material yang tidak sesuai dengan mesin yang digunakan.
2. Kecepatan produksi mesin menurun akibat operator tidak mengetahui berapa kecepatan normal mesin yang sesungguhnya.
3. Kecepatan produksi sengaja dikurangi untuk mencegah timbulnya masalah pada mesin dan kualitas produk yang dihasilkan jika diproduksi pada kecepatan produksi yang lebih tinggi.

Adapun rumus untuk menghitung *Reduced Speed Losses* adalah :

$$\text{Reduced Speed Loss} = \frac{(\text{Ideal cycle time} \times \text{Total product process})}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

3. *Defect Loss*, terdiri dari:

- a. *Process Defect* yaitu kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang. Produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, biaya tambahan untuk pengerjaan ulang dan limbah produksi meningkat. Adapun rumus untuk menghitung *Process Defect* adalah :

$$\text{Rework} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Rework}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

- b. *Reduced Yield Losses* (kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai kondisi produksi yang stabil) adalah kerugian waktu dan material yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang telah diharapkan. Kerugian yang timbul

tergantung pada faktor-faktor seperti keadaan operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan dan pemasangan mesin atau cetakan ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan proses produksi yang dilakukan. Adapun rumus untuk menghitung *Reduced Yield Losses* adalah :

$$\text{Yield/scrap loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Scrap}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

#### 2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur (*metric*) dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapuskan *six big losses* peralatan. Pengukuran OEE ini didasarkan pada pengukuran tiga rasio utama, yaitu *Availability ratio*, *performance ratio*, *Quality ratio*. Formula matematis dari OEE dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{OEE (\%)} = \text{Availability (\%)} \times \text{Performance Rate (\%)} \times \text{Quality Rate (\%)}$$

Untuk mendapatkan nilai OEE, maka ketiga nilai dari ketiga rasio utama tersebut harus diketahui terlebih dahulu.

Adapun standar world class untuk nilai OEE dari ketiga rasio utama tersebut yaitu (Vorne, 2003):

1. *Availability rate* 90% atau lebih
2. *Performance rate* 95% atau lebih
3. *Quality rate* 99% atau lebih
4. OEE 85% atau lebih

### 1. *Availability Ratio*

*Availability ratio* merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin/peralatan. *Nakajima* (1988) menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*. Dengan demikian formula yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* adalah :

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Loading time} - \text{Downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \end{aligned}$$

*Loading time* adalah waktu yang tersedia perhari atau perbulan dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang direncanakan (*planned downtime*).

$$\text{Loading Time} = \text{Total Available Time} - \text{Planned Downtime}$$

*Operation time* merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan waktu *downtime* mesin (*non operation time*). Dengan kata lain, *operation time* adalah waktu operasi yang tersedia setelah waktu-waktu *downtime* mesin dikeluarkan dari *total available time* yang direncanakan. *Downtime* mesin adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin/peralatan mengakibatkan tidak ada *output* yang dihasilkan. *Downtime* meliputi mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin, penggantian cetakan, pelaksanaan prosedur *set up* dan *adjustment* dan lain-lainnya.

## 2. *Performance Ratio*

*Performance ratio* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* peralatan mengacu kepada perbandingan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net operating rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, ia mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. Tiga faktor penting yang dibutuhkan untuk menghitung *performance efficiency* :

1. *Ideal cycle* (waktu siklus ideal/waktu standar)
2. *Processed amount* (jumlah produk yang diproses)
3. *Operation time* (waktu operasi mesin)

*Performance efficiency* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$$

## 3. *Quality Ratio* atau *Rate of quality product*.

*Quality ratio* adalah suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. *Quality ratio* merupakan perbandingan nilai jumlah produk yang lebih baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah:

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

## 2.5 Diagram Pareto

Diagram pareto pertama kali diperkenalkan oleh Alfredo Pareto dan digunakan pertama kali oleh Joseph Juran. Diagram Pareto digunakan untuk untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, masalah yang paling banyak telah ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada posisi paling kiri, dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi paling kanan.

### 2.5.1 Fungsi Diagram Pareto

Pada dasarnya diagram pareto dipergunakan sebagai alat interpretasi untuk:

- a. Menentukan frekuensi relatif dan urutan pentingnya masalah-masalah atau penyebab-penyebab dari masalah yang ada.
- b. Memfokuskan perhatian pada isu-isu kritis dan penting melalui ranking terhadap masalah-masalah atau penyebab dari masalah itu dalam bentuk yang signifikan.

Diagram Pareto adalah suatu metode untuk mengidentifikasi hal-hal atau kejadian penting. Maka pada dasarnya Diagram Pareto terdiri dari dua jenis, yaitu :

a. Diagram Pareto mengenai fenomena.

Diagram ini berkaitan dengan hasil-hasil yang tidak diinginkan untuk mengetahui masalah utama yang ada.

Contoh fenomena :

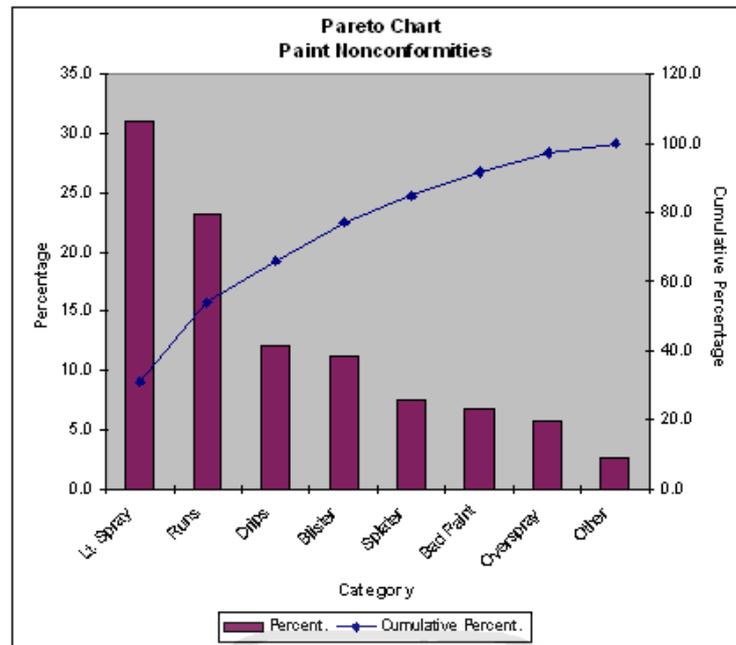
1. Kualitas : kerusakan, keluhan, kegagalan, item-item yang dikembalikan, perbaikan, dan lain-lain.
2. Biaya : jumlah kerugian, ongkos pengeluaran dan lain-lain.
3. Keamanan : kecelakaan, kesalahan, gangguan dan lain-lain.

b. Diagram Pareto mengenai penyebab.

Diagram ini berkaitan dengan penyebab dalam proses dan dipergunakan untuk untuk mengetahui penyebab utama dari masalah yang ada.

Contoh penyebab :

1. Operator : umur, pengalaman, keterampilan, pergantian kerja, dan lain-lain.
2. Mesin : peralatan, mesin instrument, dan lain-lain.
3. Bahan baku : pembuatan bahan baku, jenis bahan baku, dan lain-lain.
4. Metode operasi : kondisi operasi, metode kerja, sistem pengaturan, dan lain-lain.



**Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto**

## 2.6 Diagram Sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*)

Diagram sebab akibat dikenal juga dengan istilah diagram tulang ikan (*fishbone*) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1943 oleh Prof. Kaoru Ishikawa (*Tokyo university*). Diagram ini digunakan untuk menganalisa dan menentukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dalam menentukan karakteristik kualitas output kerja.

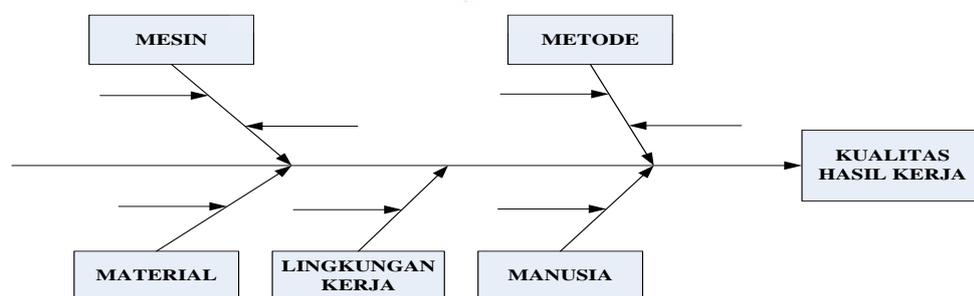
Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja maka, ada lima faktor penyebab utama yang signifikan yang perlu diperhatikan yaitu :

- a. Manusia (*man*)
- b. Metode kerja (*work method*)
- c. Mesin atau peralatan kerja lainnya (*machine/equipment*)
- d. Bahan baku (*raw material*)

e. Lingkungan kerja (*work environment*)

Langkah-langkah dalam membuat diagram sebab akibat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan masalah atau akibat yang ingin dianalisa.
2. Membentuk tim untuk menganalisa masalah atau akibat tersebut (dapat dilakukan dengan menggunakan (*brainstorming*)).
3. Menggambarkan kotak akibat dan garis tengah
4. Membedakan kelompok akibat yang potensial dan gabungkan semuanya kedalam kotak yang dihubungkan dengan garis tengah.
5. Mengidentifikasi akibat-akibat yang mungkin. Bentuk kategori baru jika diperlukan
6. Memberi peringkat pada akibat-akibat untuk membedakan yang mana yang mempengaruhi masalah.
7. Mengambil langkah corrective.



**Gambar 2.2 Diagram Sebab Akibat**

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

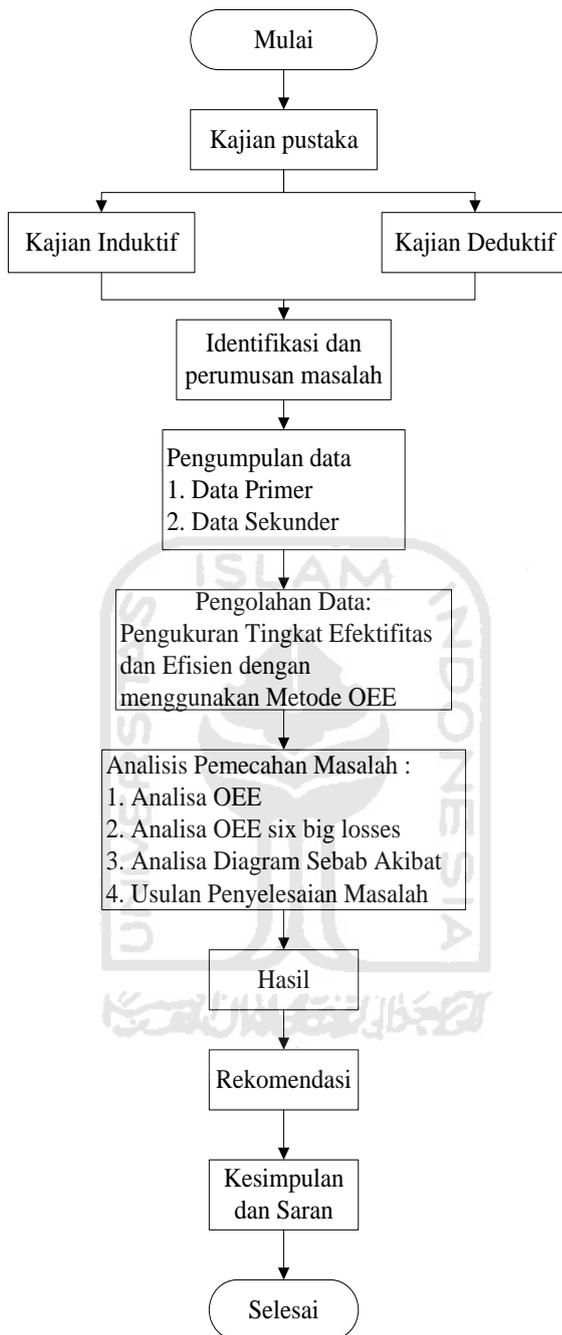
#### **3.1 Objek Penelitian**

Penelitian ini mengambil objek *casting machine* (mesin pencetakan) di PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM) yang berlokasi di Kuala Tanjung, Kecamatan Sei Suka, Kabupaten Batu Bara Sumatra Utara.

