



**PENERAPAN METODE *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM)  
UNTUK MENENTUKAN EFEKTIFITAS *BALL MILL***

**SKRIPSI**

Oleh

**FIRMANSYAH PRAWIRA UTAMA**

**NIM 171910101112**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**PENERAPAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM) UNTUK  
MENENTUKAN EFEKTIFITAS ALAT *BALL MILL***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu  
Syarat untuk menyelesaikan program studi teknik mesin (S1)  
dan mencapai gelar sarjana teknik

Oleh

**FIRMANSYAH PRAWIRA UTAMA**

**NIM 171910101112**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur kepada ALLAH SWT, skripsi ini dibuat sebagai perwujudan rasa terima kasih kepada:

1. ALLAH SWT atas segala berkah rahmat dan rizki-Nya, serta kepada junjungan kita Nabi MUHAMMAD SAW
2. Bapak Totok Iriyanto dan ibu Endah Retnaningtyas yang tercinta, terima kasih untuk semua yang beliau berikan selama 24 tahun ini serta adik adiku tercinta yang selalu menemaniku dan saudara – saudaraku
3. Guru-guru sejak TK hingga SMA, dosen, dan seluruh civitas akademika Universitas Jember khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang telah menjadi orang tua kedua,
4. Bapak Anggoro Laily budiono *Manager of Maintenance Mill 1 and 2* dan seluruh karyawan PT Semen Indonesia
5. Dulur – dulur mesin UNEJ angkatan 14 dan Dulur – dulur MESIN UNESA angkatan 13

**MOTO**

“Kita tidak butuh lagi orang pintar, yang kita butuhkan adalah orang-orang yang peduli terhadap sesama”

(Basuki Thahaja Purnama (Ahok))

“Dengan kerja keras, terampil dan produktif, kita harus memastikan bahwa hidup kita hari ini lebih baik dari hari kemarin. Dan, hari esok lebih baik dari hari ini”

[Joko widodo]



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Firmansyah Prawira Utama

Nim : 171910101112

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penerapan Metode *Total Productive Maintenance* (TPM) Untuk Menentukan *Efektifitas Ball Mil*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan institusi manapun, dan bukan karya ilmiah jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademis jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2019

Yang menyatakan

Firmansyah Prawira Utama

Nim: 171910101112

**SKRIPSI**

**PENERAPAN METODE *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM)  
UNTUK MENENTUKAN EFEKTIFITAS *BALL MILL***

Oleh

**FIRMANSYAH PRAWIRA UTAMA**

**NIM 171910101112**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Dwi Djumhariyanto M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Franciscus Xaverius Kristanta M. Eng

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul "Penerapan Metode *Total Productive Maintenance* (TPM)  
Untuk Menentukan Efektifitas *Ball Mill*" telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 16 Juli 2019

Tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Dwi Djumhariyanto., M.T  
NIP 196008121 199602 1 001

Ir. FX. Kristianta, M.Eng  
NIP 19650120 2001121 001

Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Ahmad Adib Rosyadi S.T ., M.T.  
NIP 19850117 2012121 001

Danang Yudistiro S.T ., M.T  
NIP 19790207 2015041 000

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**PENERAPAN METODE *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM) UNTUK MENENTUKAN EFEKTIFIAS *BALL MILL***; Firmansyah Prawira; Utama 171910101112; 2019 ; 61 halaman; Jurusan Teknik Mesin fakultas Teknik Universitas Jember.

Semen merupakan salah satu kebutuhan papan yang tidak bisa kita hindari, material yang digunakan sebagai berbagai hal untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, jembatan, jalan raya, landasan bandar udara, pembuatan beton pracetak, dan pratekan, dan industri produk-produk lainnya. Pabrik semen sudah banyak dan menyebar di seluruh Indonesia untuk memenuhi pemerataan pembangunan Indonesia. PT. XYZ adalah salah satu perusahaan holden.

Penggilingan akhir (*finish mill*) terdapat 2 macam alat yang digunakan sebagai menggiling yakni *vertical mill (ok mill)* dan *horizontal mill (ball mill)* kedua alat tersebut berfungsi sebagai penggilingan tahap akhir dimana ukuran material masih sebesar pasir di giling sampai halus hingga menjadi seperti tepung. Pada tahap *finish mill* bukan hanya penggilingan saja tetapi juga terdapat proses penambahan material untuk semen yakni *fly ash* dan *trass* untuk produk semen PCC(*Portland Composite Cement*)

Metode *Total Productive Maintenance* (TPM) yakni salah satu sistem yang dipergunakan memelihara dan meningkatkan nilai kualitas dari produksi yang melalui perawatan perlengkapan dan peralatan kerja seperti mesin, *equipment* dan alat-alat kerja (Jiwantoro, 2013). Alat ukur keberhasilan metode TPM ini yakni *Overall Equipment Efectiveness* (OEE), OEE ini yakni salah satu alat ukur yatu dapa mengetahui apakah peralatan dapat berfungsi dengan baik sehingga mempengaruhi proses lainnya. Dengan penerapan OEE ini dapat diketahui kerugian atau *losses* yang diakibatkan mesin mengalami gagal produksi dan penurunan tingkat produksi serta ukuran kerugian *losses* yang diakibatkan oleh cacat produk(ghaffar, 2018).

Hasil penelitian pada PT XYZ nilai OEE mesin ball mill nomor 1 dengan rata-rata nilai OEE yaitu 75.36%. Nilai ini menunjukkan bahwasannya pada produktivitas



mesin *ball mill 1* dalam beroperasi sangat jauh mencapai *standart World Class* karena nilainya kurang dari 85%. Berdasarkan dari hasil *six big losses* untuk mengetahui kerugian terbesar penyebab penurunan dari produktifitas di mesin *ball mill 1* selama bulan Januari hingga Desember 2018 diperoleh faktor *Reduce speed losses* dengan rata 47.56%. alat mengalami penurunan kecepatan dikarenakan waktu *non productive* sangat tinggi saran perbaikan penggantian dari tipe *double outlet diaphragm* ke *discharge diaphragm* mempengaruhi produktifitas yang cepat, material kasar tidak akan masuk ke dalam *comp 2* dan kembali ke *comp 1* dengan adanya diafragma model baru maka material kasar akan cepat halus pada *comp 1*, terlihat dari data total produksi semen *mill satu* yaitu dengan 1,120,256 ton dan untuk *mill 6* menggunakan tipe *discharge diaphragm* dengan total produksi semen 1,524,282 ton semen

## SUMMARY

**APPLICATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) METHOD FOR DETERMINING THE EFFECTIVENESS OF BALL MILL:** Firmansyah Prawira Utama 171910101112; 2019 ; 61 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

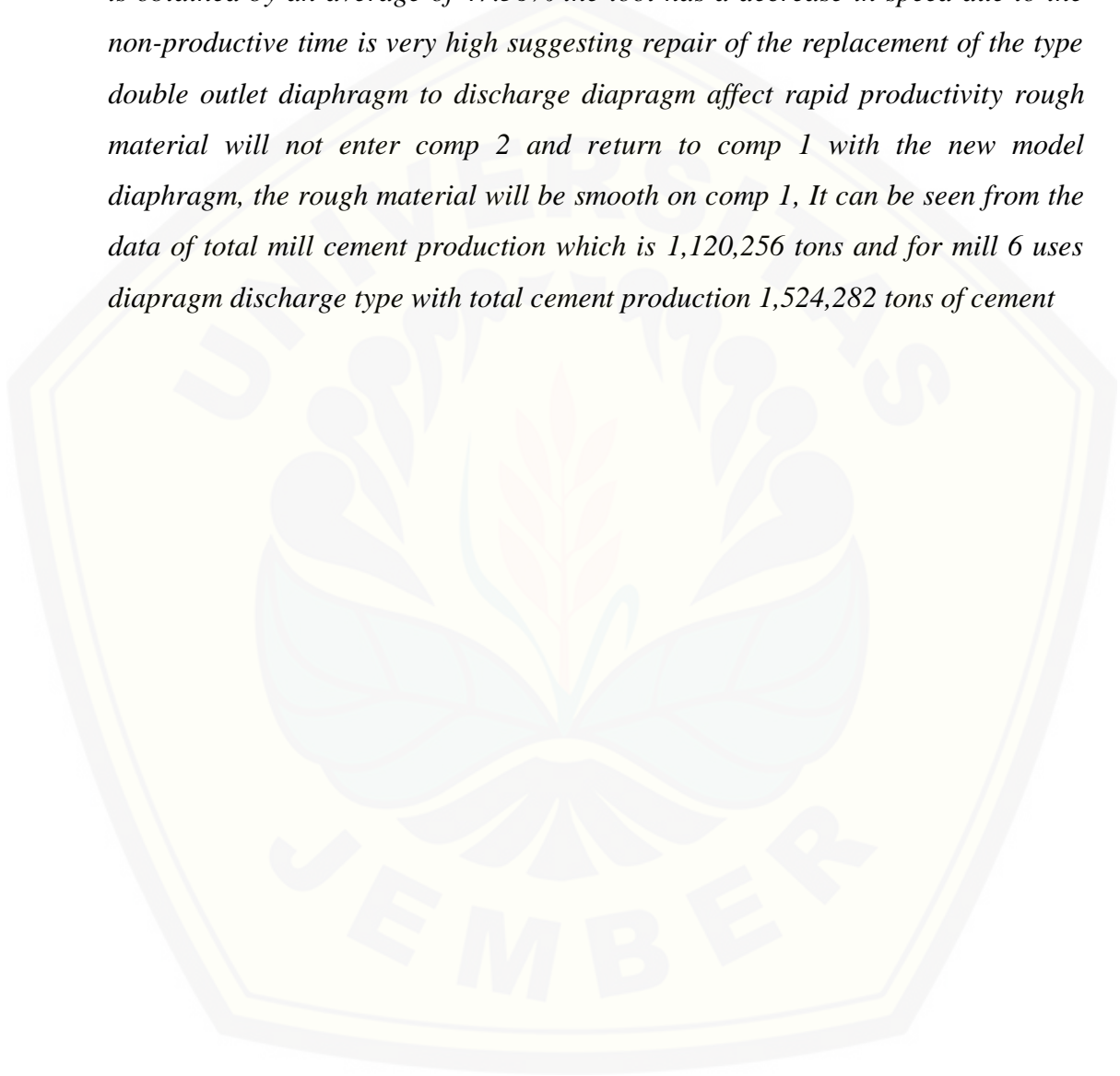
*Cement is one of the needs of a board that we cannot avoid, material used as various things for residential housing buildings multi-storey buildings, bridges, highways, airport runways, precast concrete manufacturing other products industries. Cement factories have been numerous and spread throughout Indonesia to meet Indonesia's development equality PT. XYZ is one of the holden companies.*

*The finish mill has 2 types of tools that are used as grinding, namely vertical mill (ok mill) and horizontal mill (ball mill) the two tools function as a final stage mill where the size of the material is still as large as sand in milled until smooth to become like flour. At the finish mill stage is not just milling but there is also a process of adding material for cement ie fly ash and trass for PCC (Portland Composite Cement) cement products*

*The Total Productive Maintenance (TPM) method is one of the systems used to maintain and improve the quality value of production through maintenance of equipment and work equipment such as machines. equipment and work tools (Jiwantoro, 2013) The measurement tool for the success of this TPM method is Overall Equipment Effectiveness (OEE) OEE is one of the measuring instruments that can find out whether the equipment can function properly so that it affects other processes. With the implementation of OEE, it can be seen that losses or losses caused by the engine experience production failure and a decrease in the level of production and measures of losses caused by product defects (ghaffar, 2018).*

