



**ANALISIS PRODUKTIVITAS COAL CRUSHER PADA COAL
HANDLING SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP**

SKRIPSI

Oleh

Sri Rahayu

NIM 161910101115

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**ANALISIS PRODUKTIVITAS COAL CRUSHER PADA COAL
HANDLING SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Mesin
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Sri Rahayu

NIM 161910101115

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT limpahan kasih dan karunia-Mu telah memberikan kekuatan dan kemudahan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan. Sholawat dan salam selalu dipanjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Dengan tulus ikhlas dan penuh kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibunda Maslakah dan Ayahanda Ngatimin yang tercinta, terima kasih atas pengorbanan, usaha, kasih sayang, dorongan, nasehat dan air mata yang menetes dalam setiap untaian do'a yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi perjuangan dan keberhasilan penulis.
2. Seluruh anggota keluarga, saudara yang selalu mendoakan hingga terselesaikan tugas akhir ini.
3. Guru-guru sejak TK hingga SMA, dosen, dan seluruh civitas akademika Universitas Jember khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang telah menjadi tempat menimba ilmu dan telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran.
4. Dulur-dulur Teknik Mesin DIII dan S1 angkatan 2013 yang telah memberikan do'a, dukungan, kontribusi, ide dan kritikan.
5. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

MOTO

Dan orang yang bersungguh-sungguh (berjihad) untuk mencari (keridhaan) kami, benar-benar akan kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan kami. Dan sesungguhnya Allah benar-benar beserta orang-orang yang berbuat.
(terjemahan Surat Al-Ankabut ayat 69)*)

Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah keadaan diri mereka.
(terjemahan Surat Ar-Ra'd ayat 11)*)

“Jangan panggil aku perempuan sejati jika hidup hanya berkalang lelaki. Tapi bukan berarti aku tidak butuh lelaki untuk aku cintai. (Nyai Ontosoroh)”
(Pramoedya Ananta Toer, Bumi Manusia)

“Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah”
(B.J. Habibi)

“Solidarity Forever”

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Rahayu

NIM : 161910101115

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Produktivitas *Coal Crusher* pada *Coal Handling System* Pembangkit Listrik Tenaga Uap” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2018
Yang menyatakan,

Sri Rahayu
161910101115

SKRIPSI

**ANALISIS PRODUKTIVITAS *COAL CRUSHER* PADA *COAL HANDLING SYSTEM* PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP**

Oleh
Sri Rahayu
NIM 161910101115

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisis Produktivitas *Coal Crusher* pada *Coal Handling System* Pembangkit Listrik Tenaga Uap" karya Sri Rahayu telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Rabu, 24 Januari 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP 19691201 199602 1 001

Ir. FX. Kristianta, M.Eng
NIP. 19650120 200112 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 19681207 199512 1 002

Hari Arbiantara B., S.T., M.T.
NIP 19670924 199412 1 001

Mengesahkan

Dekan,

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

RINGKASAN

ANALISIS PRODUKTIVITAS *COAL CRUSHER* PADA *COAL HANDLING SYSTEM* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

Sri Rahayu, 161910101115; 2018; 74 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Seiring dengan perkembangan zaman dan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan manusia yang harus dipenuhi juga meningkat termasuk kebutuhan akan energy listrik. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik negara, PLN mendirikan pembangkit listrik di berbagai wilayah dengan beberapa sumber tenaga yaitu air, angin, diesel, uap, surya, panas bumi. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara adalah sebuah instalasi pembangkit listrik menggunakan mesin turbin yang diputar oleh uap yang dihasilkan melalui pembakaran batubara (Wicakmoko, 2016).

Batubara yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran di *boiler* sebelumnya diproses terlebih dahulu oleh *Coal Handling System*. Secara garis besar terdapat beberapa peralatan utama *Coal Handling System* yaitu *belt conveyor, stacker reclaimer, ship unloader, telescopic chute, junction tower, coal crusher, reclaimer hopper, diverter gate, tripper dan scraper conveyor* (Setiawan, 2012).

Coal crusher merupakan mesin penghancur batubara utama dalam *Coal Handling System* sebelum batubara digiling oleh mesin *pulverizer*. Mesin yang beroperasi secara terus-menerus akan sedikit demi sedikit mengalami penurunan fungsi kerjanya. Dan tidak jarang pula mesin digunakan diatas batas normal untuk mencapai target produksi. Mesin yang beroperasi diatas batas normal dapat menurunkan produktivitas, umur mesin dan mempercepat penggantian komponen mesin bahkan bisa rusak sehingga perlu dipelihara dan dijaga produktivitasnya dalam menjalankan fungsi *crushing* agar proses produksi tetap berjalan dengan lancar (Bilianto, 2016).