#### **3.2 Kebutuhan Data**

Dalam hal ini, ada dua macam kebutuhan data yang terdapat dalam kajian induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian. Kajian ini dapat diperoleh dari jurnal, seminar, majalah dan lain-lain. Pada kajian induktif ini dapat diketahui perkembangan penelitian, batas-batas dan kekurangan penelitian terdahulu. Kemudian untuk kajian deduktif yaitu membangun konseptual yang mana parameter-parameter yang relevan disistematika, diklasifikasikan dan dihubung-hubungkan sehingga bersifat umum. Selain itu kajian deduktif merupakan landasan teori yang dipakai sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian.

### 3.3 Diagram alir penelitian



**Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian**

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Jenis-jenis data yang dibutuhkan dalam melaksanakan penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder, yaitu :

#### 1. Data Primer.

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan dan penelitian secara langsung dilapangan. Adapun teknik yang digunakan adalah :

##### a. Wawancara

Merupakan pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab langsung mengenai masalah yang terkait dengan penelitian dan pekerja atau operator proyek sebagai responden.

##### b. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara pengumpulan data yang dilaksanakan dengan jalan mengadakan peninjauan langsung pada mesin X.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang tidak langsung diamati oleh peneliti. Data ini merupakan dokumentasi perusahaan atau dokumen lainnya yang berhubungan dengan obyek yang diteliti.

#### 3. Data yang telah terkumpul digunakan dalam pengolahan data, data yang dikumpulkan antara lain :

##### a. Data *downtime*

##### b. *Planned downtime*

##### c. Data waktu *set-up*

- d. Data produksi *casting machine*
- e. Data Pengukuran Satu siklus Operasi *Casting Machine*

### 3.5 Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan kemudian diolah agar dapat digunakan dalam penelitian. Tahapan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

#### 1. Penentuan *Availability Ratio*

Untuk penentuan *Availability Ratio* data yang digunakan adalah nilai *operation time* dan *loading time*. *Loading time* adalah waktu yang tersedia per hari atau per bulan dikurangi dengan *downtime* mesin yang direncanakan. *Operation time* adalah waktu proses yang efektif, merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan *downtime mesin*. Dalam pengolahannya digunakan rumus :

$$Availability = \frac{Operation\ time}{Loading\ time} \times 100\%$$

#### 2. Perhitungan *Performance Efficiency*

*Performance Efficiency* adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan (*processed amount*) dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*). Dalam pengolahannya digunakan rumus :

$$Performance\ rate = \frac{Processed\ amount \times ideal\ cycle\ time}{operation\ time} \times 100\%$$

### 3. Perhitungan *Rate of Quality Product*

Perhitungan *Rate of Quality Product* menggunakan data produksi perusahaan. Dalam perhitungan *Rate of Quality* ini, *process amount* adalah *total product processed* sedangkan *defect amount* adalah *total broke*. Dalam pengolahannya digunakan rumus :

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

### 4. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*

Setelah nilai *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product* diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai overall equipment effectiveness (OEE) untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan mesin. Perhitungan OEE adalah perkalian nilai-nilai *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product* yang sudah diperoleh. Rumusnya sebagai berikut :

$$\text{OEE (\%)} = \text{Availability (\%)} \times \text{Performance Rate (\%)} \times \text{Quality Rate (\%)}$$

### 5. Perhitungan OEE *Six Big Losses*

#### a. *Downtime losses*

##### 1. *Equipment failures*

Dalam perhitungan *Equipment failures* digunakan data *total breakdown time* dan *loading time* untuk mengetahui besarnya persentase efektivitas mesin yang hilang. Dalam pengolahannya digunakan rumus :

$$\text{Equipment failure loss} = \frac{\text{Total breakdowns time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

## 2. *Set up dan Adjustment*

Dalam perhitungan *Set up* dan *Adjustment* dipergunakan data waktu *set up* mesin yang mengalami kerusakan dan *loading time* untuk mengetahui besarnya persentase *downtime loss* yang diakibatkan oleh waktu *set up* dan *adjustment*. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Setup and Adjustment loss} = \frac{\text{Total set up/adjustment time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

### b. *Speed loss*

#### 1. *Idling dan minor stoppages*

Dalam perhitungan ini digunakan data *Loading time* dan *Nonproductive time* yang merupakan hasil pengurangan antara *operation time* dan *actual production time*.

$$\text{Idling and Minor Stoppages loss} = \frac{\text{Nonproductive time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

#### 2. *Reduced speed*

Data yang digunakan adalah waktu kecepatan produksi actual dan kecepatan produksi mesin yang ideal. Kecepatan produksi mesin ideal diperoleh dari perkalian antara ideal cycle time dengan total produk yang diproses.

$$\text{Reduced Speed Loss} = \frac{\text{Actual production time} - \text{Ideal production time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

c. *Defect loss*

1. *Rework loss*

Dalam perhitungan ini data yang digunakan adalah nilai *ideal cycle time* dan *rework*.

$$\text{Rework} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Rework}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

2. *Yield/Scrap loss*

Dalam perhitungan ini data yang digunakan diambil dari data produksi perusahaan yaitu jumlah *scrap* dan *ideal cycle time*.

$$\text{Yield/scrap loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Scrap}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

6. Penentuan *six big losses* yang paling mempengaruhi dengan menggunakan diagram Pareto.
7. Menganalisis faktor terbesar dari *six big losses* dengan menggunakan Diagram *Cause and Effect*.

### 3.6 Analisis Pemecahan Masalah

Menganalisis hasil pengolahan data untuk mengetahui seberapa besar perubahan tingkat efektivitas penggunaan mesin/peralatan produksi dan untuk memperoleh penyelesaian dari masalah yang ada antara lain :

1. Analisis perhitungan OEE
2. Analisis perhitungan OEE *six big losses*

3. analisis Diagram Sebab Akibat
4. Evaluasi/Usulan pemecahan masalah

### **3.7 Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan hasil analisa dan uraian hasil pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dapat ditarik beberapa kesimpulan dan kemudian dilakukan pemberian saran.



## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

##### **4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan**

Setelah upaya memanfaatkan potensi sungai Asahan yang mengalir dari Danau Toba di provinsi Sumatra Utara untuk menghasilkan tenaga listrik mengalami kegagalan, pada masa pemerintahan Hindia-Belanda pemerintah Republik Indonesia bertekad mewujudkan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di sungai tersebut.

Tekad ini semakin kuat ketika tahun 1972 pemerintah menerima dari Nippon Koei, sebuah perusahaan konsultan Jepang laporan tentang studi kelayakan Proyek PLTA dan Aluminium Asahan. Laporan tersebut menyatakan bahwa PLTA layak untuk dibangun dengan sebuah peleburan aluminium sebagai pemakai utama dari listrik yang dihasilkannya.

Pada tanggal 7 Juli 1975 di Tokyo, setelah melalui perundingan-perundingan yang panjang dan dengan bantuan ekonomi dari pemerintah Jepang untuk proyek ini, pemerintah Republik Indonesia dan 12 perusahaan penanam modal Jepang menandatangani Perjanjian Induk untuk PLTA dan Pabrik Peleburan Aluminium Asahan yang kemudian dikenal dengan sebutan Proyek Asahan. Kedua belas Perusahaan Penanam Modal Jepang tersebut adalah :

1. Sumitomo Chemical Company Ltd
2. Sumitomo Shoji Khaisa Ltd

3. Nippon Light Metal Company Ltd
4. C Itoh & Co., Ltd
5. Nissho Iwai Co., Ltd
6. Nichimen Co., Ltd
7. Showa Denko K.K
8. Marubeni Corporation
9. Mitsubishi Chemical Industries Ltd
10. Mitsubishi Corporation
11. Mitsui Aluminium Co., Ltd
12. Mitsui & Co., Ltd

Selanjutnya, untuk penyertaan modal pada perusahaan yang akan didirikan di Jakarta kedua belas Perusahaan Penanam Modal tersebut bersama pemerintah Jepang membentuk sebuah perusahaan dengan nama Nippon Asahan Aluminium Co., Ltd (NAA) yang berkedudukan di Tokyo pada tanggal 25 November 1975.

Pada tanggal 6 Januari 1976, PT Indonesia Asahan Aluminium (INALUM), sebuah perusahaan patungan antara pemerintahan Indonesia dan Nippon Asahan Aluminium Co., Ltd, didirikan di Jakarta. INALUM adalah perusahaan yang membangun dan mengoperasikan Proyek Asahan sesuai dengan Perjanjian Induk. Perbandingan saham antara pemerintah Indonesia dan Nippon Asahan Aluminium Co., Ltd pada saat perusahaan didirikan adalah 10% dengan 90%. Pada bulan Oktober 1978 perbandingan tersebut menjadi 25% dengan 75% dan sejak Juni 1987 menjadi 41,13% dengan 58,87%. Dan sejak 10 Februari 1998 menjadi 41,12% dengan 58,88%.

Untuk melaksanakan ketentuan dalam Perjanjian Induk, pemerintah Indonesia kemudian mengeluarkan SK Presiden No. 5/1976 yang melandasi terbentuknya

Otorita Pengembangan Proyek Asahan sebagai wakil pemerintah yang bertanggung jawab atas lancarnya pembangunan dan pengembangan Proyek Asahan.

INALUM dapat dicatat sebagai pelopor dan perusahaan yang bergerak dalam industri peleburan aluminium dengan investasi sebesar 411 milyar Yen.

#### **4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan**

##### **1. Visi**

PT. INALUM menjaga hubungan yang harmonis dengan masyarakat, dan dalam 10 tahun ke depan setelah tahun 2009 akan menjadi perusahaan yang terkenal dalam produktivitas dan daya saing di industri aluminium dunia.