*The results of the research on PT XYZ OEE value of ball mill machine number 1 with an average OEE value of 75.36%. This value shows that the*

*productivity of ball mill 1 machines in operating very far reaches the World Class standard because the value is less than 85%. based on the results of the six big losses to find out the biggest losses that cause a decrease in productivity in ball mill 1 machines during January to December 2018 the Reduce speed losses factor is obtained by an average of 47.56% the tool has a decrease in speed due to the non-productive time is very high suggesting repair of the replacement of the type double outlet diaphragm to discharge diaphragm affect rapid productivity rough material will not enter comp 2 and return to comp 1 with the new model diaphragm, the rough material will be smooth on comp 1, It can be seen from the data of total mill cement production which is 1,120,256 tons and for mill 6 uses diaphragm discharge type with total cement production 1,524,282 tons of cement*



## PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Metode *Total Productive Maintenance* (TPM) Untuk Menentukan Efektifitas *Ball mill*”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M, UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember
2. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dan Dosen Pembimbing Akademik
3. Bapak Hary Sutjahjono, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember
4. Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif
5. Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T., selaku pembimbing riset Magnified
6. Bapak Laily Budiono S.T selaku pembimbing pada PT Semen Indonesia
7. Bapak Ir Dwi Djumhariyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan bapak Bapak Ir Franciscus Xaverius Kristanta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota
8. Bapak Adib, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Danang yudistiro S. T ., M. T. selaku Dosen Penguji Anggota kedua
9. Staf dan pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember
10. Keluarga dan Saudara yang sering memberi motivasi
11. Teman – teman Grup Riset Magnified yang selalu membantu dalam pengerjakan skripsi serta grub ball mill magnified (sincan, andre, ableh)

12. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2014 dan Teknik Mesin UNESA angkatan 13 yang telah memberikan semangat untuk lulus
13. Teman – teman Kontrakan Brantas, Dheo, Gundul, brewok yang selalu memberikan motivasi untuk lulus
14. Teman – teman seluruh Kontrakan Taman Kampus C6 yang selalu memberikan semangat (Jupiter, rohman, fuad, firman, bocil, ableh, galuh)
15. Teman – teman seluruh Alih Jenjang 2017 yang membantu dalam perkuliahan dan skripsi
16. Teman – teman Grub cinta suci yakni mila, faris, wahyu, kiki, uul, fika, afin, ableh, novi, joko,anis yang selalu memberi dukungan
17. Teman – teman KKN tanah wulan dan warga tanah wulan yang selalu menyemangati untuk lulus
18. Konco sak lawase ido, rimsya

Jember, 16 juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIBINGAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Hipotesa .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Produksi Semen.....	5
2.2 Tipe – Tipe Semen.....	5
2.3 Alur Produksi.....	6
2.4 <i>Milling</i> .....	8
2.5 Tipe – tipe <i>Finish Mill</i> .....	9
2.5.1 <i>Vertical Mill</i> .....	9
2.5.2 <i>Horizontal Ball mill</i> .....	11

2.2.3 Mekanisme <i>Grinding</i> .....	15
2.6 Pemeliharaan <i>Maintenance</i> .....	16
2.6.1 Jenis – Jenis Pemeliharaan .....	16
2.6.2 Kegiatan <i>Maintenance</i> .....	18
2.6.3 Tujuan <i>Maintenance</i> .....	19
2.6.4 Manfaat <i>Maintenance</i> .....	20
2.7 <i>Total Productive Maintenance</i> .....	20
2.8 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	21
2.9 <i>Six big Losses</i> .....	24
2.10 Diagram <i>Parreto</i> .....	25
2.11 Diagram <i>Fishbone</i> .....	26
2.12 Penelitian Sebelum nya .....	27
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	28
3.2 Objek Penelitian.....	29
3.3 Prosedur Penelitian.....	29
3.4 Pengolahan Data.....	30
3.4.1 Tahapan Analisa Penelitian .....	30
3.5 Analisis dan Interpretasi Hasil.....	31
3.6 Kesimpulan dan Interpretasi Hasil .....	32
3.7 <i>Flow Chart</i> .....	33
<b>BAB 4. PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Pengumpulan data.....	34
4.1.1 Data Produksi <i>Mill 1</i> .....	35
4.1.2 Data <i>Downtime Mill 1</i> .....	36
4.2 Pengolahan Data .....	37
4.2.1 Perhitungan Data <i>Availability</i> .....	37
4.2.2 Perhitungan <i>Performance</i> .....	40
4.2.3 Perhitungan <i>Quality</i> .....	42
4.2.4 Perhitungan OEE .....	43
4.2.5 Perhitungan <i>Six Big Losses</i> .....	44

4.2.5.1 <i>Breakdown Losses</i> (BL).....	45
4.2.5.2 Perhitungan <i>Setup and Andjustment Losses</i> (SAL) .....	46
4.2.5.3 Perhitungan <i>Idle nad Stoppage Losses</i> (ISL) .....	47
4.2.5.4 Perhitungan <i>Reduce Speed Losses</i> (RSL).....	49
4.2.5.5 <i>Process Defect Losses</i> (PDL) .....	50
4.2.5.6 <i>Reduce Yield</i> (RYL).....	51
4.3 Analisa Diagram Parreto.....	51
4.4 Diagram <i>Fishbone</i> .....	53
4.5 Rekomendasi Perbaikan .....	55
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>62</b>



DAFTAR GAMBAR

	<b>halaman</b>
2.1 Alur Produksi Semen .....	6
2.2 <i>Vertical Mill</i> .....	9
2.3 <i>Horizontal Ball Mill</i> .....	11
2.4 <i>Horizontal Ball Mill</i> .....	12
2.5 <i>Grinding Ball</i> .....	13
2.6 <i>Liner</i> .....	14
2.7 <i>Diaphragm</i> .....	15
2.8 Elemen Dari <i>Preventive Maintenance</i> .....	17
2.9 Contoh Diagram Parreto .....	26
2.10 Contoh Diagram <i>Fishbone</i> .....	27
3.1 PT XYZ Tuban .....	28
3.2 Kantor Seksi Pemeliharaan Mesin <i>Finish Mill</i> .....	28
3.3 <i>Horizontal Ball mill (Tube Mill)</i> .....	29
3.4 Diagram Alir .....	33
4.1 Grafik <i>Availability Mill 1 2018</i> .....	40
4.2 Grafik <i>Performance Mill 1 2018</i> .....	42
4.3 Grafik <i>Oee Mill 1 tahun 2018</i> .....	44
4.4 Diagram Paretto Mesin <i>Ball Mill 1</i> .....	52
4.5 Diagram <i>Fishbone Mill 1</i> .....	53
4.6 <i>Double outlet diaphragm</i> .....	55
4.7 <i>Discharge diaphragm</i> .....	56

**DAFTAR TABEL**

	<b>halaman</b>
2.1 Standar Nilai OEE Dunia Masing-Masing Variabel .....	21
4.1 Data produksi <i>mill</i> 1 tahun 2018 .....	36
4.2 Data <i>total downtime mill</i> 1 tahun 2018 .....	37
4.3 Data <i>availability mill</i> 1 tahun 2018 .....	39
4.4 Data <i>performance mill</i> 1 tahun 2018.....	41
4.5 Data OEE <i>mill</i> 1 tahun 2018.....	43
4.6 Data <i>breakdown losses mill</i> 1 tahun 2018 .....	45
4.7 Data <i>setup and adjustment losses mill</i> 1 tahun 2018.....	47
4.8 Data <i>idle and stoppage losses mill</i> 1 tahun 2018 .....	48
4.9 Data <i>reduce speed losses mill</i> 1 tahun 2018.....	50
4.10 Analisa <i>six big losses</i> .....	51
4.11 Tabel produksi <i>mill</i> 1 .....	57
4.12 Tabel produksi <i>mill</i> 6 .....	57

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Semen merupakan salah satu kebutuhan papan yang tidak bisa kita hindari, material yang digunakan sebagai berbagai hal untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, jembatan, jalan raya, landasan bandar udara, pembuatan beton pracetak, dan pratekan, dan industri produk-produk lainnya. Pabrik semen sudah banyak dan menyebar di seluruh Indonesia untuk memenuhi pemerataan pembangunan Indonesia. PT. XYZ adalah salah satu perusahaan holden yang menaungi beberapa perusahaan semen yakni PT. Semen Padang, PT. Semen Gresik, PT. Semen Tonasa dan PT. Thang Long Cement Vietnam. PT. XYZ mempunyai 3 jenis produk yang berbeda yaitu OPC( *Ordinary Portland Cement*) PPC (*Pozzoland Portland Cement*), PCC (*Portland Composite Cement*). Pada pabrik PT. XYZ terdapat 5 proses untuk menjadikan produk semen yaitu penyediaan bahan mentah, penggilingan material, pembakaran, penggilingan akhir, pengemasan. Permasalahan yang sering terjadi yakni pada penggilingan akhir sering kali mengalami kerusakan hal itu dapat mengalami yakni *downtime*, dan *downtime* juga mengurangi sebuah keefektifitas kinerja alat penggilingan itu juga.

Penggilingan akhir (*finish mill*) terdapat 2 macam alat yang digunakan sebagai menggiling yakni *vertical mill (ok mill)* dan *horizontal mill (ball mill)* kedua alat tersebut berfungsi sebagai penggilingan tahap akhir dimana ukuran material masih sebesar pasir di giling sampai halus hingga ukuran 200 mesh. Pada tahap *finish mill* bukan hanya penggilingan saja tetapi juga terdapat proses penambahan material untuk semen yakni *fly ash* dan *trass* untuk produk semen PCC(*Portland Composite Cement*). Jika pada proses penggilingan dan pencampuran material mengalami kerusakan maka tahap proses akhir akan mengalami pengurangan proses produksi, untuk mendapatkan produksi yang cepat dilakukan penambahan *mill* dari *mill* nomer 1 hingga 9 untuk nomer 1

sampai 6 adalah *mill* yang berjenis *horizontal mill* dan 7 sampai 9 berjenis *vertical mill*, untuk *mill* 1. *Mill* 1 adalah *mill* pertama kali di bangun pada tahun 1970 dan diresmikan oleh Presiden Suharto, tentunya *mill* 1 sering terjadi *downtime* yang lama dari pada waktu produksinya dengan faktor mesin yang tua dan beroperasi 24 jam juga.

Permasalahan yang sering dijumpai alat ini yakni perihal *downtime machine* dimana alat tersebut mengalami penghentian sesaat sehingga menurunkan nilai efektifitas dan menghambat kelancaran produksi juga menurunkan nilai produktifitas tersebut maka dari itu yang dilakukan adalah meminimasi *downtime machine*. Untuk meminimasi *downtime machine* dilakukan upaya dengan cara mengatur sistem perawatan dan pemeliharaan untuk alat produksi tersebut, diharapkan dengan adanya sistem perawatan dan pemeliharaan yang baik dan benar dapat meningkatkan nilai efektifitas dan kerugian yang dihasilkan mesin dapat diminimalkan atau di hilangkan. Efektivitas yakni salah satu dari nilai ukuran perbandingan jumlah dari nilai produk yang diproduksi sepanjang waktu dalam periode tertentu terhadap nilai kapasitas teoritis (Jiwantoro dkk, 2013), Tingkat nilai produktivitas dari suatu mesin dapat ditunjukkan dari nilai efektifitas dari mesin itu. Karena itu untuk meningkatkan nilai efektifitas dan kualitas dari mesin itu maka diperlukan perawatan dan pemeliharaan yang tepat dan benar, untuk dapat mengukur nilai efektifitas mesin dan dibutuhkan sebuah analisis efektifitas menggunakan metode yang ada

Metode *Total Productive Maintenance* (TPM) yakni salah satu sistem yang dipergunakan memelihara dan meningkatkan nilai kualitas dari produksi yang melalui perawatan perlengkapan dan peralatan kerja seperti mesin, *equipment* dan alat-alat kerja (Jiwantoro, 2013). Alat ukur keberhasilan metode TPM ini yakni *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), OEE ini yakni salah satu alat ukur yang dapat mengetahui apakah peralatan dapat berfungsi dengan baik sehingga mempengaruhi proses lainnya. Dengan penerapan OEE ini dapat diketahui kerugian atau *losses* yang diakibatkan mesin mengalami gagal produksi dan penurunan tingkat produksi serta ukuran kerugian *losses* yang diakibatkan oleh cacat produk .