Penelitian ini berupa analisis data untuk mengetahui nilai produktivitas *coal crusher* dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai produktivitas *coal crusher* dan kerugian dominan penyebab rendahnya nilai produktivitas *coal crusher* (*Six Big Losses*) serta hubungan keduanya dengan perhitungan korelasi regresi.

Dari hasil penelitian, pengolahan dan analisis data diperoleh perhitungan *OEE* pada *coal crusher* selama bulan Juni-November 2017 diperoleh rata-rata nilai *Availability Ratio* 83,7%, *Performance Ratio* 87,4%, *Quality Ratio* 99,9% dan nilai *OEE* sebesar 69,49%. Nilai *OEE* tersebut masih dibawah standar *World Class Manufacture* 85% dan menunjukkan bahwa produktivitas *coal crusher* masih rendah. Hasil perhitungan *Six Big Losses* untuk mengetahui kerugian dominan penyebab turunnya produktivitas *coal crusher* selama bulan Juni-November 2017 diperoleh nilai faktor *Six Big Losses* yang paling dominan menyebabkan turunnya nilai *OEE* pada produktivitas *coal crusher* adalah *Breakdown Losses (BL)* dengan nilai sebesar 78,33%. Perhitungan korelasi regresi dengan program *SPSS 17.0 for Windows* dapat disimpulkan bahwa korelasi paling kuat terjadi pada faktor *Six Big Losses* dengan penyebab rendahnya produktivitas mesin *coal crusher* adalah *Breakdown Losses* dengan interval kekuatan 1,000 (korelasi sempurna) dan merupakan satu-satunya faktor yang memiliki pengaruh paling signifikan dengan nilai signifikansi paling mendekati 0 yaitu 0,013 diantara faktor *Six Big Losses* lainnya.

SUMMARY

PRODUCTIVITY ANALYSIS OF COAL CRUSHER ON COAL HANDLING SYSTEM OF STEAM POWER PLANT

Sri Rahayu, 161910101115; 2018; 45 pages; Departement of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

Along with the development of the times and the increasing number of people, human needs to be met also increased including the need for electrical energy. To meet the needs of the country's electrical energy, PLN established power plants in various areas with several power sources namely water, wind, diesel, steam, solar, geothermal. One example is the Steam Power Plant (PLTU). Steam Power Plant (PLTU)Coal is a power plant installation using turbine engines rotated by steam generated through coal combustion (Wicakmoko, 2016).

Coal that will be used as fuel for combustion in the previous boiler is processed first by Coal Handling System. Broadly speaking there are some main equipment Coal Handling System is belt conveyor, stacker reclaimer, ship unloader, telescopic chute, junction tower, coal crusher, reclaimer hopper, diverter gate, tripper and scraper conveyor (Setiawan, 2012).

Coal crusher is the main coal shredder in Coal Handling System before coal is rolled by pulverizer machine. Machines that operate continuously will gradually decrease the function of work. And not infrequently the machine is used above the normal limit to achieve production targets. Machines that operate above normal limits can decrease productivity, engine life and accelerate the replacement of machine components and even be damaged so it needs to be maintained and maintained productivity in performing the function of crushing to keep production process running smoothly (Bilianto, 2016).

This research is a data analysis to know the value of productivity of coal crusher by using Overall Equipment Effectiveness method. The results obtained from this research are the value of productivity of coal crusher and the dominant

losses causing the low value of productivity of coal crusher (Six Big Losses) as well as their relationship with the calculation of regression correlation.