##### **2. Misi**

- a. Menciptakan manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan melalui bisnis yang menguntungkan serta mampu bersaing di pasar global.
- b. Mendukung pengembangan ekonomi regional dan nasional dan selalu menjaga hubungan yang harmonis dengan masyarakat.

### 4.1.3 Pabrik Peleburan Aluminium

Pabrik peleburan aluminium merupakan bagian utama dari proyek Asahan, yang mulai dibangun pada tanggal 6 Juli 1979 dan tahap I operasi dimulai pada tanggal 20 Januari 1982 di areal seluas 200 hektar berlokasi di Kuala Tanjung, Kecamatan Sei Suka, Kabupaten Batubara, Sumatera Utara. Pabrik ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu : Pabrik Pembuatan Anoda Karbon (*Carbon Plant*), Pabrik Reduksi (*Reduction Plant*), dan Pabrik Penuangan (*Casting Plant*).

#### a. Pabrik Karbon (*Carbon Plant*)

Pabrik Karbon memproduksi blok anoda dibagi atas tiga pabrik, yaitu pabrik pembuatan karbon mentah (*green plant*), pabrik pemanggangan (*baking plant*) dan pabrik penangkaian (*rodding plant*). Di pabrik karbon mentah, bahan baku kokas dan *hardpitch* dicampur dan dibentuk menjadi blok-blok anoda. Kemudian dibawa ke bagian pemanggangan anoda dengan 106 tungku tipe *Reindhammer* dan dipanaskan dengan temperature 1250°C. Blok-blok anoda karbon kemudian dipindahkan ke pabrik penangkaian untuk dipasangkan tangkai dengan menggunakan *cast iron*, blok anoda di pabrik reduksi berfungsi sebagai elektroda. Puntung anoda (*butt*) dari tungku reduksi akan diolah dan digunakan kembali untuk bahan baku balok anoda mentah.

#### b. Pabrik reduksi (*Reduction Plant*)

Pabrik reduksi terdiri dari 3 gedung dengan 510 tungku yang masing-masing gedung memiliki 170 tungku tipe anoda pra-panggang (*Prebaked Anode Furnace*). Tipe pot menggunakan teknologi Sumitomo (SM-17-SE = Sumitomo, 170 kA *design, Side by side End riser*) dengan *system Centre Work Prebaked* (CWPB). Arus listrik searah (DC) yang digunakan sebesar 188 – 200 kA, dengan tegangan tiap pot sekitar

4,2 – 4,4 volt. Pada tungku reduksi ini, bahan baku alumina dilebur oleh balok-balok anoda karbon dengan proses elektrolisa sehingga menjadi cairan aluminium. Total kapasitas produksi aluminium adalah 225.000 ton/tahun.

### **c. Pabrik Penuangan (*Casting Plant*)**

Aluminium cair dari tungku reduksi akan dibawa ke pabrik penuangan dengan menggunakan *Metal Transport Car* (MTC) dan dimurnikan lebih lanjut dalam tungku-tungku penampung. Aluminium cair yang terdapat di dalam tungku kemudian dimiringkan dan dituangkan kearah *casting machine* yang berfungsi mencetak aluminium batangan (*ingot*) yang beratnya masing-masing  $\pm 22,7$  kg dan merupakan produk akhir PT. INALUM yang dipasarkan di dalam dan luar negeri.

Terdapat 7 unit *casting machine* yang ada di *Casting plant* yaitu *casting machine 1 - casting machine 7*, tetapi dalam proses produksi hanya 4-5 mesin saja yang beroperasi dalam satu hari. Pada penelitian ini, data yang diambil adalah data mesin yang terdapat di bagian *Casting plant* yaitu *casting machine 1*. Hal ini dikarenakan *casting machine 1* memiliki tingkat kerusakan yang paling tinggi yaitu 57 jam selama periode Januari-Agustus 2011.

Data-data mesin diambil dari data historis perusahaan maupun dari hasil observasi dan wawancara dengan operator yaitu pada bulan Januari 2011 sampai Agustus 2011. Adapun data-data yang ada adalah sebagai berikut :

#### **1. Data waktu *downtime***

*Downtime* merupakan kerugian yang dapat terlihat dengan jelas karena terjadi kerusakan mengakibatkan tidak adanya *output* yang dihasilkan disebabkan mesin tidak memproduksi. Data waktu *downtime* dapat dilihat dalam tabel 4.1

**Tabel 4.1 Data Waktu Kerusakan (*Breakdown*) *Casting Machine 1* periode Januari-Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b>Total Waktu Kerusakan (jam)</b>
Januari	4
Februari	8,5
Maret	7
April	5
Mei	10,5
Juni	9
Juli	9
Agustus	4

Sumber : PT. INALUM

## 2. *Planned Downtime*

*Planned Downtime* adalah waktu yang sudah dijadwalkan dalam rencana produksi, termasuk pemeliharaan seperti mengisi oli pelumas, memeriksa alat pelumas (lubricator), memeriksa alat pengukur tekanan (pressure gauge) dan kegiatan manajemen yang lain. Data waktu pemeliharaan dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Data Waktu Pemeliharaan *Casting Machine 1* periode Januari-Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b>Total Waktu Pemeliharaan (jam)</b>
Januari	8
Februari	7,5
Maret	5
April	8
Mei	7
Juni	7,5
Juli	8
Agustus	5

Sumber : PT. INALUM

### 3. Data Waktu Setup Casting Machine 1.

Waktu *setup* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan *setup* mesin mulai dari waktu berhenti mesin sampai proses untuk kegiatan produksi berikutnya. Data waktu setup *casting machine* 1 dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Data Waktu Setup Casting Machine 1 periode Januari-Agustus 2011**

Bulan	Total Waktu Setup (jam)
Januari	8,6
Februari	9,5
Maret	8
April	7
Mei	8,5
Juni	14
Juli	9
Agustus	9,2

Sumber : PT. INALUM

### 4. Data Produksi

Data produksi mesin aluminium pada departemen di PT. INALUM dalam periode Januari-Agustus 2011 yang dikumpulkan adalah :

- a. Total *available time* adalah total waktu mesin pencetakan aluminium *ingot* yang tersedia untuk melakukan proses produksi dalam satuan jam.
- b. Total *product processed* adalah jumlah berat total produk aluminium *ingot* yang diproses oleh mesin pencetakan aluminium *ingot* dalam satuan kilogram (kg).
- c. Total *good product* adalah jumlah berat total produk aluminium *ingot* yang baik sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan dalam satuan kilogram (kg).

- d. Total *reject weight* adalah jumlah berat total produk aluminium yang ditolak karena cacat pada produk sehingga tidak sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang ditentukan dalam satuan kilogram (kg).
- e. Total *scrap weight* adalah jumlah berat total aluminium *scrap* berupa produk yang rusak atau sisa hasil proses pencetakan aluminium *ingot* dalam satuan kilogram (kg).
- f. Total *actual press hours* merupakan total waktu aktual proses pencetakan aluminium *ingot* (*actual processing time*) pada mesin pencetakan.

Data produksi mesin pencetakan aluminium *ingot* yaitu *Casting Machine 1* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.4 Data Produksi *Casting Machine 1* periode Januari-Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b><i>Total Available (jam)</i></b>	<b><i>Total Product (kg)</i></b>	<b><i>Total Good Product (kg)</i></b>	<b><i>Total Reject (kg)</i></b>	<b><i>Total Scrap (kg)</i></b>	<b><i>Total Actual Press(jam)</i></b>
Januari	427,07	3.453.317	3.441.950	5.012	6.438	370,56
Februari	431,69	3.059.094	3.057.591	4.105	6.747	373,31
Maret	445,67	3.364.973	3.442.898	4.959	7.063	383,77
April	400,78	3.027.390	3.065.049	4.181	5.060	335,08
Mei	410,81	3.206.413	2.960.396	4.731	3.450	344,55
Juni	401,56	2.778.884	2.776.709	4.180	4.130	326,83
Juli	416,28	3.188.513	3.147.969	4.860	3.172	341,62
Agustus	422,44	3.180.662	3.175.546	4.583	3.550	352,41

Sumber : PT. INALUM

### **5. Data Pengukuran Satu siklus Operasi *Casting Machine 1*.**

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada mesin pencetakan aluminium diambil beberapa sampel data waktu yang dibutuhkan untuk mencetak aluminium batangan.

Tabel 4.5 Data Pengukuran Satu Siklus Operasi pada *Casting Machine 1*

No	<i>Casting Machine</i> (menit)
1	0.294
2	0.299
3	0.292
4	0.291
5	0.296
6	0.289
7	0.298
8	0.299
9	0.294
10	0.288
11	0.293
12	0.297
13	0.289
14	0.295
15	0.294
16	0.289
$\sum X$	4.697
X bar	0.2936
SD	0.0037
BKA	0.3008
BKB	0.2864

#### 6. Rating Factor Menurut Westinghouse

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada saat proses produksi, maka besarnya *rating factor* untuk elemen kerja yang diamati pada mesin pencetakan aluminium *ingot* yaitu *Casting machine 1* dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 *Rating Factor Casting Machine 1* dengan Metode Westinghouse

Faktor	Kelas	Lambang	<i>Rating Factor (%)</i>
Keterampilan	<i>Average</i>	D	0
Usaha	<i>Average</i>	D	0
Kondisi Kerja	<i>Fair</i>	E	-0,03
Konsistensi	<i>Average</i>	D	0
<b>Total</b>			<b>-0,03</b>

## 7. Allowance

Besarnya *allowance* pada elemen kerja yang dilakukan pada *Casting Machine* 1 dapat dilihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Faktor-faktor Allowance pada Casting Machine 1**

Faktor	Keterangan	Kelonggaran (%)
Tenaga	Sedang	12
Sikap Kerja	Berdiri	1,5
Gerakan Kerja	Normal	0
Kelelahan Mata	Pandangan yang hampir terus menerus dengan fokus berubah-ubah	2
Suhu	Tinggi	5
Keadaan Atmosfer	Cukup	12
Keadaan Lingkungan	Keadaan yang Luar Biasa	10
Kebutuhan Pribadi	Pria	1,5
<b>Total</b>		<b>44</b>

## 4.2 Pengolahan Data

Dalam sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses pengolahan data yang dilakukan sehingga dapat diperoleh hasil yang dibutuhkan dalam analisis Bab V.