Dengan penelitian ini dapat mengetahui nilai OEE dari *mill* 1 tersebut dan menerapkan saran perbaikan untuk menunjang produktivitas yang tinggi

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan analisa nilai *Total Productive Maintenance (TPM)* dari *ball mill* dengan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dan menentukan *downtime* yang paling tinggi serta menerapkan saran perbaikan untuk mengurangi kerugian tersebut

## 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai OEE terhadap produktivitas *ball mill* nomor satu
2. Menghitung *six big losses* untuk mengidentifikasi kerugian paling tinggi
3. Dapat menerapkan saran perbaikan kedepannya menunjang produktivitas yang tinggi

### 1.3.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Dapat mampu mengetahui nilai dari OEE produktivitas *ball mill* nomor satu
2. Dapat mampu mengetahui kerugian yang sering terjadi pada alat *ball mill*
3. Menambah produktivitas *ball mill* dengan saran perbaikan serta wawasan untuk kedepannya

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan ini memiliki batasan yang diterapkan oleh peneliti dengan tujuan agar penelitian yang dilakukan fokus pada tujuan yang akan dicapai dan menjawab permasalahan penelitian. Adapun batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Total Productive Maintenance* (TPM) dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai alat ukurnya
2. Penelitian ini tidak menghitung dari segi biaya
3. Data yang dipakai selama 1 tahun 1 Januari – 31 Desember 2018
4. Alat yang di teliti hanya *mill 1* berjenis *horizontal mill (ball mill)*
5. *PT Semen Indonesia (persero) Tbk* disamakan menjadi *PT XYZ*

### 1.5 Hipotesa

Banyak nya prosentase *downtime* akan mengurangi total produksi dan waktu produksi mesin pada mesin *ball mill* nomor 1 sehingga akan berdampak nilai OEE yang rendah juga.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Produksi Semen

Semen merupakan bahan bangunan yang di gunakan untuk membangun gedung, rumah serta infrastruktur lainnya, semen setiap tahun nya kapasitas produksi semakin meningkat seiring bertambahnya tahun. pada Agustus 1957 produksi semen pertama dengan kapasitas terpasang 250.000 ton pertahun. PT. XYZ memiliki 4 pabrik dengan kapasitas total 13,1 juta ton pertahun nya(Dewi, 2016) PT XYZ merupakan jenis perusahaan manufaktur dimana perusahaan tersebut bergerak dibidang produksi semen, karena semen merupakan suatu produk yang sangat dibutuhkan dalam pembangunan infrastruktur, oleh karena itu dibutuhkan semen yang berkualitas baik. Hal ini memungkinkan produsen untuk memproduksi semen yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan konsumen agar konsumen terpuaskan.

### 2.2 Tipe - tipe Semen

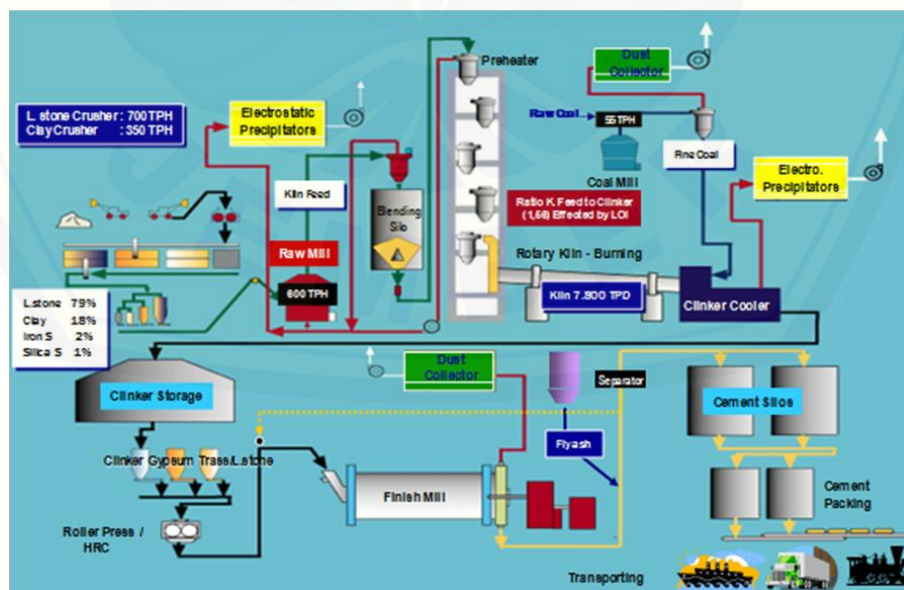
Tipe tipe semen yang di produksi oleh PT XYZ berdasar kan jenis nya dan fungsi nya :

- a. Semen Portland Tipe I. Dikenal pula sebagai *ordinary Portland Cement* (OPC), merupakan semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum, seperti konstruksi bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, antara lain: bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya.
- b. Semen Portland Tipe II. Di kenal sebagai semen yang mempunyai ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Misalnya untuk bangunan di pinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, beton massa dan bendungan.
- c. Semen Portland Tipe III. Semua jenis ini merupakan semen yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal yang tinggi setelah proses pengecoran dilakukan dan

memerlukan penyelesaian secepat mungkin. Misalnya digunakan untuk pembuatan jalan raya, bangunan tingkat tinggi dan bandar udara.

- d. *Semen Portland Tipe V*. Semen jenis ini dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan pada tanah/air yang mengandung sulfat tinggi dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir.
- e. *Special Blended Cement (SBC)*. Semen khusus yang diciptakan untuk pembangunan mega proyek jembatan Surabaya-Madura (Suramadu) dan cocok digunakan untuk bangunan di lingkungan air laut. Dikemas dalam bentuk curah.
- f. *Portland Pozzolan Cement (PPC)*. Semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling terak, gipsum dan bahan *pozzolan*. Digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Misalnya, jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, bangunan irigasi dan fondasi pelat penuh. (Sumber: Situs web resmi PT XYZ)

### 2.3 Alur Produksi



Gambar 2.1 Alur produksi semen (sumber: PT XYZ)



a. *Quarry*

Pembuatan semen menggunakan bahan baku utama batu kapur dan tanah liat yang diambil dari proses penambangan di *Quarry* milik Perseroan. Penambangan batu kapur dilakukan dengan cara peledakan dan *Surface Minner*, sedangkan untuk memperoleh tanah liat dilakukan dengan cara pengerukan. Selanjutnya batu kapur dan tanah liat diangkut ke *Crusher* dengan *Dump Truck*.

b. *Crusher*

Batu kapur dan tanah liat dikecilkan dari ukuran 1 m ke 50 cm untuk *crusher* kedua dari 40 ke 200 mm di *Crusher* untuk kemudian disimpan di *Stock Pile (storage)*.

c. *Storage*

Bahan baku yang didapat dari proses penambangan (batu kapur dan tanah liat) akan ditampung di dalam *storage* untuk selanjutnya dilakukan proses prehomogenisasi yang disebut *reclaimer*. Proses prehomogenisasi di *reclaimer* adalah proses yang sangat penting untuk menjamin kualitas dari produk yang dihasilkan baik dari *raw mill* hingga produk akhir, yaitu semen.

d. *Raw Mill*

Dari *Stock Pile* dimasukkan ke *raw mill* ditambahkan pasir besi dan pasir silika untuk digiling dan dikeringkan menjadi *Raw Meal*. *Raw Meal* atau tepung baku adalah bahan baku untuk pembuatan terak (*Clinker*). *Raw Meal* berbentuk seperti *powder* yang mempunyai kehalusan tertentu. *Raw mill* mempunyai sifat fisika dan sifat kimia tertentu yang digunakan sebagai kontrol kualitas produk. Sifat kimia digunakan sebagai pengatur proporsi bahan-bahan yang akan diumpangkan ke dalam proses. *Raw mill* dihasilkan dari sebuah sistem peralatan yaitu *raw mill Plant* yang terdiri dari alat-alat utama, sistem transport dan alat-alat separasi untuk kemudian disimpan di *raw mill Silo*.

e. Pemanasan dan Pembakaran (*Kiln*)

*Raw Mill* yang disimpan dalam CF Silo digunakan sebagai Umpan *Kiln* (*Kiln Feed*) akan mengalami beberapa tahap proses sebelum akhirnya menjadi klinker kemudian melalui sistem pendinginan dan melalui alat transport untuk disimpan di *Klinker Silo*. Proses pembakaran menggunakan bahan bakar batu bara yang telah digiling dan dikeringkan melalui *coal mill*. *Klinker* sebagian digunakan ke *cement mill*.

f. Penggilingan Klinker (*Cement Mill*)

*Klinker* yang ditranspor dari *Klinker Silo* digiling di *Cement Mill* dengan menambahkan Gypsum dan bahan ke-3. Proses penggilingan semen ini merupakan tahapan dimana kita akan mendapatkan semen seperti yang di pasar. Material ini bersama-sama diumpankan ke semen *mill* kemudian mengalami proses penggilingan dan produknya berupa semen OPC Tipe I dan PCC. Setelah didapat semen yang berkualitas maka semen tersebut disimpan melalui semen silo kemudian ditranspor ke bin semen melalui *air slide*, *belt conveyor*, dan *vibrating screen*. Keluaran dari semen silo berupa semen curah sebagian dijual dalam bentuk semen curah dengan alat transpor berupa mobil kapsul dan gerbong kereta kapsul

g. Pengantongan Semen (*Packing Plant*)

*Packing plant* adalah sebuah kombinasi mesin dari alat transpor sampai ke *packer*. *Packer* berfungsi untuk melakukan pembungkusan atau pengepakan semen bungkus atau zak dan timbangan berat yang ditetapkan. *Packer* merupakan unit terakhir dari proses produksi dari suatu pabrik semen dimana produk *packer* yang telah dikemas berupa semen zak, 50 kg, big bag 1 ton untuk dipasarkan di seluruh Indonesia

## 2.4 Milling

*Mechanical alloying* yakni proses pencampuran serbuk antaran lain penghancuran serbuk pada *ball mill* akan menghasilkan ukuran partikel

sebelumnya menjadi partikel kecil dari hasil tumbukan antar bola. Untuk proses sebenarnya *mechanical alloying* yakni terciptanya dari pencampuran bahan serbuk dan medium gerinda.

Campuran tersebut di *milling* dengan beberapa waktu yang lama maka akan terjadi perubahan frekuensi ukuran partikel, untuk proses *milling* dapat dipengaruhi oleh *variable* dari *milling* tersebut, bahan baku yang akan di *milling* dan tipe *milling* yang digunakan (Septiyan , 2010).

## 2.5 Tipe - tipe *Finish Mill*

Banyak tipe tipe berbeda dari *milling*, untuk perbedaan *milling* ada dari segi efisiensi *milling* dan kapasitas *milling*. Ini macam macam tipe dari *milling* tersebut.