From result of research, data processing and analysis obtained OEE calculation on coal crusher during the month of June-November 2017 obtained the average Availability Value 83,7%, Performance Ratio 87,4%, Quality Ratio 99,9% and OEE 69,49%. The OEE value is still below the World Class Manufacture 85% standard and shows that the productivity of coal crusher is still low. The result of calculation of Six Big Losses to know the dominant loss causing the decrease of productivity of coal crusher during the month of June-November 2017 obtained by the value of Six Big Losses factor which is the most dominant cause the decrease of OEE value in productivity of coal crusher is Breakdown Losses (BL) with value equal to 78,33% . Calculation of regression correlation with SPSS 17.0 for Windows program can be concluded that the strongest correlation occurs in Six Big Losses factor with the cause of low productivity of coal crusher machine is Breakdown Losses with 1,000 strength interval (perfect correlation) and is the only factor that has the most significant influence with the most significant value of 0,013 among other Six Big Losses.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sekaligus penyusunan skripsi yang berjudul "Analisis Produktivitas *Coal Crusher* pada *Coal Handling System* Pembangkit Listrik Tenaga Uap". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam penulisan ini tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara B., S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
3. Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini sehingga dapat terlaksana dengan baik;
4. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Hari Arbiantara B., S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan kritiknya yang membangun untuk penyusunan skripsi ini;
5. Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;
7. Kedua orang tua saya, Ibunda Maslakah dan Ayahanda Ngatimin terima kasih atas pengorbanan, usaha, kasih sayang, dorongan, nasehat, dan air mata yang