### 4.2.1 Perhitungan Availability

*Availability* adalah rasio waktu *operation time* terhadap *loading time*-nya. Untuk mengetahui nilai *Availability* terlebih dahulu dicari nilai *loading time* dan *operation time* dengan rumusnya adalah :

$$\text{Loading time} = \text{Total Available Time} - \text{Planned Downtime}$$

$$\text{Operation time} = \text{Loading time} - \text{Downtime}$$

$$\text{Downtime} = \text{Breakdown} + \text{Set up}$$

Sehingga diperoleh nilai *Availability Casting Machine 1* untuk Januari 2011 adalah sebagai berikut :

$$\text{Loading time} = 320,07 - 8 = 312,07 \text{ jam}$$

$$\text{Downtime} = 4 + 8,6 = 12,6 \text{ jam}$$

$$\text{Operation time} = 312,07 - 12,6 = 299,47 \text{ jam}$$

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

$$\text{Availability} = \frac{406,47}{419,07} \times 100\% = 96,99\%$$

Dengan perhitungan yang sama untuk menghitung nilai *Availability* sampai periode Agustus 2011 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Nilai *Availability* untuk *Casting Machine 1* periode Januari 2011- Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b><i>Loading time</i> (jam)</b>	<b><i>Total downtime</i> (jam)</b>	<b><i>Operation time</i> (jam)</b>	<b><i>Availability</i> (%)</b>
Januari	419,07	12,6	406,47	96,99
Februari	424,19	18	406,19	95,76
Maret	440,67	15	425,67	96,60
April	392,78	12	380,78	96,94
Mei	403,81	19	384,81	95,29
Juni	394,06	23	371,06	94,16
Juli	408,28	18	390,28	95,59
Agustus	417,44	13,2	404,24	96,84

#### 4.2.2 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*) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Performance efficiency} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\%$$

#### 1. Perhitungan Kecukupan Data dan BKA/BKB

Untuk mengetahui data hasil pengamatan yang telah diambil cukup atau tidak untuk dapat mewakili populasi data, maka digunakan uji kecukupan data (*Ariola et al, 2006*) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n = N / (1 + N e^2)$$

Keterangan: n = jumlah sampel

N = jumlah seluruh anggota populasi

E = taraf signifikansi (digunakan 5%)

Maka diperoleh nilai kecukupan data sebesar:

$$n = 16 / (1 + 16 \times 0,05 \times 0,05) = 15,38 \approx 16$$

karena  $N' \leq N$ , berarti jumlah data pengamatan yang diperlukan telah cukup dan data dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

Untuk menghitung harga rata-rata proses produksi *Casting machine* 1 digunakan rumusan sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{4,697}{16} = 0,2936$$

Perhitungan standar deviasi dari pengamatan dipergunakan rumus :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

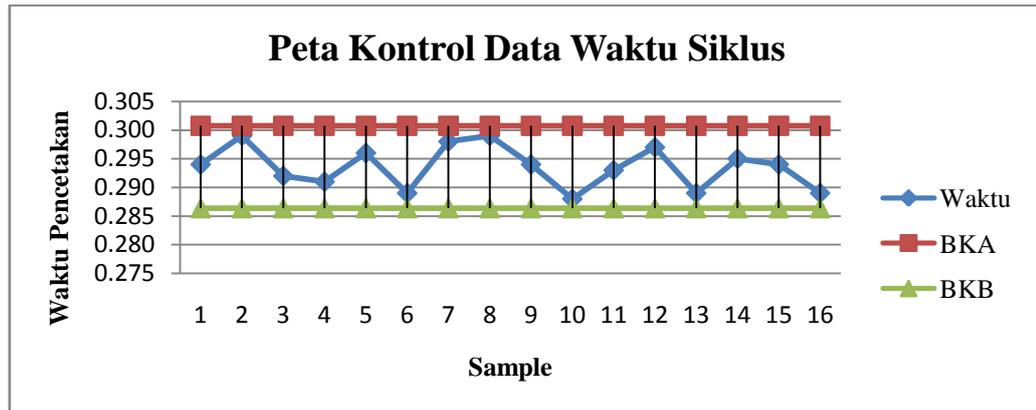
$$SD = \sqrt{\frac{\sum(0,294-0,293)^2 + (0,299-0,293)^2 + \dots + (0,289-0,293)^2}{16-1}} = 0,0037$$

Perhitungan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) yang merupakan batas-batas kontrol seragam atau tidak seragamnya data dengan menggunakan tingkat keyakinan 95% ( $k=1.96$ ). Rumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$BKA = \bar{X} + 1,96 SD = 0,293 + 1,96(0,0037) = 0,3008$$

$$BKB = \bar{X} - 1,96 SD = 0,293 - 1,96(0,0037) = 0,2864$$

Keseluruhan data pengamatan dapat digambarkan dengan peta kendali untuk melihat apakah ada data yang berada di luar batas kontrol (*out of control*). Peta kendali untuk *casting machine* 1 dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Peta Kontrol Data Waktu Siklus *Casting Machine 1***

## 2. Perhitungan Waktu Normal

Waktu normal diperoleh dengan cara mengalikan waktu rata-rata dengan *performance rating*. Rumus perhitungan waktu normal adalah :

Waktu normal = waktu rata-rata proses operasi *Casting machine 1* x *Rating Factor*

Waktu normal =  $0,2936 \times 0,97 = 0,284$  detik

## 3. Perhitungan waktu standar (waktu baku)

Waktu standar diperoleh dengan perkalian antara waktu normal dengan persentase kelonggaran. Rumus perhitungan waktu standar yaitu:

Waktu baku = waktu normal x (1 + *Allowance*)

Dengan allowance sebesar 44%, dapat dihitung waktu standar proses operasi pada *Casting Machine 1*:

Waktu baku =  $0,284 \times (1 + 0,44) = 0,409$  detik

Besarnya *Ideal Cycle Time (ICT) Casting Machine 1* dapat dihitung sebagai berikut:

$0,409 \text{ detik/kg} = 0,00011368 \text{ jam/kg}$

Sehingga diperoleh rasio *Performance Efficiency* dari *Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Performance Efficiency} &= \frac{3.453.317 \text{ kg} \times 0,00011368 \text{ jam/kg}}{406,47} \times 100\% \\ &= 96,58 \% \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, maka untuk nilai *Performance Efficiency* *Casting Machine 1* untuk tiap-tiap periode Januari-Agustus 2011, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9 Performance Efficiency untuk Casting Machine 1 Periode Januari-Agustus 2011**

Bulan	Total Product Processed (kg)	Ideal Cycle Time (jam/kg)	Operating Time (jam)	Performance Efficiency (%)
Januari	3.453.317	0,00011368	406,47	96,58
Februari	3.059.094	0,00011368	406,19	85,61
Maret	3.364.973	0,00011368	425,67	89,87
April	3.027.390	0,00011368	380,78	90,38
Mei	3.206.413	0,00011368	384,81	94,72
Juni	2.778.884	0,00011368	371,06	85,14
Juli	3.188.513	0,00011368	390,28	92,87
Agustus	3.180.662	0,00011368	404,24	89,45

#### 4.2.3 Perhitungan Rate of Quality Product

*Rate of Quality Product* adalah rasio produk yang baik yang sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses. Dalam perhitungan *Rate of Quality Product* ini digunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Rate of Quality Product} = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

Maka diperoleh rasio *Rate of Quality Product* untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - \text{ Defect Amount} &= (\text{Total Reject Weight} + \text{Total Scrap Weight}) \text{ kg} \\ &= 5.012 \text{ kg} + 6.438 \text{ kg} = 11.450 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$- \text{ Rate of Quality Product} = \frac{3.453.317 \text{ kg} - 11.450 \text{ kg}}{3.453.317 \text{ kg}} \times 100\% = 99,67 \%$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka untuk rasio *Rate of Quality Product* *Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011 – Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Rate of Quality Product Casting Machine 1 Periode Januari 2011- Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b>Total Product Processed (kg)</b>	<b>Total Reject (kg)</b>	<b>Total Scrap (kg)</b>	<b>Defect Amount (kg)</b>	<b>Rate of Quality Product (%)</b>
Januari	3.453.317	5.012	6.438	11.450	99,67
Februari	3.059.094	4.105	6.747	10.852	99,65
Maret	3.364.973	4.959	7.063	12.022	99,64
April	3.027.390	4.181	5.060	9.241	99,69
Mei	3.206.413	4.731	3.450	8.181	99,74
Juni	2.778.884	4.180	4.130	8.310	99,70
Juli	3.188.513	4.860	3.172	8.032	99,75
Agustus	3.180.662	4.583	3.550	8.133	99,74

#### **4.2.4 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Setelah nilai *Availability*, *Performance Efficiency*, dan *Rate of Quality Product* pada *Casting Machine 1* diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan *Casting Machine 1* di PT. INALUM.

Dalam perhitungan OEE ini digunakan rumusan sebagai berikut :

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

Sehingga diperoleh nilai OEE untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 adalah sebagai berikut :

$$OEE = (96,99\% \times 96,58\% \times 99,67\%) \times 100\% = 93,37\%$$

Dengan perhitungan yang sama, maka nilai OEE untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011-Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Casting Machine 1 Periode Januari-Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b>Availability (%)</b>	<b>Performance Efficiency (%)</b>	<b>Rate of Quality Product (%)</b>	<b>OEE (%)</b>
Januari	96,99	96,58	99,67	93,37
Februari	95,76	85,61	99,65	81,69
Maret	96,60	89,87	99,64	86,50
April	96,94	90,38	99,69	87,35
Mei	95,29	94,72	99,74	90,04
Juni	94,16	85,14	99,70	79,93
Juli	95,59	92,87	99,75	88,56
Agustus	96,84	89,45	99,74	86,40

### 4.3 Perhitungan OEE Six Big Losses

#### 4.3.1 Downtime Losses

Dalam perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) ini, *Equipment Failures* dan waktu *Setup and Adjustment* dikategorikan sebagai kerugian waktu *downtime (downtime losses)*.

### 1. *Equipment Failures (Breakdowns)*

Besarnya persentase efektivitas mesin yang hilang akibat faktor *breakdowns loss* dapat dihitung dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Breakdowns Loss} = \frac{\text{Total Breakdown time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Sehingga dapat diperoleh perhitungan *breakdowns loss* untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 sebagai berikut :

$$\text{Breakdowns Loss} = \frac{4 \text{ jam}}{419,07 \text{ jam}} \times 100\% = 0,954\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka untuk nilai persentase *breakdown loss Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011-Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.12.

**Tabel 4.12 Breakdown Loss pada Casting Machine 1 periode Januari 2011- Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b>Total Breakdowns Loss (jam)</b>	<b>Loading time (jam)</b>	<b>Breakdowns Loss (%)</b>
Januari	4	419,07	0,954
Februari	8,5	424,19	2,004
Maret	7	440,67	1,588
April	5	392,78	1,273
Mei	10,5	403,81	2,600
Juni	9	394,06	2,284
Juli	9	408,28	2,204
Agustus	4	417,44	0,958

### 2. *Setup and Adjustment*

Dalam perhitungan *Setup and Adjustment loss* dipergunakan data waktu *setup* mesin yang mengalami kerusakan dan pemeliharaan mesin secara keseluruhan di *Casting Machine 1*.

Untuk mengetahui besarnya persentase *downtime loss* yang diakibatkan oleh waktu *setup and adjustment* tersebut digunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Setup/adjustment Loss} = \frac{\text{Total Setup/adjustment time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Sehingga dapat diperoleh perhitungan *Setup and Adjustment loss* untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 sebagai berikut :

$$\text{Setup/adjustment Loss} = \frac{8,6 \text{ jam}}{419,07 \text{ jam}} \times 100\% = 2,052\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka untuk nilai persentase *Setup and Adjustment loss Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011-Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.13.