### 2.5.1 *Vertical Mill*



Gambar 2.2 *Vertical mill* (setiyana, 2007:60)

Cara kerja *vertical mill* ini terdiri dari *roller* yang memiliki bentuk *roller grinding* yang dapat menghasilkan kehalusan yang baik dan pada bagian atasnya

terdapat *classifying part* dari baling-baling berputar tipe separator dengan bagian dalam berbentuk kerucut. Material yang telah dipisahkan dan ditransportasikan dengan tipe *belt* tertutup diumpankan pada ruangan tertutup ditengah-tengah mill. Material yang akan digiling sekali melewati *roller mill* akan dibawa oleh gaya sentrifugal yang dihasilkan dari putaran table dan digiling, dikeringkan dan dibawa oleh aliran gas yang naik dari *nozzle* diluar *table* sehingga dapat memasuki *separator* pada *mill* bagian dalam. *Separator* memisahkan partikel kasar dari material yang akan digiling dan mengeluarkan partikel halus sebagai produk sepanjang aliran gas dan ditangkap oleh *Dust Collector* (*Electrostatic Precipitator*) (Setiyana, 2007:62)

Partikel kasar jatuh pada bagian dinding kerucut dibagian dalam *mill* dan kembali ketengah *table* untuk digiling kembali. Disisi lain partikel kasar yang tidak dapat ditiup oleh *nozzle* untuk naik keruang penggilingan akan dikeluarkan dari *mill*. Material kasar yang dikeluarkan termasuk besi dikembalikan kedalam *mill* dan digiling kembali

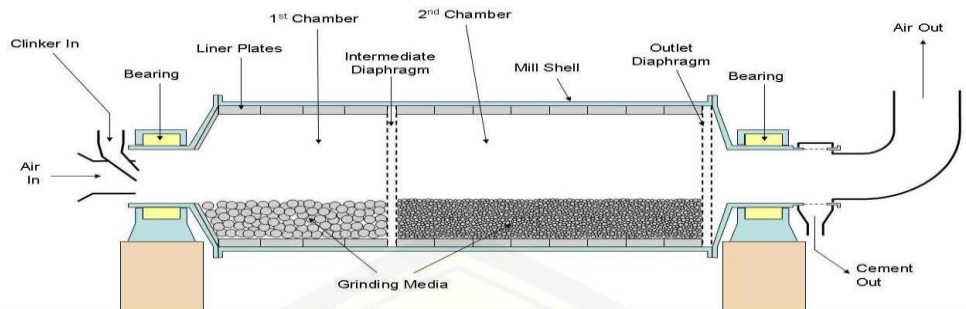
*Roller* kemudian menekan dan berputar karena putaran *table* sehingga memungkinkan penggilingan material secara berkelanjutan. Bantalan dari *roller* dilengkapi dengan sistem sirkulasi pelumasan bertekanan dari unit pelumasan oli. Gaya utama dari *vertical mill* dihasilkan dari motor elektrik dimana setelah memutar *table* gaya tersebut dipindahkan melewati material yang digiling ke *roller*.

### 2.5.2 Horizontal Ball Mill



Gambar 2.3 horizontal *ball mill* (Kartikasari, 2007:19)

Horizontal *mill* terdiri atas 2 (dua) *chamber/ruang*, *Chamber 1* untuk pengeringan dan *coarse grinding* atau penggilingan kasar dan *Chamber 2* untuk penggilingan halus. Proses penghalusan/penggilingan *raw material* menggunakan *grinding media* yang berupa *grinding ball* yang memiliki ukuran diameter yang bervariasi, *grinding ball* berbentuk bola yang terbuat dari material yang tersusun atas unsur C (karbon), Cr (Kromiun) dan Mo (Molibdenum), dengan komposisi yang berbeda – beda sesuai dengan ukuran diameter *grinding ball* nya. Selain itu didalam *horizontal mill* juga terdapat *Liner* yang berfungsi untuk melindungi permukaan bagian dalam *mill* dari *grinding media/ grinding ball*, *liner* juga berfungsi untuk mengangkat *grinding ball* untuk menghasilkan efek tumbukan/*impact* dan efek penggerusan pada material, sehingga dihasilkan material yang halus.



Gambar 2.4 *Horizontal ball mill*

*Ball Mill* terdiri dari dua kompartemen dimana masing-masing kompartemen mempunyai ukuran bola yang berbeda yaitu :

a. Kompartemen I

Panjang 2,5 m berisi bola-bola logam berdiameter 60 – 90 mm, berfungsi sebagai penggiling material kasar menjadi material agak halus.

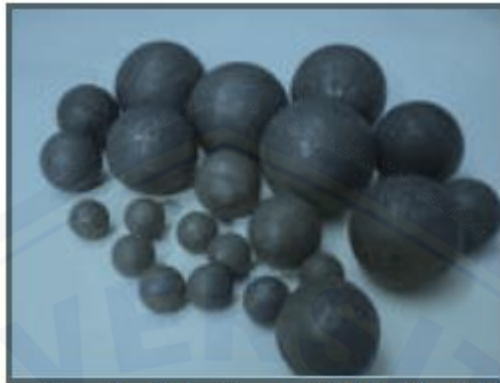
b. Kompartemen II

Panjang 10,5 m berisi bola-bola logam berdiameter 15 – 50 mm, berfungsi sebagai penggiling material setengah halus menjadi halus. Antara kedua kompartemen tersebut terdapat semacam sarangan atau sekat yang berfungsi sebagai penyaring material yang sudah agak halus dan mencegah bercampurnya bola-bola logam yang ada di kompartemen I dan II.

2.5.2.1 *Media horizontal mill*

Dalam penggilingan *horizontal mill* diperlukan media media untuk menggiling dan berikut adalah media untuk menggiling:

a. *grinding ball*



Gambar 2.5 *Grinding ball* (sumber: Arma dkk. 2007)

*Grinding ball* merupakan bola gerus yang digunakan dalam proses pembuatan semen. Komponen ini disyaratkan mempunyai karakteristik keras dan tangguh serta tahan terhadap korosi (Nugroho, 2010). Penggunaan *grinding ball* dalam proses *crusher* dan *cement mill*. *Crusher* digunakan untuk menghancurkan dan menggiling bahan baku semen seperti kapur, silikat, alumina, dan besi oksida yang masih berbentuk bongkahan batu berukuran besar sedangkan *cement mill* digunakan pada proses *finishing* pembuatan semen (Arma dkk, 2007).

*Grinding ball* impor berdiameter 30 mm dan 40 mm ditunjukkan pada Gambar 2.5. Bahan yang sesuai dan memenuhi persyaratan *grinding ball* diantaranya adalah logam yang mengandung unsur *ferrous* (Fe) yaitu besi atau baja. Besi atau baja mempunyai sifat yang sangat lunak hingga sangat keras serta memiliki sifat mampu bentuk yang baik dalam proses pengecoran (Arma dkk, 2007). Material *grinding ball* disyaratkan berkarakteristik keras, tahan aus, tangguh (tidak mudah pecah) serta tahan korosi. Saat ini, ( Arma dkk, 2007)

b. *Liner*



Gambar 2. 6 *Liner* (sumber: PT. XYZ tuban)

Tujuan pemasangan *liner* adalah untuk melindungi *shell* dari bentura bola penggiling

Ada beberapa jenis *Liner*, antara lain :

- 1) *Lifting liner* yaitu *liner* yang berada pada *chamber 1*, yang mengangkat *grinding ball* untuk menghasilkan efek tumbukan pada material
- 2) *Classifying liner* yaitu *liner* yang berada pada *chamber 2*, yang mengangkat *steel ball* untuk menghasilkan efek penggerusan pada material
- 3) *Mill head Liner* yaitu *liner* yang berada pada bagian input *horizontal mill (tube mill)* untuk melindungi dinding bagian dalam *horizontal mill(tube mill) mill* dari tumbukan *steel ball*
- 4) *Slot plate* dan *Blind plate liner* yaitu *liner* yang berada pada *intermediate diafragma* dan *output Horizontal mill(tube mill)*, yang berfungsi untuk memisahkan material yang kasar dan material halus yang dibawa oleh aliran gas panas.



c. *Diaphragm*



Gambar 2.7 *Diaphragm*

yang berfungsi untuk menahan media *grinding* agar tidak bercampur antara ukuran yang besar dan ukuran yang kecil dan juga bersifat menyaring material, memisahkan material semen yang kasar serta yang halus.

### 2.5.3 Mekanisme Grinding

Partikel yang berukuran besar pada dasarnya adalah gabungan dari partikel – partikel kecil yang terikat oleh adanya energi molekuler. Jadi pada hakikatnya proses penggilingan adalah suatu energi untuk melawan energi molekuler tersebut, sehingga partikel – partikel kecil dapat dipisahkan. Energi ini dihasilkan oleh gerakan grinding media di dalam *horizontal mill (tube mill)* akibat energi yang diberikan oleh motor kepada *horizontal mill (tube mill)*. Tapi tidak semua energi yang diberikan oleh motor digunakan untuk penggilingan. Proses – proses penggilingan yang terjadi di dalam *tube mill* antara lain :

- a. *Crushing*, dilakukan oleh energi tumbukan terhadap partikel – partikel yang besat.

- b. *Coarse Grinding*, dilakukan oleh sebagian energi gesekan terhadap partikel – partikel yang agak kasar.
- c. *Fine grinding*, dilakukan oleh energi gesekan terhadap partikel – partikel yang kecil menjadi partikel – partikel yang lebih halus.

## 2.6 Pemeliharaan (*Maintenance*)

*Maintenance* atau perawatan secara umum merupakan suatu tindakan untuk melakukan perawatan pada suatu sistem dan komponen sehingga dapat berjalan dengan baik. Tindakan perawatan memiliki tujuan dalam pelaksanaan tugasnya, berikut tujuan dilakukannya perawatan (Corder,1988).

- a. Memperpanjang penggunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
- b. Menjaga tingkat ketersediaan yang optimal pada sistem dan komponen yang digunakan, dalam hal mendapat laba investasi yang maksimal.
- c. Menjamin kesiapan operasional dari sistem dan komponen jika diperlukan dalam kondisi yang darurat.
- d. Menjamin keselamatan dan kesehatan pengguna yang menggunakan sistem atau operator dalam melaksanakan kerjanya.

### 2.6.1 Jenis – Jenis Pemeliharaan

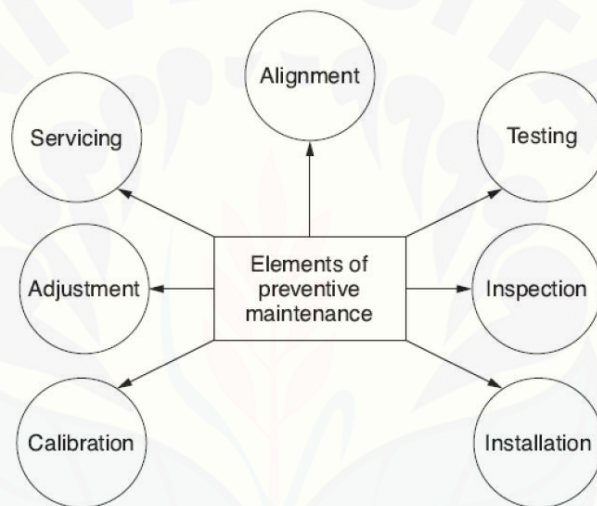
Perawatan secara umum dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, walaupun beberapa ahli mampu mengklasifikasikan macam-macam perawatan menjadi enam jenis. Berikut klasifikasi umum dari perawatan.