menetes dalam setiap untaian doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi perjuangan sehingga saya bisa menyelesaikan studi S1;

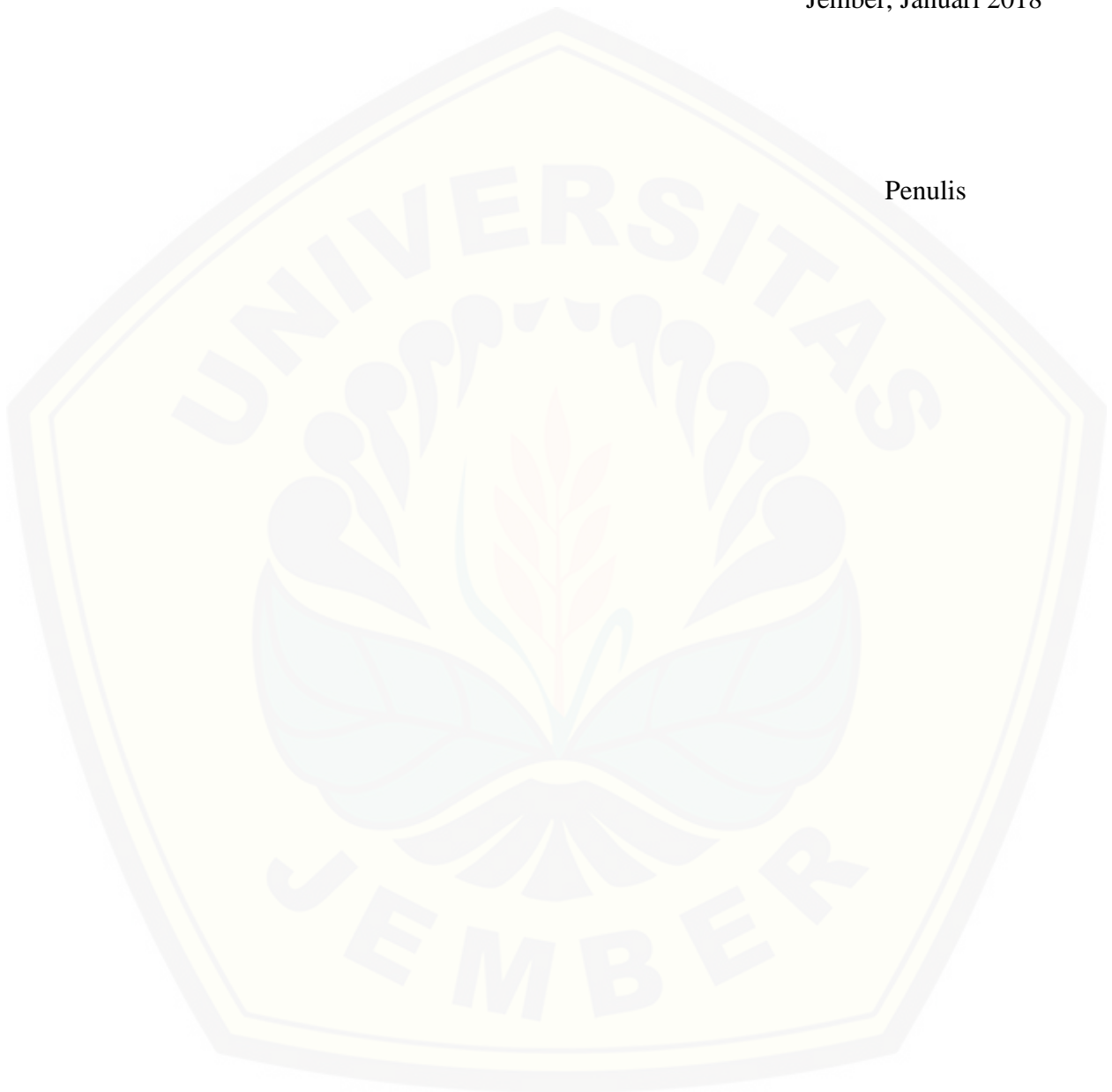
8. Adik perempuan saya Eva Adni Fadila dan Evi Yunitasari yang selalu menghadirkan keceriaan dalam keluarga serta memberikan do'a dan semangat;
9. Para sahabat Bahtiar Faton A., Reza Arianto, Lutfi Amin, M. Rezza Wira, M. Novan Hidayat, M. Adly A., Ika Angga A., Rizal Yefi E., Priyo Agung W., Jelang Ikrar M., Sucipto, M. Mahrus Ali, Hadi R.A., Yusuf Eko P., Oktafian N.N., Yudi B.A., Bagus A., Yudha A., Indra Wisnu W., M. Mukhlisin, Deni Anggara, Bayu Putro, Ifan Romadhani, dan N. A. Hasan yang memberikan arti kekeluargaan selama saya kuliah di Jember;
10. Teman-temanku seperjuangan DIII dan S1 Teknik Mesin 2013 yang telah memberikan motivasi, inspirasi, dukungan dan do'anya;
11. Kawan-kawan Erli Indirasari, Anila Fadila S, Yuyun Tri Mulyani, Dewintha, Diana Rachmandhani, Susanti, Anita, dan Nila yang memberi dukungan serta do'a kepada penulis;
12. Keluarga "Strong Women": Irma Sulistyani, Elis Wahyuni, Nur Fatmala, Evi yang selalu menghibur dan memberikan inspirasi;
13. Keluarga Kontrakan "DD22": Riris, Aisyah, Fari yang sudah memberikan semangat, dukungan dan do'a;
14. Partner saya Carlos Rahul Damos yang telah bahu-membahu selama penelitian dan anggota beserta *supervisor* divisi CBM PT. PJB UBJOM PLTU Rembang Jawa Tengah yang telah membimbing, membagikan ilmu serta pengalaman demi terselesaikannya penelitian ini;
15. Keluarga Kelompok KKN 50 Desa Wonokerto, Nia, Siska, Della, Sigit, Bagus, Haris, Syihab, dan Pras;
16. Teman seperjuangan dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu yang telah membantu dalam segala hal.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena sempurna hanya milik Allah SWT. Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun yang lebih baik lagi. Harapan penulis