**Tabel 4.13 Setup and Adjustment loss pada Casting Machine periode Januari 2011-Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b>Total Waktu Setup (jam)</b>	<b>Loading time (jam)</b>	<b>Setup and Adjustment (%)</b>
Januari	8,6	419,07	2,052
Februari	9,5	424,19	2,240
Maret	8	440,67	1,815
April	7	392,78	1,782
Mei	8,5	403,81	2,105
Juni	14	394,06	3,553
Juli	9	408,28	2,204
Agustus	9,2	417,44	2,204

#### 4.3.2 Speed Loss

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

### 1. *Idling and Minor Stoppages*

Untuk mengetahui besarnya faktor efektivitas mesin yang hilang karena faktor *Idling and Minor Stoppages* digunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Idling and Minor Stoppages} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Sehingga dapat diperoleh perhitungan *Idling and Minor Stoppages* untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Non productive time} &= \text{Operation time} - \text{Actual production time} \\ &= 406,47 - 370,56 = 35,91 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\text{Idling and Minor Stoppages} = \frac{35,91}{419,07} \times 100\% = 8,57\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka untuk nilai persentase *Idling and Minor Stoppages Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011-Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.14.

**Tabel 4.14 *Idling and Minor Stoppages* pada *Casting Machine 1* periode Januari 2011-Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b><i>Operation time (jam)</i></b>	<b><i>Total Actual Press (jam)</i></b>	<b><i>Non Productive Time (jam)</i></b>	<b><i>Loading time(jam)</i></b>	<b><i>Idling/Minor Stoppages Loss (%)</i></b>
Januari	406,47	370,56	35,91	419,07	8,57
Februari	406,19	373,31	32,88	424,19	7,99
Maret	425,67	383,77	41,9	440,67	9,51
April	380,78	335,08	45,7	392,78	11,64
Mei	384,81	344,55	40,26	403,81	9,97
Juni	371,06	326,83	44,23	394,06	11,22
Juli	390,28	341,62	48,66	408,28	11,92
Agustus	404,24	352,41	51,83	417,44	12,42

## 2. Reduced Speed

Untuk mengetahui besarnya persentase faktor *reduced speed* yang hilang, maka digunakan rumusan berikut :

$$\text{Reduced Speed Loss} = \frac{\text{Actual production time} - \text{Ideal production time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\text{Ideal production time} = \text{Ideal cycle time} \times \text{Total product processed}$$

Sehingga dapat diperoleh perhitungan *Reduced Speed Loss* untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 sebagai berikut :

$$\text{Ideal production time} = \text{Ideal cycle time} \times \text{Total product processed}$$

$$= 0,00011368 \times 3453317 = 392,573 \text{ jam}$$

$$\text{Reduced Speed Loss} = \frac{370,56 - 392,573}{419,07} \times 100\% = 5,25\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka untuk nilai persentase *Reduced Speed Loss Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011-Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.15.

**Tabel 4.15 Reduced Speed Loss pada Casting Machine 1 periode Januari 2011- Agustus 2011**

Bulan	Total Product Processed (kg)	Total Actual Press (jam)	Ideal Cycle Time (jam/kg)	Ideal Productive Time (jam)	Loading time (jam)	Reduced Speed Time (jam)	Reduced Speed Loss (%)
Januari	3.453.317	370,56	0,00011368	392,573	419,07	22,01	5,25
Februari	3.059.094	373,31	0,00011368	347,758	424,19	25,55	6,02
Maret	3.364.973	383,77	0,00011368	382,530	440,67	1,24	0,28
April	3.027.390	335,08	0,00011368	344,154	392,78	9,07	2,31
Mei	3.206.413	344,55	0,00011368	364,505	403,81	19,96	4,94
Juni	2.778.884	326,83	0,00011368	315,904	394,06	10,93	2,77
Juli	3.188.513	341,62	0,00011368	362,470	408,28	20,85	5,11
Agustus	3.180.662	352,41	0,00011368	361,578	417,44	9,17	2,20

### 4.3.3 Defect Loss

Faktor yang dikategorikan kedalam *defect loss* adalah *rework loss* dan *yield/scrap loss*.

#### 1. Rework Loss

Untuk mengetahui besarnya persentase faktor *Rework Loss* yang hilang, maka digunakan rumusan berikut :

$$\text{Rework Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{rework}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Sehingga dapat diperoleh perhitungan *Rework Loss* untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 sebagai berikut :

$$\text{Rework Loss} = \frac{0,00011368 \times 5012}{419,07} \times 100\% = 0,136\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka untuk nilai persentase *Rework Loss Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011-Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.16.

**Tabel 4.16 Rework Loss pada Casting Machine 1 periode Januari 2011- Agustus 2011**

Bulan	<i>Ideal Cycle Time (jam/kg)</i>	<i>Total Reject Weight (kg)</i>	<i>Loading time (jam)</i>	<i>Rework Time (jam)</i>	<i>Rework Loss (%)</i>
Januari	0,00011368	5.012	419,07	0,570	0,136
Februari	0,00011368	4.105	424,19	0,467	0,110
Maret	0,00011368	4.959	440,67	0,564	0,128
April	0,00011368	4.181	392,78	0,475	0,121
Mei	0,00011368	4.731	403,81	0,538	0,133
Juni	0,00011368	4.180	394,06	0,475	0,121
Juli	0,00011368	4.860	408,28	0,552	0,135
Agustus	0,00011368	4.583	417,44	0,521	0,125

## 2. Yield/Scrap Loss

Untuk mengetahui besarnya persentase *Yield/Scrap Loss* yang hilang, maka digunakan rumusan berikut :

$$\text{Yield/Scrap Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Scrap}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Sehingga dapat diperoleh perhitungan *Yield/Scrap Loss* untuk *Casting Machine 1* pada periode Januari 2011 sebagai berikut :

$$\text{Yield/Scrap Loss} = \frac{0,00011368 \times 0,732}{419,07} \times 100\% = 0,175\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama maka untuk nilai persentase *Yield/Scrap Loss Casting Machine 1* untuk periode Januari 2011-Agustus 2011 dapat dilihat pada tabel 4.17.

**Tabel 4.17 Yield/Scrap Loss pada Casting Machine 1 periode Januari 2011-Agustus 2011**

<b>Bulan</b>	<b><i>Ideal Cycle Time (jam/kg)</i></b>	<b><i>Total Scrap (kg)</i></b>	<b><i>Loading time (jam)</i></b>	<b><i>Yield/Scrap time (jam)</i></b>	<b><i>Yield/Scrap loss (%)</i></b>
Januari	0,00011368	6.438	419,07	0,732	0,175
Februari	0,00011368	6.747	424,19	0,767	0,181
Maret	0,00011368	7.063	440,67	0,803	0,182
April	0,00011368	5.060	392,78	0,575	0,146
Mei	0,00011368	3.450	403,81	0,392	0,097
Juni	0,00011368	4.130	394,06	0,469	0,119
Juli	0,00011368	3.172	408,28	0,361	0,088
Agustus	0,00011368	3.550	417,44	0,404	0,097

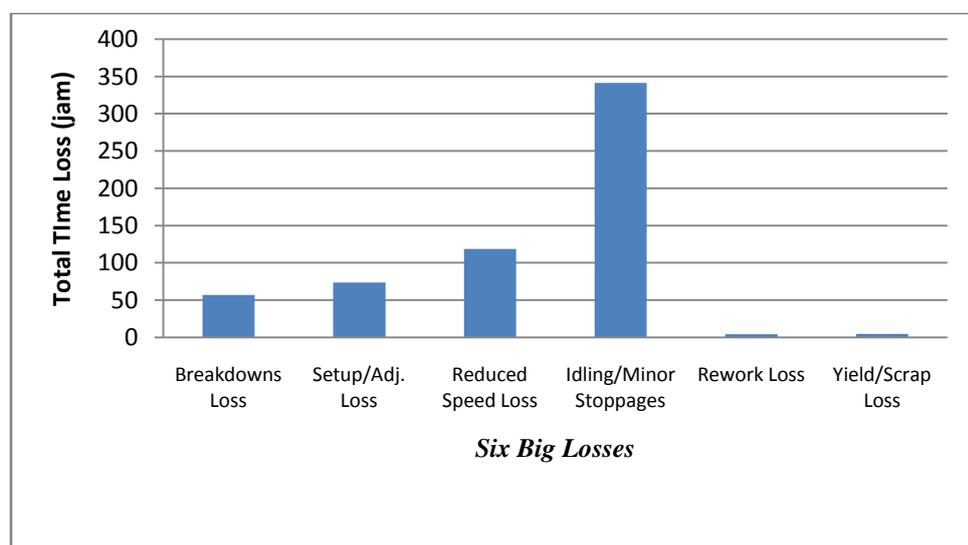
#### 4.4 Pengaruh *Six Big Losses*

Untuk melihat lebih jelas faktor apa saja dari *six big losses* yang mempengaruhi efektivitas penggunaan *Casting Machine 1*, maka akan dilakukan perhitungan *time loss* untuk masing-masing faktor dalam *six big losses* tersebut seperti yang terlihat pada hasil perhitungan di tabel 4.18

**Tabel 4.18 Persentase Faktor *Six Big Losses* pada *Casting Machine 1* Periode Januari-Agustus 2011**

No	<i>Six Big Losses</i>	<i>Total Time Loss (jam)</i>	<i>Persentase (%)</i>
1	<i>Breakdowns Loss</i>	57	9,51
2	<i>Setup/Adj. Loss</i>	73,8	12,31
3	<i>Reduced Speed Loss</i>	118,78	19,81
4	<i>Idling/Minor Stoppages</i>	341,37	56,93
5	<i>Rework Loss</i>	4,16	0,69
6	<i>Yield/Scrap Loss</i>	4,50	0,75
<b>Total</b>		599,613	

Persentase *time loss* dari keenam faktor tersebut juga akan lebih jelas lagi diperlihatkan dalam bentuk histogram yang terlihat pada Gambar 4.2



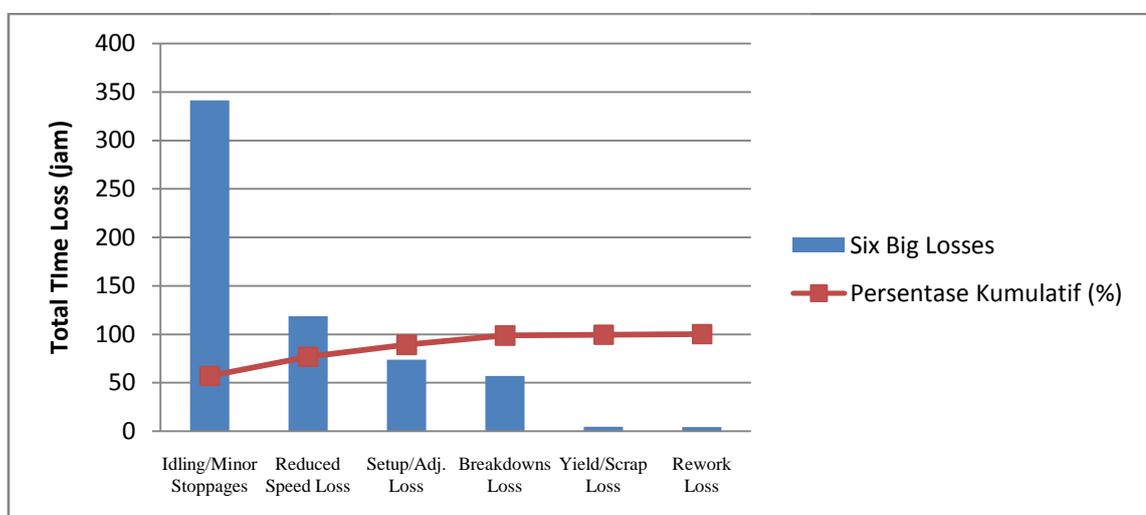
**Gambar 4.2 Histogram Persentase Faktor *Six Big Losses* pada *Casting Machine 1***

Dari histogram dapat dilihat bahwa faktor yang memiliki persentase terbesar dari keenam faktor tersebut adalah *Idling/Minor Stoppages* sebesar 56,93% dan *Reduced Speed Loss* sebesar 19,81% . Untuk melihat urutan persentase keenam faktor tersebut mulai yang terbesar dapat dilihat pada tabel 4.19.