#### a. *Corrective Maintenance*

*Corrective maintenance* merupakan suatu tindakan perawatan yang dilakukan secara terjadwal dan terencana. Perawatan *corrective* berupa pembongkaran, perbaikan dan pemasangan. Tindakan perawatan ini berdasarkan tingkat kelayakan waktu operasi. Jenis perawatan ini biasa dilakukan di pabrik gula dan pada waktu di luar masa giling.

b. *Preventive Maintenance*

*Preventive maintenance* atau perawatan pencegahan merupakan tindakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kegagalan. Perawatan ini dilakukan secara terjadwal. Perawatan ini dilakukan dengan tujuan untuk menjaga keandalan sistem dan komponen agar tetap pada kondisi optimal dan memperpanjang umur pakai dari sistem dan kompoen tersebut. Tindakan perawatan *preventive* berupa pengecekan, pembersihan kotoran, dan pemberian pelumasan.



Gambar 2.8 Elemen dari *preventive maintenance*

(sumber :Engineering Maintenance, B.S. Dhillon, Ph.D.)

- 1) *Inspection*: melakukan tindakan inspeksi secara berkala pada komponen pendukung suatu sistem untuk menentukan kemampuan servisnya dengan membandingkan sifat fisik, elektrikal, mekanik dan lainnya dengan standar yang diinginkan.
- 2) *Servicing*: melakukan tindakan pembersihan, pelumasan, pengisian daya, pemeliharaan dan lainnya, pada komponen pendukung suatu sistem secara berkala untuk mencegah terjadinya kegagalan.

- 3) *Calibration*: mengatur akurasi dari komponen atau sistem dengan cara membandingkan dua instrument dimana salah satu instrument telah tersertifikasi akurat.
- 4) *Testing*: tindakan pengecekan secara berkala untuk menentukan tingkat servicenya dan mendeteksi komponen yang perlu diganti.
- 5) *Alignment*: melakukan perubahan pada komponen tertentu dengan tujuan mencapai tingkat peforma yang optimal.
- 6) *Adjustment*: tindakan penyesuaian secara berkala pada komponen tertentu dengan tujuan mencapai tingkat peforma yang optimal.
- 7) *Installation*: tindakan penggantian pada komponen dengan umur operasi terendah.

c. *Breakdown Maintenance*

*Breakdown maintenance* merupakan tindakan perawatan yang dilakukan tanpa adanya jadwal dan rencana. Jadi jenis perawatan ini dilakukan ketika sistem atau komponen telah terjadi kerusakan. Kerusakan atau kegagalan ini terjadi mendadak saat mesin sedang beroperasi.

### **2.6.2 Kegiatan Maintenance**

Adapun kegiatan yang dilakukan selama melakukan perbaikan antara lain (Arifianto, 2018) :

Inspeksi (*inspection*), yaitu kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala dimana maksud kegiatan ini adalah untuk mengetahui apakah perusahaan selalu mempunyai peralatan atau fasilitas produksi yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi.

Kegiatan teknik (*engineering*), yaitu kegiatan ini meliputi kegiatan percobaan atas peralatan yang baru dibeli, dan kegiatan-kegiatan pengembangan peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan pengembangan tersebut.

Kegiatan produksi (*Production*), yaitu kegiatan ini merupakan kegiatan pemeliharaan yang sebenarnya, yaitu merawat, memperbaiki mesin-mesin dan peralatan.

Kegiatan administrasi (*Clerical Work*), yaitu pekerjaan administrasi ini merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan dan biaya-biaya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan, komponen (*spareparts*) yang dibutuhkan, laporan kemajuan (*progress report*), waktu dilakukannya inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan tersebut, komponen (*spareparts*) yang tersedia di bagian pemeliharaan.

Pemeliharaan bangunan (*housekeeping*), yaitu kegiatan ini merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya.

### **2.6.3 Tujuan Maintenance**

Tujuan dari kegiatan pemeliharaan (*Maintenance*) adalah sebagai berikut (Haryono, 2016) :

- a. Memungkinkan tercapainya kualitas produksi dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan dan pengoprasian mesin dengan tepat.
- b. Meningkatkan umur kegunaan sistem.
- c. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
- d. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan *service* dan perbaikan.
- e. Memaksimalkan produksi dari sumber yang ada.
- f. Meminimalkan gangguan terhadap proses operasi.
- g. Menyiapkan segala sesuatu penunjang pengerjaan tugas perawatan.

#### 2.6.4 Manfaat *Maintenance*

Adapun manfaat yang diperoleh ketika adanya proses pemeliharaan (*maintenance*) (Haryono, 2016) :

- a. Perbaikan yang dilakukan terus menerus penting dilakukan agar menunjang proses produksi ketika mesin beroperasi.
- b. Memperpanjang jangka waktu penggunaan mesin produksi
- c. Peningkatan kapasitas produksi karena adanya perbaikan terus menerus maka tidak akan ada kemacetan produksi, sehingga meningkatkan kapasitas produksi.
- d. Dapat mengurangi persediaan bahan baku, karena tidak ada penumpukan bahan baku dalam proses produksi akibat kegagalan dari mesin.
- e. Dapat menekan terdapatnya kerusakan besar dalam mesin produksi saat beroperasi.
- f. Biaya operasional lebih rendah dikarenakan meningkatnya kapasitas produksi yang disertai dengan jumlah persediaan bahan baku yang rendah.
- g. Dengan adanya perawatan terus menerus akan mengakibatkan produktivitas tinggi, karena dengan biaya operasional yang rendah mengakibatkan tidak adanya masalah dalam proses produksi.

#### 2.7. *Total Productive Maintenance*

*Total Productive Maintenance (TPM)* adalah sebagai suatu sistem perawatan yang melibatkan unsur di dalam perusahaan. Menurut Nakajima (1984) *Vice Chairman of the Japan Institute of Plant Maintenance* TPM didefinisikan sebagai suatu pendekatan yang inovatif dalam *maintenance* dengan cara mengoptimasi keefektifan mesin, mengurangi kerusakan mendadak (*breakdown*), dan melakukan *autonomous operator maintenance*. *Autonomous operator*

*maintenance* atau biasa disebut AM adalah sebuah perawatan yang dilakukan operator dari peralatan dalam memberikan kontribusi terhadap peningkatan dari efektifitas mesin. Pengertian TPM meliputi beberapa unsur pendukung yakni :

- a. TPM bertujuan untuk meningkatkan effektivitas kerja dari suatu mesin produksi.
- b. TPM diterapkan oleh semua departemen perusahaan.
- c. TPM melibatkan semua unsur pekerja di dalam perusahaan.
- d. TPM dapat membentuk *preventive maintenance* yang bergua sebagai pertahanan perusahaan.
- e. TPM seharusnya mampu dikerjakan oleh unsur kecil dari perusahaan secara mandiri.

### 2.8 Overall equipment Effectiveness

*OEE* adalah suatu nilai yang disajikan dalam bentuk rasio antara output actual dibagi dengan ouput maksimum dari peralatan yang digunakan dalam kondisi kinerja terbaik. *OEE* bertujuan untuk menghitung effektivitas dan performansi dari suatu mesin atau proses produksi. Dengan menghitung *OEE*, maka dapat diketahui 3 variabel penting yang mempengaruhi effektivitas mesin yaitu *availability* atau ketersediaan mesin, *performance rate* atau efisiensi produksi, dan *Quality rate* atau kualitas *output* mesin. Standar dunia untuk masing – masing faktor berbeda – beda. Berikut adalah standar dunia dari masing – masing variabel pada Tabel 2.1 (Seiichi Nakajima, 1984):

Tabel 2.1 Standar Nilai OEE Dunia Masing-Masing Variabel (Sumber : Seiichi Nakajima, 1984)

<i>Availability</i>	90%
<i>Peformance</i>	95%
<i>Quality Rate</i>	99%
<i>Overall Equipment Maintenance</i>	85%

$$OEE = \textit{Availability} \times \textit{Performance} \times \textit{Quality} \quad (2.1)$$

Untuk menghitung nilai dari OEE maka perlu diketahui nilai masing – masing variabel tersebut.

Hubungan antara tiga variabel di atas dapat dituliskan rumus sebagai berikut (Nakajima, 1984) :

a. *Availability*

Adalah suatu ukuran yang menyatakan efektivitas peralatan pada saat peralatan produksi dalam keadaan beroperasi. Dalam perhitungan *availability* mempertimbangkan kejadian yang dapat menghentikan proses produksi. Untuk menghitung nilai *availability* digunakan rumus sebagai berikut :

$$\textit{Availability} = \frac{\textit{waktu loading(jam)} - \textit{downtime(jam)}}{\textit{Operation Time(jam)}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\textit{Loading Time} = \textit{Running Time (Jam)} - \textit{Planned Downtime (Jam)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Waktu loading : waktu yang tersedia (*availability*) per hari atau per bulan di kurang dengan waktu *downtime* direncanakan (*planned downtime*)

$$\textit{Operating time} = \textit{Loading Time (Jam)} - \textit{Downtime (Jam)} \dots\dots\dots (2.4)$$

*Operation time* merupakan hasil pengurangan loading dengan waktu *down time* (*non operation time*), dengan kata lain *operating time* adalah waktu operasi tersedia (*availability time*) setelah waktu *downtime* mesin dikeluarkan dari *total availability time* yang di rencanakan

*Downtime* adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin/peralatan (*equipment failures*)



mengakibatkan tidak ada output yang di hasilkan *downtime* meliputi mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin/peralatan , penggantian cetakan (*dies*), pelaksanaan prosedur *set-up* dan *adjustment* dan lain lainnya.

#### b. *Performance*

Digunakan untuk mengukur suatu efektifitas dari suatu peralatan produksi pada saat peralatan beroperasi dengan mempertimbangkan faktor yang menyebabkan mesin produksi tidak sesuai dengan spesifikasi peralatan yang digunakan. Untuk menghitung nilai *peformance* dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Performance = \frac{\text{Jumlah produksi(ton)} \times (\text{ideal cycle time}) (\text{jam})}{\text{Operation Time}(\text{jam})} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

*Ideal cycle time* = kecepatan ideal mesin berdasarkan kapasitas mesin sebenarnya  
Untuk mendapat kan waktu *idle cycle time* dibutuhkan waktu siklus dan presentase jam kerja

$$ideal\ cycle\ time = \text{waktu siklus}(\text{cycle time})(\text{jam}) \times \text{prosentase kerja}.. (2.6)$$

$$presentasi\ jam\ kerja = \left( 1 - \frac{\text{total downtime} (\text{jam})}{\text{Running time} (\text{jam})} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Selanjutnya menghitung nilai waktu siklus dengan cara *loading time* dibagi dengan produk yang di proses, *loading time* dihasilkan dari *running time* dikurangi dengan *planned downtime*. Rumus waktu siklus sebagai berikut (Sumber Endang Pudji, 2017) :

$$\text{waktu siklus}(\text{cycle time}) = \frac{\text{loading time}(\text{jam})}{\text{jumlah produksi} (\text{ton})} \dots\dots\dots (2.8)$$

#### c. *Quality Rate*

Digunakan mengukur nilai efektivitas dari proses produksi, rumus yang digunakan untuk mengukur nilai dari *Quality Rate* adalah :

$$Quality = \frac{\text{Jumlah produksi(ton)} - \text{Produk Defect (ton)}}{\text{Operation Time (jam)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Produk *defect* : produk yang tergolong cacat atau rusak

## 2.9 Six Big Losses

Proses produksi selalu mempunyai *losses* dan mempengaruhi keefektifitasan suatu alat, dan *losses* tersebut di golongkan menjadi 6 yaitu:

### a. *Equipment Failure Losses*

adalah peralatan yang berhenti secara tiba - tiba tanpa direncanakan, rumus perhitungan *Equipment Failure Losses* seperti dibawah ini:

$$= \frac{\text{Total Breakdown Time (jam)}}{\text{Loading Time (jam)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

*Total breakdown*: total waktu dimana alat berhenti karena terjadi kerusakan

### b. *Setup and Adjustment Losses*

adalah ketika produksi melakukan pengaturan peralatan untuk mendapatkan suatu produk yang sesuai. Rumus perhitungan *Setup and Adjustment Losses* seperti dibawah ini:

$$= \frac{\text{Total setup (adjustment time) (jam)}}{\text{Loading Time (jam)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

*Total setup*: total waktu dimana melakukan pengaturan alat untuk produksi

### c. *Idling and Minor Stoppages Losses*

adalah kerugian suatu produksi yakni berhentinya suatu peralatan karena ada permasalahan sementara contoh adanya produk yang mengganjal dalam alat maka sensor akan mendeteksi sehingga mengalami pemberentihan sesaat. Rumus perhitungan *Idling and Minor stoppages Losses* seperti dibawah ini:

$$\text{Non Productive Time} = \text{Planned downtime (Jam)} \times \text{Jumlah hari produksi} \quad (2.12)$$

Nilai *non productive time* merupakan perkalian nilai *planned downtime* dengan jumlah hari produksi, nilai *planned downtime* sama dengan nol.

$$= \frac{\text{NonProductiveTime (jam)}}{\text{Loading Time (jam)}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

d. *Reduce Speed Losses*

adalah pengurangan kecepatan produksi dari kecepatan desain peralatan tersebut. Rumus perhitungan *Reduce Speed Losses* seperti dibawah ini :

$$RSL = \frac{\text{actual Production Time (jam)} - (\text{ideal Cycle Time (jam)} \times \text{Jumlah Produksi (ton)})}{\text{Loading Time (jam)}} \times 100 \% \quad (2.14)$$

*Actual production time* merupakan pengurangan antara *loading time* dengan *non productive time*.

$$\text{Waktu Actual production time} = \text{loading time (Jam)} - \text{non productive time (Jam)} \dots (2.15)$$

e. *Reduce Yield Losses*,

terjadi karena bahan baku yang terbuang sehingga mengakibatkan kerugian. Kerugian ini di bagi menjadi dua yaitu kerugian bahan baku akibat desain produk dan manufaktur serta kerugian yang diakibatkan penyesuaian karena cacat kualitas produk pada saat awal proses, dalam kata lain kerugian yang terjadi karena mesin membutuhkan pemanasan untuk melakukan produksi. Berikut adalah rumus untuk mencari *reduce yield losses*:

$$\text{Reduce Yield Losses} = \frac{\text{Ideal cycle time (jam)} \times \text{Defect amount during setting (ton)}}{\text{Loading time (jam)}} \times 100\% \quad (2.16)$$

f. *Quality Defect (process defect)*,

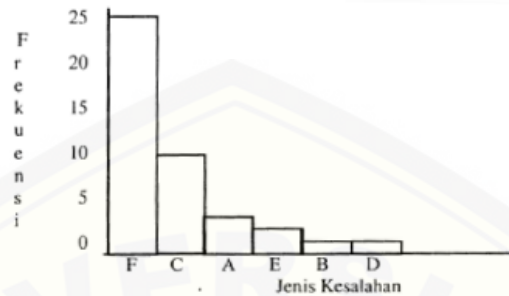
kerugian ini terjadi karena adanya kecacatan produk pada saat proses produksi. Produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi perlu dilakukan *rework*. Untuk mencari *process defect* rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Process Defect} = \frac{\text{Ideal cycle time (jam)} \times \text{Defect Amount during Production (jam)}}{\text{Loading time (jam)}} \times 100\% \quad (2.17)$$

## 2.10 Diagram Parreto

Diagram pareto adalah jenis diagram batang khusus dimana nilai-nilai yang akan diidentifikasi dimulai dari nilai yang terkecil hingga nilai yang terbesar. Diagram pareto digunakan untuk mencari yang paling sering terjadi cacat, penyebab yang paling umum dari cacat, atau penyebab yang paling sering dikeluhkan. Dengan menggunakan diagram ini nantinya akan mempermudah

mengetahui dari akar masalah atau penyebab dari nilai yang terkecil hingga nilai yang terbesar (yuri et al., 2013). Berikut contoh dari diagram parreto :



Gambar 2.9 contoh diagram parreto (Huda, 2019)

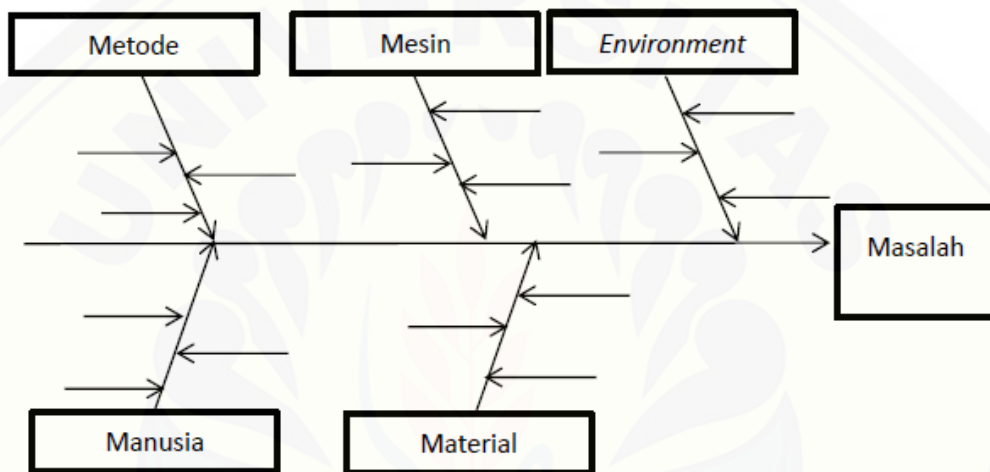
### 2.11 Diagram *Fishbone*

Diagram *Fishbone* (biasa disebut diagram Ishikawa) adalah alat untuk mengidentifikasi akar penyebab kualitas masalah. Itu dinamai Kaoru Ishikawa, seorang ahli statistik kontrol kualitas asal Jepang, orang yang merintis penggunaan bagan ini tahun 1960-an (Juran, 1999).

Diagram *fishbone* adalah alat analisis yang menyediakan cara sistematis untuk melihat efek dan penyebabnya yang membuat atau berkontribusi pada efek tersebut. Karena fungsi diagram *fishbone*, itu bisa disebut sebagai diagram sebab-akibat (Watson, 2004).

Diagram tulang ikan (Ishikawa) merupakan model presentasi sugestif untuk korelasi antara suatu peristiwa (efek) dan beberapa penyebab yang terjadi. Struktur yang disediakan oleh diagram membantu anggota tim berpikir dengan cara yang sangat sistematis. Beberapa manfaat membangun diagram *fishbone* yaitu bahwa untuk membantu menentukan akar penyebab masalah atau karakteristik kualitas menggunakan pendekatan terstruktur, mendorong partisipasi kelompok dan memanfaatkan pengetahuan kelompok dari proses, mengidentifikasi area dimana data harus dikumpulkan untuk studi lebih lanjut. Desain diagram sangat mirip dengan kerangka ikan. Representasinya bisa sederhana, melalui segmen garis miring yang bersandar pada sumbu horizon,

menunjukkan distribusi dari beberapa penyebab dan sub-penyebabnya yang menghasilkannya, tetapi juga dapat dilengkapi dengan apresiasi kualitatif dan kuantitatif, dengan nama dan pengkodean risiko yang menjadi ciri penyebab dan sub-penyebab, dengan unsur-unsur yang menunjukkan suksesnya penelitian, akan tetapi juga dengan cara lain yang berbeda untuk perawatan risiko. Diagram ini juga bisa digunakan untuk menentukan risiko penyebab dan sub-penyebab efek, tetapi juga risiko keseluruhan (Ciocoiu, 2008). Berikut contoh dari diagram *fishbone* :



Gambar 2.10 Contoh diagram *Fishbone*

### 2.12 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya tentang metode TPM yang telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti adalah sebagai berikut :

- a. Nursubiyantoro, (2015) Melakukan penelitian mesin *hydraulic* atom di PT Adi Satria Abadi perbaikan dari permasalahan yang menyebabkan faktor *loss* adalah rendahnya *performance ratio* rata-rata sebesar 62,11% karena dipengaruhi oleh faktor *idle and minor stoppages* dan *speed losses* yang terjadi pada mesin. Pencapaian nilai OEE pada mesin press *hydraulic atom* rata – rata sebesar 55,24%

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT XYZ di desa Sumber Arum kecamatan Kerek kabupaten Tuban Jawa Timur. Pengujian keandalan dari sebuah alat *horizontal ball mill* pada tanggal 1 April 2019 – 30 April 2019.



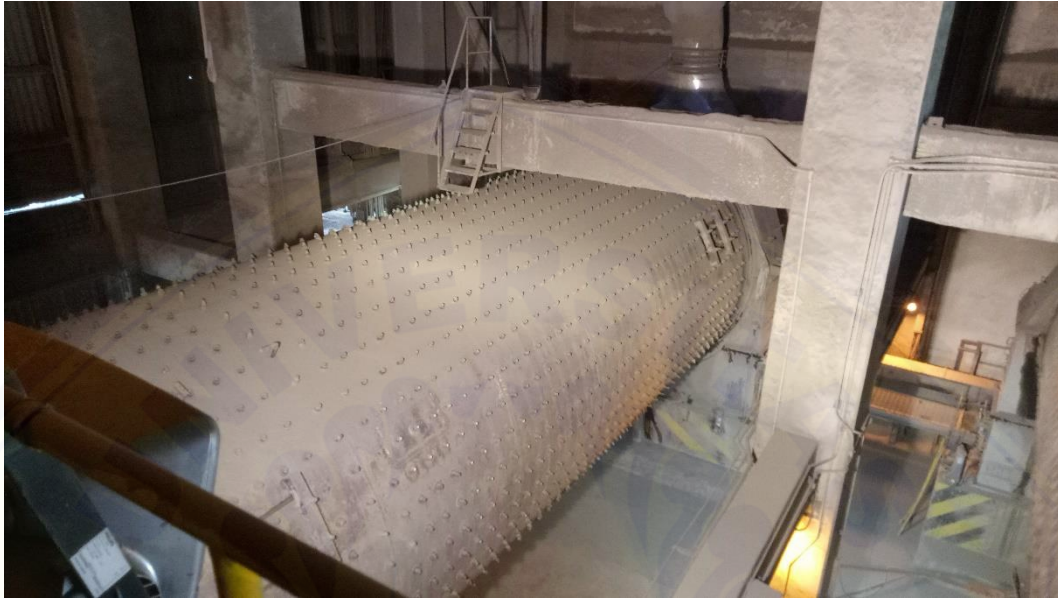
Gambar 3.1 PT XYZ Tuban (sumber: profil PT XYZ )



Gambar 3.2 kantor seksi Pemeliharaan Mesin *Finish Mill* (PMFM)(sumber: profil PT XYZ)

### 3.2 Objek Penelitian

Objek yang akan diteliti adalah alat dari *finish mill* dengan model *horizontal mil 1 (tube mill)*.



Gambar 3.3 *horizontal ball mill (tube mill)* (sumber: PT XYZ)

### 3.3 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa langkah – langkah yang perlu dilakukan untuk tercapainya dari tujuan penelitian.