**Tabel 4.19 Pengurutan Persentase Faktor *Six Big Losses* pada *Casting Machine 1* periode Januari-Agustus 2011**

No	<i>Six Big Losses</i>	<i>Total Time Loss (jam)</i>	<i>Persentase (%)</i>	<i>Persentase Kumulatif (%)</i>
1	<i>Idling/Minor Stoppages</i>	341,37	56,93	56,93
2	<i>Reduced Speed Loss</i>	118,78	19,81	76,74
3	<i>Setup/Adj. Loss</i>	73,8	12,31	89,05
4	<i>Breakdowns Loss</i>	57	9,51	98,56
5	<i>Yield/Scrap Loss</i>	4,50	0,75	99,31
6	<i>Rework Loss</i>	4,16	0,69	100,00
<b>Total</b>		599,613		

Dari hasil pengurutan persentase faktor *six big losses* tersebut akan digambarkan diagram paretonya sehingga terlihat jelas urutan dari keenam faktor yang mempengaruhi efektivitas di *Casting Machine 1*.



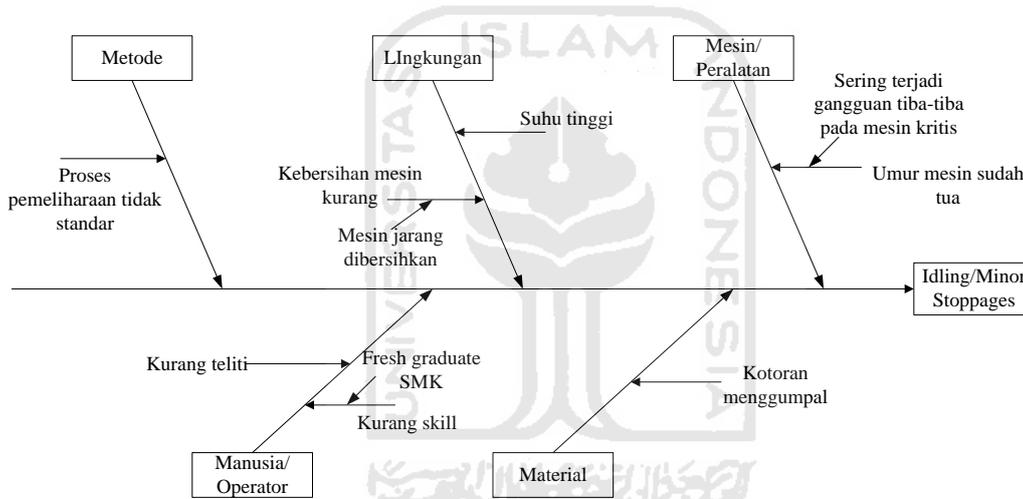
**Gambar 4.3 Diagram Pareto Persentase Faktor Faktor *Six Big Losses* pada *Casting Machine 1* periode Januari-Agustus 2011**

### 4.5 Diagram Sebab Akibat/Fishbone

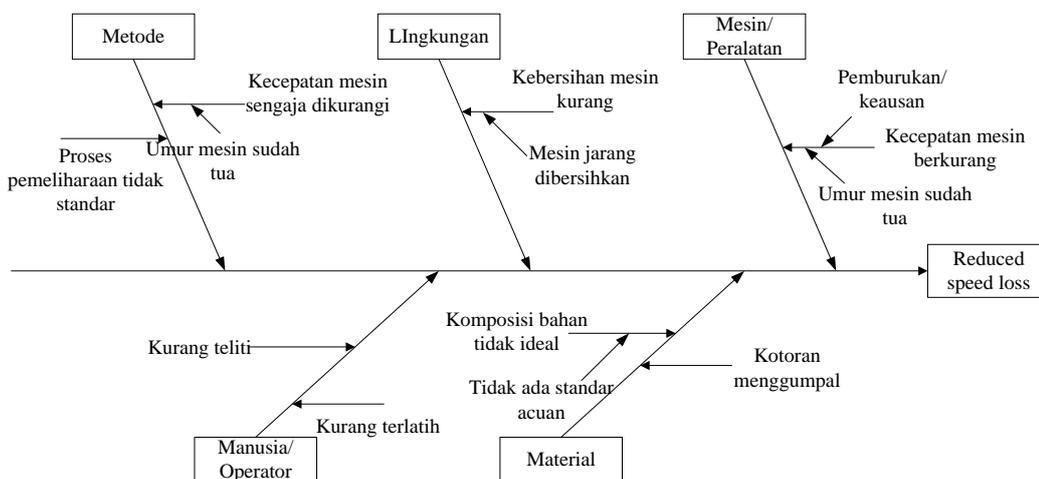
Melalui diagram pareto dapat dilihat bahwa faktor yang memberikan kontribusi terbesar dari faktor *six big losses* tersebut adalah *Idling/Minor Stoppages loss* sebesar 56,93% dan *Reduced Speed Loss* sebesar 19,81%.

Menurut aturan Pareto (aturan 80%) maka nilai persentase kumulatif mendekati atau sama 80% menjadi prioritas permasalahan yang akan dibahas selanjutnya. Oleh karena itu faktor inilah yang akan dianalisa dengan menggunakan diagram sebab akibat.

Dalam diagram sebab akibat pada Gambar 4.4 dan 4.5 berikut akan diketahui penyebab tingginya faktor *Idling/Minor Stoppages loss*.



**Gambar 4.4 Diagram Sebab Akibat *Idling/Minor Stoppages Loss***



**Gambar 4.5 Diagram Sebab Akibat *Reduced speed Loss***

Adapun faktor-faktor penyebab terjadinya *Idling/Minor Stoppages Loss dan Reduced speed loss* antara lain disebabkan oleh :

1. Manusia/operator

Kurangnya keterampilan para pekerja terhadap tugas yang dibebankan kepadanya sebagai operator. Sebagian besar operator merupakan *fresh graduate* dari SMK sehingga pengalaman bekerja masih kurang. Kurang teliti dalam merawat dan membersihkan mesin yang mengakibatkan mesin sering berhenti secara tiba-tiba, yang disebabkan kelelahan dan kejenuhan saat bekerja karena memerlukan tingkat ketelitian tinggi ataupun karena jumlah jam kerja yang berlebih dari batas normal (8 jam).

2. Mesin/peralatan

Komponen mesin yang sudah aus karena umur mesin yang sudah tua yaitu berumur 29 tahun (umur pakai/ekonomis mesin  $\pm 20$  tahun) mengakibatkan mesin sering terjadi gangguan seperti panel *foot switch* tidak berfungsi dengan baik, *mould* retak, dan lain-lain, sehingga menghambat kelancaran produksi dan menurunkan kecepatan mesin.

3. Lingkungan

Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap operator yang menjalankan *casting machine*. Suhu tinggi yang terjadi akibat radiasi dari aluminium cair dengan tingkat suhu kurang lebih  $680^{\circ}\text{C}$  menyebabkan area kerja menjadi sangat panas sekitar  $36^{\circ}\text{C}$  sehingga menjadi tidak kondusif bagi para operator (Nilai Ambang Batas tertinggi iklim kerja  $30^{\circ}\text{C}$ ). Oleh sebab itu operator menjadi cepat lelah dan tidak berkonsentrasi terhadap pekerjaannya. Tingkat kebersihan mesin juga kurang baik, terlihat masih banyaknya sisa *scrap* dan

tumpahan oli yang tercecer disekitar mesin *casting* yang dapat mengakibatkan tersangkutnya jalannya mesin.

#### 4. Metode

Proses pemeliharaan tidak standar. Dalam pelaksanaan perawatan sendiri terdapat metode perawatan, namun dalam pelaksanaannya prosedur perawatan itu sendiri kurang memadai sehingga dalam melakukan aktivitas perawatan pada komponen-komponen mesin dilakukan pada saat mesin tersebut sudah mengalami gangguan atau kerusakan. Selain itu juga perawatan dan pemeriksaan yang dilakukan operator tidak menyeluruh hanya dilakukan pada bagian yang pada saat itu terjadi kerusakan. Padahal setiap bagian mesin saling berhubungan. Kecepatan mesin sengaja dikurangi mengingat umur mesin yang sudah melebihi umur ekonomisnya untuk menjaga kondisi mesin.

#### 5. Material

Bahan baku sering menyangkut di mesin karena menggumpal akibat mutu bahan baku yang kurang baik. Proses pengisian bahan baku juga tidak standar akibat tidak adanya standar acuan sehingga menambah beban mesin saat beroperasi yang dapat menurunkan kecepatan mesin.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

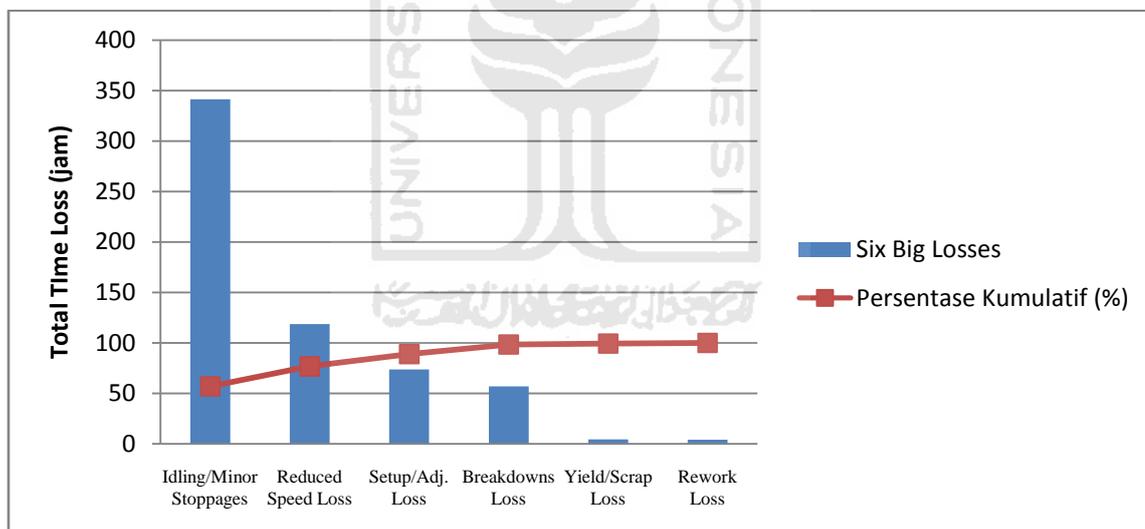
Analisa perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* di PT. INALUM dilakukan untuk melihat tingkat efektivitas penggunaan *Casting Machine* selama bulan Januari-Agustus 2011. Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ini merupakan kombinasi dari faktor waktu, kualitas pengoperasian mesin dan kecepatan produksi dari *Casting Machine* yang digunakan.