#### a. Studi Literatur

Dalam studi literatur, dilakukan pencarian teori teori yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan berdasarkan dari sumber buku, jurnal, dan secara online.

#### b. Survey Perusahaan

Pada tahap ini dilakukan survey terhadap tempat penelitian serta objek yang diteliti, dengan cara melakukan secara prosedur dari perusahaan serta melampirkan surat resmi dari universitas.

#### c. Perumusan Masalah

Dalam tahap ini dilakukan perumusan masalah berdasarkan pokok permasalahan yang akan diambil serta memperdalam keilmuan yang di kaji.

#### d. Tujuan dan Batasan Masalah

Dalam tahap ini dilakukan penentuan tujuan yaitu untuk mengetahui bagaimana keadaan manajemen perawatan pada *ball mill* dan bagaimana rekomendasi perbaikan yang baik. Sedangkan pemberian batasan masalah digunakan agar penelitian tidak meluas dan dikhususkan pada satu tempat saja.

#### e. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dengan cara wawancara dan observasi serta menggunakan data sekunder. Data – data yang dibutuhkan seperti:

- 1) kapasitas produksi.
- 2) *breakdown* tahun 2018.
- 3) Urutan proses produksi *ball mill* 1.
- 4) jam operasional *ball mill* 1.

### 3.4 Pengolahan Data

Dalam mengolah data dilakukan pembuatan tabel terlebih dahulu untuk mempermudah dalam mengolah data serta menghitung data.

#### 3.4.1 Tahapan Analisa Penelitian:

##### a. Analisa *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

OEE didapat dengan proses perhitungan  $availability \times performance \times quality \times 100\%$ . Untuk mencari *availability* dilakukan perhitungan antara waktu operasional, waktu setup, *breakdown* lalu untuk mencari *performance* dilakukan perhitungan antara waktu *running*, *cycle time*, jumlah produk diproses . Terakhir perhitungan *quality* perhitungan jumlah persentase serbuk yang digiling.

##### b. Analisa *Six Big Losses*



Analisa 6 gangguan pada mesin mengidentifikasi *losses* yang paling dominan

c. Diagram Pareto

Setelah melakukan pengukuran OEE tahap selanjutnya membuat diagram yang nantinya pada diagram tersebut bisa mengetahui apakah ada *losses* yang berada di luar standar atau tidak, maka produk tersebut nantinya akan dianalisis dengan diagram pareto untuk diurutkan dari tingkat paling kecil sampai besar. Diagram inilah yang nantinya akan membantu untuk mencari akar masalah pada *losses* yang sering terjadi dan akan lebih mudah memfokuskan pada masalah tersebut.

d. Diagram *Fishbone*

Setelah diketahui nilai dari diagram pareto dari urutan terkecil sampai yang terbesar maka pada diagram sebab-akibat inilah nantinya pencegahan cacat kualitas untuk mengidentifikasi faktor-faktor potensial yang menyebabkan efek keseluruhan. Setiap penyebab atau alasan ketidak sempurnaan adalah sumber variasi. Sumber variasi inilah yang nantinya dikelompokkan ke dalam kategori-kategori utama untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan masing-masing.

e. Memberikan Kesimpulan dan Rekomendasi Perbaikan

Memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektifitas dari alat itu sehingga dapat memacu produksi tinggi dan sempurna.

### 3.5. Analisis dan Interpretasi Hasil

Setelah pengolahan data selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil pengolahan data. Analisis tersebut berupa analisa *total productive maintenance*.

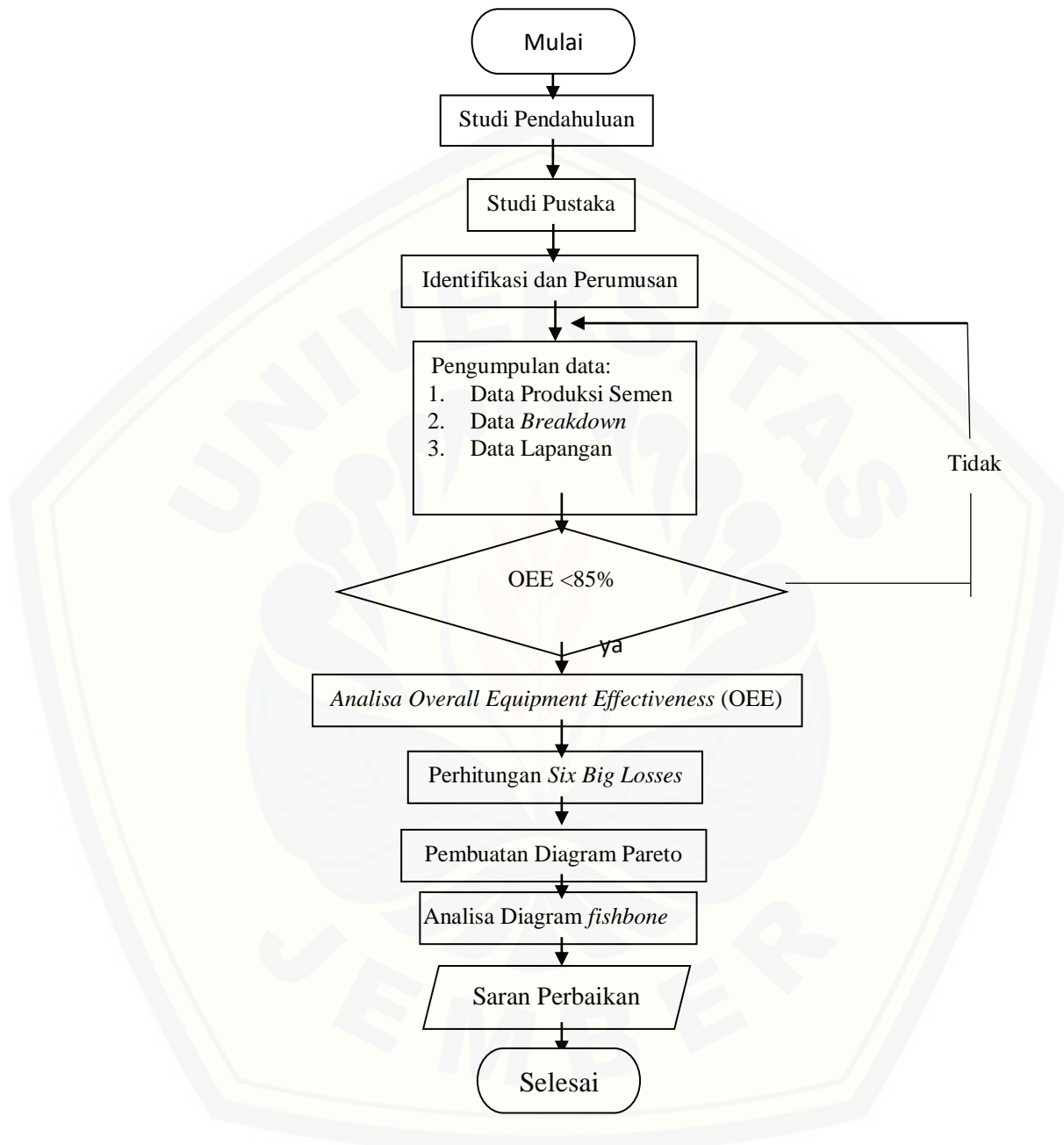
### 3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diambil setelah melakukan analisa hasil dari pengolahan data. Berisi tentang kesimpulan penelitian, kesimpulan masalah yang diangkat, kesimpulan hasil dan penyelesaian masalah, kemudian dikemukakan saran-saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.



### 3.7 Flow Chart

Diagram alir langkah langkah penelitian ini:



Gambar 3.4 Diagram Alir

## BAB 5. PENUTUP

Setelah dilakukan penelitian di PT XYZ mengenai nilai dari keefektifitas an mesin *ball mill* 1 selama bulan Januari hingga Desember 2018 dapat diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut :

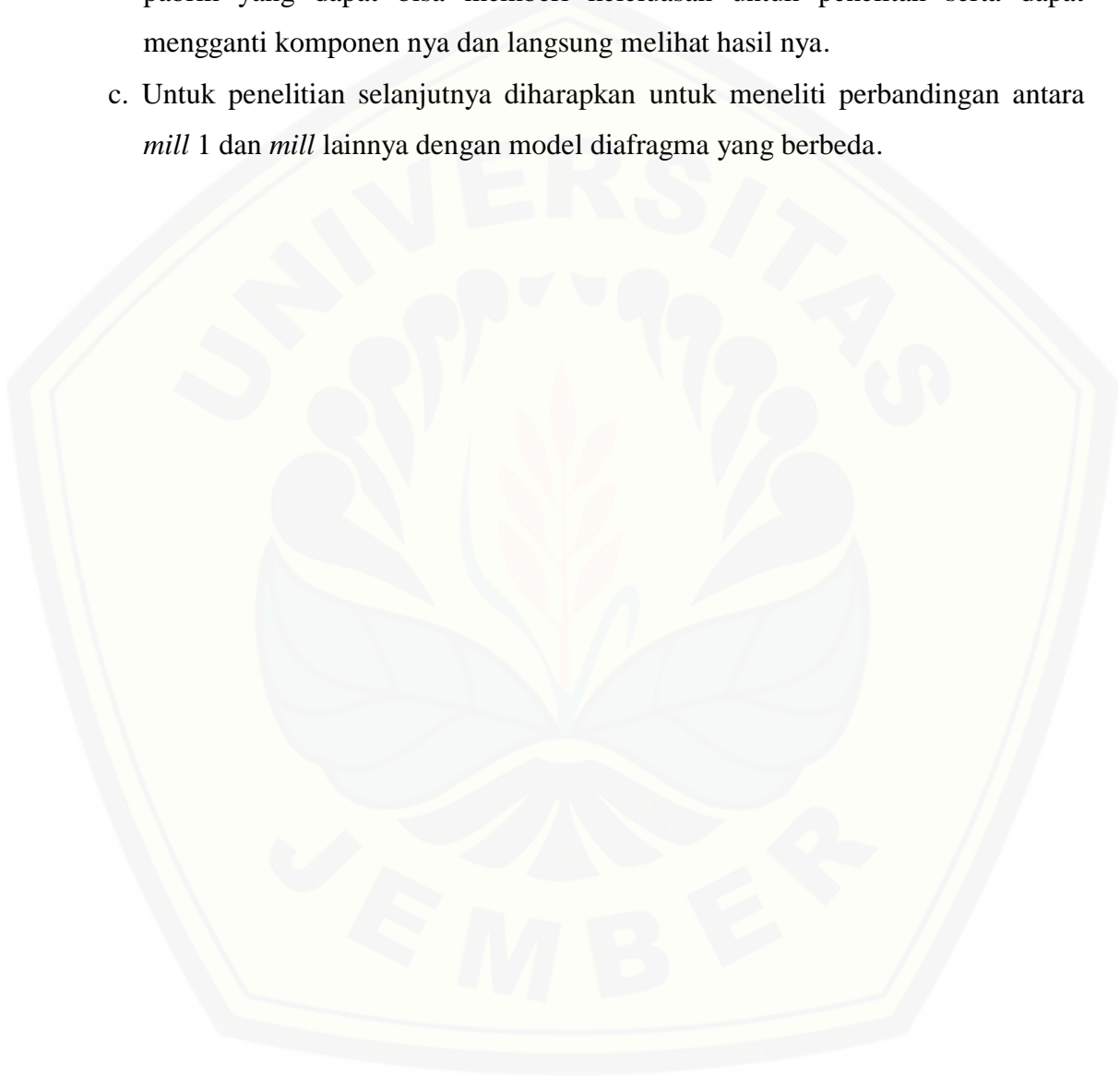
### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengolahan dan analisis data maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai OEE mesin *ball mill* nomor 1 dengan rata-rata nilai OEE yaitu 75.36%. Nilai ini menunjukkan bahwasannya pada produktivitas mesin *ball mill* 1 dalam beroperasi sangat sangat jauh mencapai *standart World Class* karena nilainya kurang dari 85%.
- b. Berdasarkan dari hasil *six big losses* untuk mengetahui kerugian terbesar penyebab penurunan dari produktifitas di mesin *ball mill* 1 selama bulan Januari hingga Desember 2018 diperoleh faktor *Reduce speed losses* dengan rata 47.56 persen alat mengalami penurunan kecepatan dikarenakan waktu *non productive* sangat tinggi.
- c. Saran perbaikan penggantian dari tipe *double outlet diaphragm* ke *discharge diaphragm* mempengaruhi produktifitas yang cepat, material kasar tidak akan masuk ke dalam *comp* 2 dan kembali ke *comp* 1 dengan adanya diafragma model baru maka material kasar akan cepat halus pada *comp* 1, terlihat dari data total produksi semen *mill* satu yaitu dengan 1,120,256 ton dan untuk *mill* 6 menggunakan tipe *discharge diaphragm* dengan total produksi semen 1,524,282 ton semen .