1. Selama bulan Januari-Agustus 2011 diperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 79%-93%. Hasil rasio *Availability* berkisar antara 94%-96%., rasio *Rate of Quality* sebesar 99%, dan rasio *Performance Efficiency* berkisar antara 85%-96%
2. Nilai OEE tertinggi terjadi pada bulan Januari 2011 sebesar 93,37%. Hal ini disebabkan karena tingginya tingkat rasio *Performance Efficiency* yang digunakan mencapai 96,58%, *Availability ratio* sebesar 96,99%, sedangkan *Rate of Quality* sebesar 99,67%. Nilai OEE terendah atau yang dibawah nilai standarnya terjadi pada bulan Februari 2011 dan Juni 2011, hal ini disebabkan karena pada bulan tersebut terdapat Total waktu *Set up* dan total waktu *Downtime* mesin yang cukup tinggi sehingga menurunkan produktivitas yang dihasilkannya.

## 5.2 Analisis Perhitungan OEE *Six Big Losses*

Agar perusahaan mengetahui faktor apa saja dari keenam faktor *six big losses* yang memberikan kontribusi terbesar dan berakibat pada efektifitas penggunaan *Casting Machine* maka dilakukan analisa terhadap OEE *six big losses*, sehingga didapat prioritas utama untuk perbaikan efektifitas *Casting Machine*. Analisa dilakukan dengan membuat diagram pareto dari masing-masing persentase faktor-faktor *six big losses* terhadap *total time loss* yang disebabkan oleh masing-masing faktor *six big losses*.

Diagram pareto untuk pengaruh faktor *six big losses* pada *Casting Machine* dapat dilihat pada gambar 5.1.



**Gambar 5.1. Diagram Pareto *Six Big Losses Casting Machine* Periode Januari-Agustus 2011**

Dari gambar 5.1 diagram pareto *Casting Machine* terlihat bahwa faktor *Idling/Minor Stoppages* dan *Reduced Speed Loss* merupakan faktor yang memberikan kontribusi terbesar terhadap rendahnya efisiensi mesin dibandingkan dengan faktor-

faktor lainnya. Faktor *Idling/Minor Stoppages* mengakibatkan pemakaian waktu yang tidak efisien sebesar 56,93% dan *Reduced Speed Loss* sebesar 19,81%.

### 5.3 Analisa Diagram Sebab Akibat

Sebelum dilakukan langkah-langkah perbaikan, maka terlebih dahulu harus dilakukan analisa terhadap faktor yang memberikan kontribusi terbesar penyebab rendahnya efisiensi *Casting Machine* yaitu *Idling/Minor Stoppages* dan *Reduced Speed Loss*. Analisa dilakukan dengan menggunakan *Cause and Effect Diagram* atau diagram Sebab Akibat. Melalui alat ini dapat diketahui penyebab-penyebab tingginya nilai faktor *Idling/Minor Stoppages* dan *Reduced Speed Loss* tersebut secara rinci, dimulai dari faktor-faktor utamanya hingga faktor-faktor yang lebih kecil. Dengan demikian langkah-langkah perbaikan dapat dilakukan secara bertahap berdasarkan faktor-faktor penyebab tersebut. Analisa *Cause and Effect Diagram* untuk faktor *Idling/Minor Stoppages* dan *Reduced Speed Loss* dapat dijabarkan kedalam lima faktor sebagai berikut :

#### 1. Manusia/operator

Kurangnya keterampilan para pekerja terhadap tugas yang dibebankan kepadanya sebagai operator. Sebagian besar operator merupakan *fresh graduate* dari SMK sehingga pengalaman bekerja masih kurang. Kurang teliti dalam merawat dan membersihkan mesin yang mengakibatkan mesin sering berhenti secara tiba-tiba, yang disebabkan keletihan dan kejenuhan saat bekerja karena memerlukan tingkat ketelitian tinggi ataupun karena jumlah jam kerja yang berlebih dari batas normal (8 jam).

## 2. Mesin/peralatan

Komponen mesin yang sudah aus karena umur mesin yang sudah tua yaitu berumur 29 tahun (umur pakai/ekonomis mesin  $\pm 20$  tahun) mengakibatkan mesin sering terjadi gangguan seperti panel *foot switch* tidak berfungsi dengan baik, *mould retak*, dan lain-lain, sehingga menghambat kelancaran produksi dan menurunkan kecepatan mesin.

## 3. Lingkungan

Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap operator yang menjalankan *casting machine*. Suhu tinggi yang terjadi akibat radiasi dari aluminium cair dengan tingkat suhu kurang lebih  $680^{\circ}\text{C}$  menyebabkan area kerja menjadi sangat panas sekitar  $36^{\circ}\text{C}$  sehingga menjadi tidak kondusif bagi para operator (Nilai Ambang Batas tertinggi iklim kerja  $30^{\circ}\text{C}$ ). Oleh sebab itu operator menjadi cepat lelah dan tidak berkonsentrasi terhadap pekerjaannya. Tingkat kebersihan mesin juga kurang baik, terlihat masih banyaknya sisa *scrap* dan tumpahan oli yang tercecer disekitar mesin *casting* yang dapat mengakibatkan tersangkutnya jalannya mesin.

## 4. Metode

Proses pemeliharaan tidak standar, dalam merawat mesin operator hanya melakukan perawatan bila ada kerusakan pada mesin. Kecepatan mesin sengaja dikurangi mengingat umur mesin yang sudah melebihi umur ekonomisnya untuk menjaga kondisi mesin.

## 5. Material

Bahan baku sering menyangkut di mesin karena menggumpal akibat mutu bahan baku yang kurang baik. Proses pengisian bahan baku juga tidak standar

akibat tidak adanya standar acuan sehingga menambah beban mesin saat beroperasi yang dapat menurunkan kecepatan mesin.

## 5.4 Evaluasi /Usulan Pemecahan Masalah

### 5.4.1 Mengeliminasi *Six Big Losses*

Berdasarkan perhitungan persentase total time loss dari diagram pareto faktor six big losses dapat diketahui bahwa persentase faktor *Idling/Minor Stoppages* dan *Reduced Speed Loss* -lah yang memiliki persentase terbesar dan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi dalam efektivitas mesin. Oleh sebab itu perlu dirumuskan usulan pemecahan masalah untuk *Idling/Minor Stoppages* dan *Reduced Speed Loss*.

Usulan peningkatan efektivitas mesin dapat dikembangkan melalui hasil analisis langkah-langkah perbaikan terhadap faktor penghambat usaha peningkatan efektivitas mesin. Langkah-langkah yang dapat dilaksanakan antara lain :

#### 1. Faktor tenaga kerja

Faktor tenaga kerja seharusnya mendapat perhatian lebih karena manusia merupakan bagian dari sistem kerja yang berperan sebagai variable hidup, dengan berbagai sifat dan kemampuannya yang dapat memberi pengaruh besar terhadap keberhasilan usaha peningkatan efektivitas mesin.

Langkah-langkah yang dapat diambil untuk melakukan perbaikan faktor tenaga kerja adalah :

- a. Di PT. INALUM, pelatihan untuk karyawan baru dilakukan selama 3 bulan, dimana pelatihan tersebut termasuk pemberian materi dan tata cara penggunaan mesin, setelah itu barulah pekerja ditempatkan di

stasiun kerja untuk melatih keterampilannya tanpa adanya dilakukan evaluasi, sehingga hal ini dianggap kurang efektif. Dalam hal ini, sebaiknya perusahaan memberikan program pelatihan yang lebih efektif terhadap pekerja baru ataupun pekerja lama. Tujuan dari program yang diberikan adalah untuk meningkatkan keterampilan operator sebelum ditempatkan di stasiun kerja. Setelah ditempatkan hendaknya dilakukan evaluasi secara berkala untuk mengetahui sejauh mana keterampilan yang telah dimiliki operator, sehingga diharapkan operator tidak hanya dapat menggunakan mesin tetapi dapat melakukan perawatan maupun reparasi sederhana.

- b. Penerapan sanksi yang lebih tegas terhadap operator yang kurang disiplin serta meningkatkan pengawasan terhadap operator.
- c. Memberikan insentif yang sesuai untuk mendorong kinerja operator.

## 2. Faktor material

Langkah-langkah yang diambil untuk melakukan perbaikan terhadap faktor material adalah dengan memakai bahan baku berkualitas baik serta melakukan pengawasan terhadap bahan baku dengan melakukan pemeriksaan dan penyortiran dari kotoran terlebih dahulu sebelum diproduksi di mesin. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan model saringan didalam mesin atau ditempat penyimpanan bahan baku agar kotoran dapat tersaring.

## 3. Faktor mesin produksi

Ketersediaan mesin-mesin produksi yang siap digunakan dalam kegiatan produksi sangat penting. Mesin yang digunakan tidak boleh mengalami

kerusakan yang lama karena akan mengganggu jalannya proses produksi sehingga akan mempengaruhi tingkat produktivitas. Langkah-langkah untuk mengatasi masalah yang berhubungan dengan mesin ini adalah :

- a. Meningkatkan perawatan mesin secara berkala yang dilakukan oleh operator mesin seperti ; pemeriksaan minyak pelumas, pemeriksaan *lubricator* (alat pelumas) untuk mencegah kebocoran, pemeriksaan *pressure gauge* (alat pengukur tekanan) dan lain-lain. Melakukan pergantian *part* mesin yang telah rusak ataupun yang telah melebihi umur ekonomis nya apabila diperlukan.
- b. Melakukan studi untuk memperbaiki kinerja *casting machine* sehingga mesin ini dapat beroperasi dengan kinerja yang lebih baik.

#### 4. Faktor lingkungan

Langkah-langkah yang diambil untuk melakukan perbaikan faktor lingkungan yaitu, membersihkan mesin dan area kerja secara berkala sebelum atau sesudah operasi serta menyediakan tempat untuk *scrap*. Menyediakan baju khusus bagi operator untuk melindungi maupun mengurangi radiasi panas yang ditimbulkan dari aluminium cair.

#### 5. Faktor metode kerja

Langkah-langkah yang diambil untuk melakukan perbaikan faktor metode kerja adalah dengan cara melatih para operator tentang perawatan terhadap mesin yang mereka gunakan sehingga cepat tanggap untuk setiap masalah yang timbul pada mesin yang dioperasikan dibagian produksi, selain itu dapat

diterapkan strategi *predictive maintenance* sehingga dapat memprediksi kapan harus dilakukan perawatan atau penggantian peralatan.

Dari 5 faktor yang telah dijelaskan diatas, dapat dilihat bahwa faktor mesin merupakan faktor utama penyebab *Idling/Minor Stoppages*. Hal ini dapat dilihat dari mesin yang sudah berumur 29 tahun yang telah melewati umur ekonomis mesin tersebut ( $\pm 20$  tahun) sehingga mengakibatkan mesin sering terjadi gangguan sehingga menghambat kelancaran produksi. Apabila ke empat faktor yang lainnya yaitu Metode, Lingkungan, Operator, dan material diasumsikan normal, hal itu tetap tidak bisa memberikan pengaruh yang terlalu besar dalam mengatasi masalah yang terjadi.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* pada Casting Machine di PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor yang mempengaruhi tingkat efektivitas mesin adalah *Availability ratio* dengan persentase rata-rata dari bulan Januari-Agustus 2011 sebesar 94%-96%, *Performance efficiency* dengan persentase rata-rata dari bulan Januari-Agustus 2011 sebesar 85%-96%, dan *Rate of quality product* dengan persentase rata-rata dari bulan Januari-Agustus 2011 sebesar 99%.
2. Pengukuran tingkat efektivitas mesin dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) di PT. INALUM yang dimulai dari bulan Januari-Agustus 2011 persentase terbesar berada pada bulan Januari yaitu sebesar 93.37% dan yang terendah berada pada bulan Februari sebesar 81,69% dan Juni sebesar 79.93%.
3. Faktor yang memiliki persentase terbesar dari six big losses untuk *Casting machine* adalah *Idling/Minor Stoppages loss* sebesar 56.93%, *Reduced Speed Loss* sebesar 19.81%, *Setup and Adjustment Loss* sebesar 12.31%, *Breakdowns Loss* sebesar 9.51%, *Yield/Scrap Loss* sebesar 0.75%, dan *Rework Loss* sebesar 0.69%.
4. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan *idling/minor stoppages* tersebut adalah dengan memberikan pelatihan yang

lebih efektif terhadap pekerja baru, mengganti mesin atau *part* mesin yang telah rusak ataupun yang telah melebihi umur ekonomisnya, meningkatkan perawatan mesin secara berkala, membersihkan mesin dan area kerja sebelum atau sesudah operasi, serta menyediakan baju khusus bagi operator untuk mengurangi radiasi panas.

## 6.2 Saran

Beberapa saran yang diharapkan dapat bermanfaat bagi perusahaan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan antara lain adalah :

1. Pelatihan kepada operator *Casting machine* perlu dilakukan secara teratur dengan melakukan evaluasi secara berkala (3 bulan sekali) untuk meningkatkan keahliannya sehingga operator dapat mengetahui dan menilai kondisi dari mesin/peralatan yang dioperasikannya apakah berjalan dengan lancar tanpa adanya gangguan kerusakan, dengan demikian dapat dicari penyebab dan kemudian dapat diambil tindakan untuk pencegahan dan cara menanggulangnya.
2. Penyediaan baju khusus bagi operator yang mengoperasikan *casting machine* untuk mengurangi radiasi panas dari aluminium cair.
3. Perusahaan dapat mengantisipasi terjadinya kerusakan mesin/peralatan dengan melihat kondisi mesin sebelum dan sesudah operasi dan menerapkan *preventive* maupun *predictive maintenance*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S., 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*, Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Corder, Antony dan Kusnul Hadi, 1992., *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Erlangga, Jakarta.
- Ebeling, C.E., 1997. *An introduction reliability and maintainability engineering*. The MC. Graw Hill Companier Inc. New York.
- E.Rizzo, Kenneth.,1999,” *Total productive maintenance: A primer*”, Package Printing and Converting,pg.26.
- Gaspersz.V., 2004. *Total Quality Management*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hutagaol.HJ., 2009, *Penerapan Total Productive Maintenance Untuk Peningkatan Efisiensi Produksi Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Di PT. Perkebunan Nusantara III Gunung Para*. Medan.
- Ireland, F.and Dale,B.G., 2001, “*A study of total productive maintenance implementation*”, Journal of Quality in Maintanance Engineering, Vol 7,pp.183-191.
- Leflar, James A., 2001, *Practical Total Productive Maintenance, Successful Equipment at Agilent Technology*, Productivity Press, Portland. Oregon, p.18
- Maggard, B., and Rhyne, d.m., 1992, “ *Total productive maintanance: a timely integration of production and maintanance*”, Production and Inventory Management Journal, Quarter 4,pp.6-10.
- Hasriyono.M., 2009, *Evaluasi Efektivitas Mesin Dengan Penerapan Total Productive Maintenance Di PT. Hadi Baru*, Medan.
- Yusuf M.A., 2009, *Evaluasi Keandalan dan Keefektifan Mesin Side Pusher Dengan Metode Overall Machine Effectiveness Pada PT. Tobu Indonesia Steel-KIP*. Depok-Jawa Barat.
- Nakajima, S., 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc, Portland, p. 21.
- Nakajima, S., 1988, *Introduction to Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Cambridge, MA.

- Patterson, J. Wayne., Fredendall, D., Lawrence., J. Kennedy, William., and Mcgee, Allen., 1996, "Adapting Total Productive Maintenance to Asten", *Production and Inventory Management Journal* - Fourth Quarter.
- PQM Consultants., 2008, *Bahan Pelatihan Autonomuos Maintenance*, Jakarta. <file:///D:/TA%20SIP/BAHAN/Autonomous%20Maintenance%20%20Perawatan%20Mandiri%20Mesin%20Produksi.htm>., diakses tanggal 1-12-2011
- Sherly, M.G., 2007, *Usulan Perbaikan Terhadap Manajemen Perawatan Dengan Menggunakan Metode Total Productive Maintenance (TPM) Di PT. ALEXINDO*, Bekasi.
- Sutaklaksana and Anggawisastra R., 1979, *Teknik Tata Cara Kerja*, Penerbit Jurusan Teknik Industri ITB, Bandung.
- The Japan Institute of Plan Maintenance., 1996, *TPM for Every Operator, Shopfloor Series*, Productivity Press, Inc., Portland, Oregon.



Tabel 9.2 Penyesuaian menurut Westinghouse

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Ketrampilan	Superskil	A1	+ 0,15
		A2	+ 0,13
	Excelent	B1	+ 0,11
		B2	+ 0,08
	Good	C1	+ 0,06
		C2	+ 0,03
	Average	D	0,00
	Fair	E1	- 0,05
		E2	- 0,10
	Poor	F1	- 0,16
F2		- 0,22	
Usaha	Excessive	A1	+ 0,13
		A2	+ 0,12
	Excellent	B1	+ 0,10
		B2	+ 0,08
	Good	C1	+ 0,05
		C2	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E1	- 0,04
		E2	- 0,08
	Poor	F1	- 0,12
F2		- 0,17	
Kondisi Kerja	Ideal	A	+ 0,06
	Excellenty	B	+ 0,04
	Good	C	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,03
	Poor	F	- 0,07
Konsistensi	Perfect	A	+ 0,04
	Excellent	B	+ 0,03
	Good	C	+ 0,01
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,02
	Poor	F	- 0,04

Tabel 9.4 Besarnya kelonggaran berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh

Faktor	Contoh pekerjaan	Kelonggaran (%)	
		Pria	Wanita
<b>A. Tenaga yang dikeluarkan</b>			
1. Dapat diabaikan	Bekerja dimeja, duduk		
2. Sangat ringan	Bekerja dimeja, berdiri	0,0 - 6,0	0,0 - 6,0
3. Ringan	Menyekop, ringan	6,0 - 7,5	6,0 - 7,5
4. Sedang	Mencangkul	7,5 - 12,0	7,5 - 16,0
5. Berat	Mengayun palu yang berat	12,0 - 19,0	16,0 - 30,0
6. Sangat berat	Memanggul beban	19,0 - 30,0	
7. Luar-biasa berat	Memanggul karung berat	30,0 - 50,0	
<b>B. Sikap kerja</b>			
1. Duduk	Bekerja duduk, ringan		0,00 - 1,0
2. Berdiri diatas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki		1,0 - 2,5
3. Berdiri diatas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol		2,5 - 4,0
4. Berbaring	Pada bagian sisi, belakang atau depan badan		2,5 - 4,0
5. Membungkuk	Badan dibungkukkan bertumpu pada kedua kaki		4,0 - 10
<b>C. Gerakan kerja</b>			
1. Normal	Ayunan bebas dari palu		0
2. Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu		0 - 5
3. Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan		0 - 5
4. Pada anggota-anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala		5 - 10
5. Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja dilorong, pertambangan yang sempit		10 - 15

Tabel 9.4 Besarnya kelonggaran berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh (Lanjutan)

Faktor		Kelonggaran (%)	
<b>D. Kelelahan mata *</b>			
1.	Pandangan yang terputus-putus	Pencapaian baik	Buruk
2.	Pandangan yang hampir terus menerus	0,0 - 6,0	0,0 - 6,0
3.	Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	6,0 - 7,5	6,0 - 7,5
		7,5 - 12,0	7,5 - 16,0
4.	pandangan terus menerus dengan fokus tetap	12,0 - 19,0	16,0 - 30,0
		19,0 - 30,0	
		30,0 - 50,0	
<b>E. Keadaan temperatur tempat kerja **</b>			
Temperatur (°C)		Kecukupan normal	
Dibawah 0		Bertelebihan	
1.	Beku	diatas 10	diatas 12
2.	Rendah	10 - 0	12 - 5
3.	Sedang	5 - 0	8 - 0
4.	Normal	0 - 5	0 - 8
5.	Tinggi	5 - 40	8 - 100
6.	Sangat tinggi	diatas 40	diatas 100
<b>F. Keadaan atmosfer ***</b>			
1.	Baik	0	
2.	Cukup	0 - 5	

**Tabel 9.4** Besarnya kelonggaran berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh (*Lanjutan*)

Faktor	Contoh pekerjaan	
3. Kurang baik	Adanya debu-debu bercaun, atau tidak beracun tetapi banyak	5 - 10
4. Buruk	Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan alat-alat pemapasan	10 - 20
<b>G. Keadaan lingkungan yang baik</b>		
1. Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah		0
2. Siklus kerja berulang-ulang antara 5 - 10 detik		0 - 1
3. Siklus kerja berulang-ulang antara 0 - 5 detik		1 - 3
4. Sangat bisung		0 - 5
5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas		0 - 5
6. Terasa adanya getaran lantai		5 - 10
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan, dll.)		5 - 15

\* ) Kontras antara warna hendaknya diperhatikan

\*\* ) Tergantung juga pada keadaan ventilasi

\*\*\* ) Dipengaruhi juga oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim

*Catatan pelengkap* : kelonggaran untuk kebutuhan pribadi bagi : Pria = 0 { 2,5%

Wanita = 2 - 5,0%