## 5.2 Saran

- a. Diharapkan pada penelitian ini penambahan dari segi biaya agar pabrik dapat memperkirakan biaya akan untuk mengganti alat tersebut.
- b. Kurang nya kekeluasan untuk penelitian dalam PT XYZ di harapkan mencari pabrik yang dapat bisa memberi kekeluasan untuk penelitan serta dapat mengganti komponen nya dan langsung melihat hasil nya.
- c. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk meneliti perbandingan antara *mill* 1 dan *mill* lainnya dengan model diafragma yang berbeda.



**DAFTAR PUSTAKA**

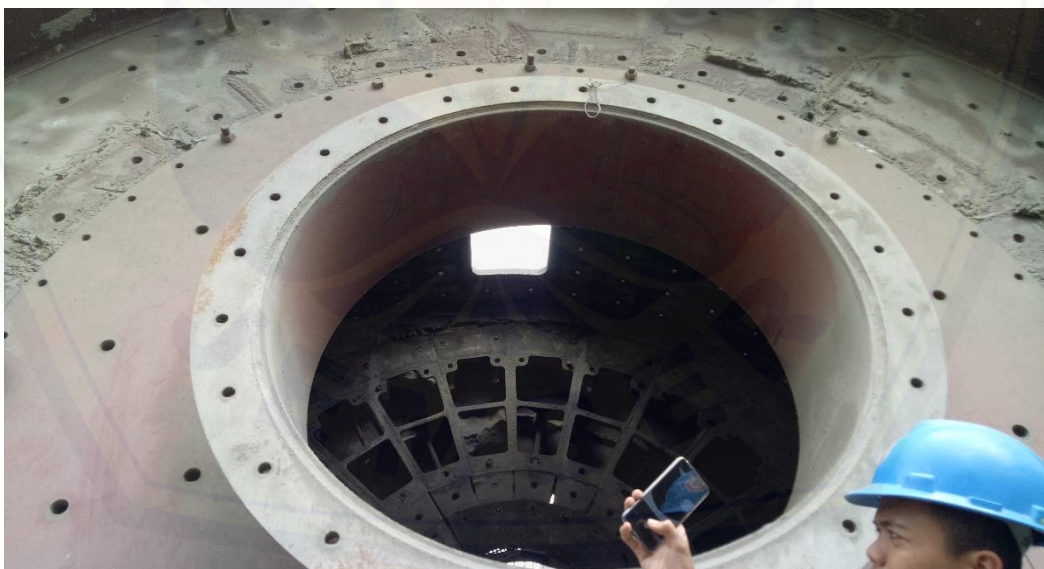
- Arifianto, A. 2018. “Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness*”. Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Arma, N. 2017. Pengaruh Edia Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Grinding Ball Dari Nickel Pig Iron (NPI) Sebelum Dan Setelah Di Tempering. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung Bandar Lampung.
- AS. Corder. 1988. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. edisa 2. Erlangga, Jakarta.
- B.S. Dhillon, Ph.D.2002. *Engineering Maintenance a modern aproach* . London. New york whashington D. C . Boca Raton.
- Eko, N. 2016.“Implementasi Total Productive Maintenance (TPM) Dalam Penerapan Overall Equipment Effectiveness (OEE)”. Jurusan Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional ”Veteran” Yogyakarta.
- Endang, P. 2017. “Pengaruh Efektivitas Mesin Planer Untuk Meningkatkan Produktivitas Dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* Di PT. XYZ”. Jurusan Teknik Industri UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Haryono, L. 2016. Penerapan Total Productive Maintenance dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Penentuan Kebijakan Maintenance pada Mesin Ring Frame Divisi Spinning I di PT Pisma Putra Textile. Jurusan Teknin Industri Universitas Diponegoro.
- Jiwantoro, A. 2013. Analisis Efektivitas Mesin Penggiling Tebu Dengan Penerapan Total Productive. Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya.
- Lintan, M. 2016. Akuntabilitas Pelaporan Program (Corporatesocial Responcibility) CSR pada PT. Semen Gresik. Jurusan Akutansi Fakultas Ekonomi Jurusan Akuntansi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
- Nakajima Seiichi, 1984. “*Introduction To TPM (Total Production Mainteanance)*”. *Productivity Press, Inc. Tokyo*.

- Rahmad, Pratikto, dan Slamet Wahyudi, 2012. “Penerapan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Implementasi Total Productive Maintenance (TPM)”. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Tanjung balai dan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
- Saiful, Rapi, A., & Novawanda, O. 2014. Pengukuran Kinerja Mesin Defektor I dengan menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Studi Kasus pada PT. Perkebunan XY). 2.
- Septiyan, I. 2010. “ Pengaruh Milling Terhadap Kualitas Pasir Besi Sebagai Bahan Baku Industri Logam”. Jurusan Fisika Uin Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Setiyana, B. 2007. Analisis Efisiensi Raw Grinding Mill Pada Proses Pembuatan Semen. Jurusan Teknik Mesin Universitas negeri Yogyakarta. *Jurnal Rotasi* 9(1): 60-65.
- Soemowidagdo, A. 2018. Karakterisasi Grinding Balls Produksi CV Baja Ellips. *Jurnal Dinamika vokasional Teknik mesin* 3 (1): 19 – 25.
- Supriono. H. 2016. “Pengaruh Parameter Six Big Losses Terhadap Efektivitas Proses Produksi Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness”. Repository Universitas Jember.
- Sariyusda, Fakhriza, dan Johansyah putra, 2016. “Analisa Efektivitas Produksi Pada Unit Area I Dengan Menggunakan Metode Total Productive Maintenance (TPM) Di PT. Pupuk Iskandar Muda.

Lampiran 1 Potongan Horizontal *Ball mill*



Lampiran 2 Diagrama horizontal *mill*





Lampiran 3 *Grinding ball*



Lampiran 4 *Liner*



Lampiran 5 Operator  
*mill*



Lampiran 6 *silo* semen



Lampiran 7 *control room*

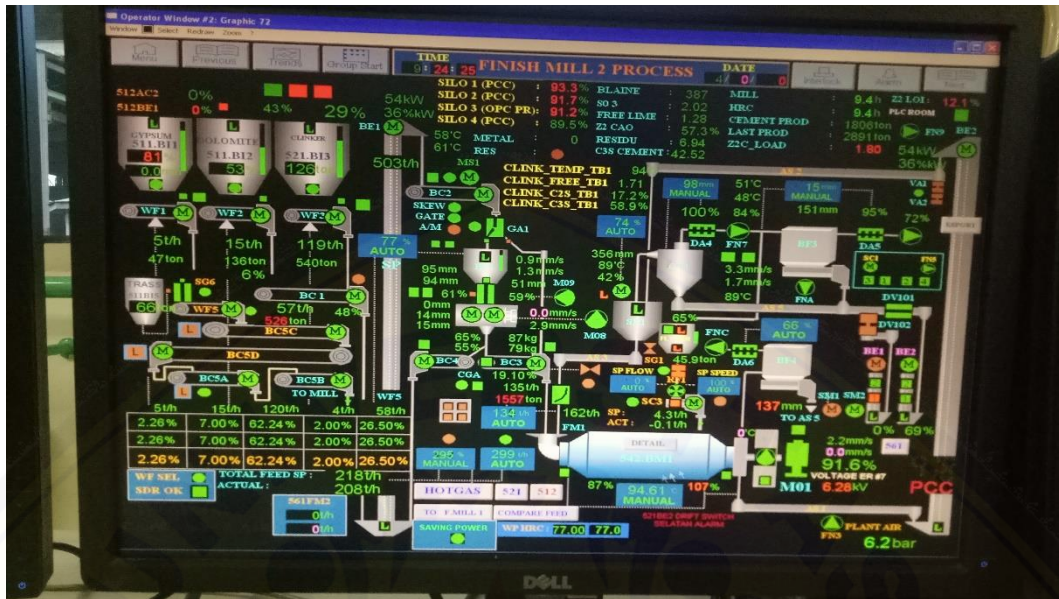


Lampiran 8 *doom clinker*



Lampiran 9 control mill

2



Lampiran 10 Spesifikasi Ball Mill

Model	Cylinder rotary speed/r/min	Loading ball weight(t)	Input size (mm)	Discharge size(mm)	Capacity (t/h)	Motor power(kw)	Weight(t)
Φ900×1800	39	1.5	≤20	0.075-0.89	0.8-2	18.5	4.6
Φ900×3000	39	2.7	≤20	0.075-0.89	1-4	22	5.6
Φ1200×3000	36	3.5	≤25	0.074-0.4	1.6-5	37	12.8
Φ1200×4500	32	5	≤25	0.074-0.4	1.6-5.8	55	13.8
Φ1500×3000	27	7.5	≤25	0.074-0.4	2-5	75	15.6
Φ1500×5700	28	12	≤25	0.074-0.4	3.5-6	130	24.7
Φ1830×3000	25	11	≤25	0.074-0.4	4-10	130	28
Φ1830×6400	24	21	≤25	0.074-0.4	7-16	210	34
Φ1830×7000	24	23	≤25	0.074-0.4	8-18	245	36
Φ2100×3600	23	19	≤25	0.074-0.4	10-36	210	46
Φ2200×4500	21	27	≤25	0.074-0.4	12-23	280	48.5
Φ2200×6500	21	35	≤25	0.074-0.4	14-26	380	52.8
Φ2200×7000	21	35	≤25	0.074-0.4	15-28	380	54
Φ2200×7500	21	35	≤25	0.074-0.4	15-30	380	56
Φ2400×4500	21	30	≤25	0.074-0.4	18-45	320	65
Φ2400×8000	20	36	≤25	0.074-0.4	20-48	410	81
Φ2700×3600	21	39	≤25	0.074-0.4	19-75	400	83
Φ2700×4000	20	40	≤25	0.074-0.4	20-78	400	85
Φ2700×4500	20	48	≤25	0.074-0.4	22-85	430	89
Φ3200×4500	18	65	≤25	0.074-0.4	29-140	800	137
Φ3200×5400	18	81.6	≤25	0.074-0.4	30-180	800-1000	146
Φ3600×4500	17	88	≤25	0.074-0.4	35-210	1000	190
Φ3600×6000	17	117	≤25	0.074-0.4	38-240	1250-1500	220
Φ3600×8500	17	144	≤25	0.074-0.4	45-260	1800	260