adalah agar informasi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, Januari 2018

Penulis

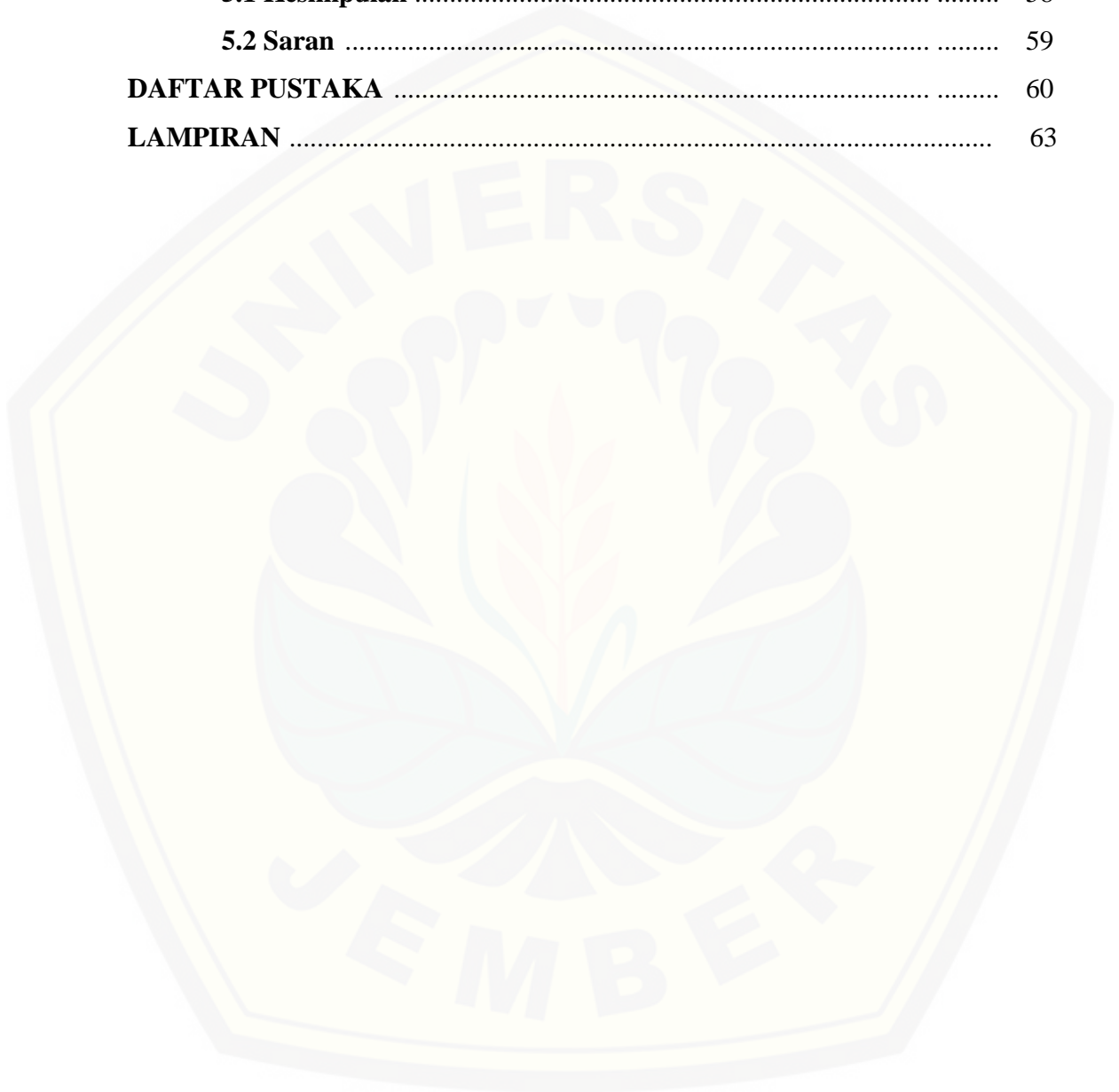


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	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
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	5
2.2 Batubara	5
2.2.1 Pengertian Batubara.....	5
2.2.2 Klasifikasi Batubara	6
2.2.3 Penyimpanan, <i>Handling</i> dan Persiapan Batubara.....	8
2.2.4 Penggilingan Batubara.....	9
2.3 Mesin Pemecah Batubara (<i>Coal Crusher</i>)	10

2.3.1 Pengertian <i>Crushing</i>	10
2.3.2 Jenis-jenis <i>Crusher</i>	11
2.3.3 <i>Coal Crusher (Ring Hammer Mill Type)</i>	11
2.3.4 Sistem <i>Coal Crusher</i>	15
2.4 Produktivitas	14
2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)	20
2.5.1 Pengukuran Nilai <i>OEE</i>	21
2.5.2 Pengukuran Nilai Faktor <i>Six Big Loses</i>	23
2.6 Diagram Pareto (Pareto Chart)	24
2.7 Diagram Sebab – Akibat (Fishbone Diagram)	26
2.8 Hipotesis	27
BAB 3. METODOLOGI	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Objek Penelitian	28
3.2.1 Spesifikasi Teknik	28
3.3 Variabel Penelitian	29
3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	30
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data	30
3.4.2 Studi Pengumpulan Data	30
3.4.3 Pengolahan dan Analisis Data	31
3.5 Diagram Alir Penelitian	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Pengumpulan Data	38
4.1.1 Data <i>Downtime</i> Mesin <i>Coal Crusher</i>	38
4.1.2 Data Proses <i>Crushing</i> (P penghancuran) Batubara.....	39
4.2 Pengolahan Data	39
4.2.1 Perhitungan <i>Availability Rate</i>	39
4.2.2 Perhitungan <i>Performance Rate</i>	41
4.2.3 Perhitungan <i>Quality Rate</i>	42
4.2.4 Perhitungan Nilai <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	43
4.2.5 Perhitungan Nilai Faktor <i>Six Big Losses</i>	44

4.2.6 Analisis Perhitungan Korelasi Regresi	50
4.2.7 Menganalisis dan mengidentifikasi akar penyebab masalah	56
BAB 5. PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	63



DAFTAR TABEL

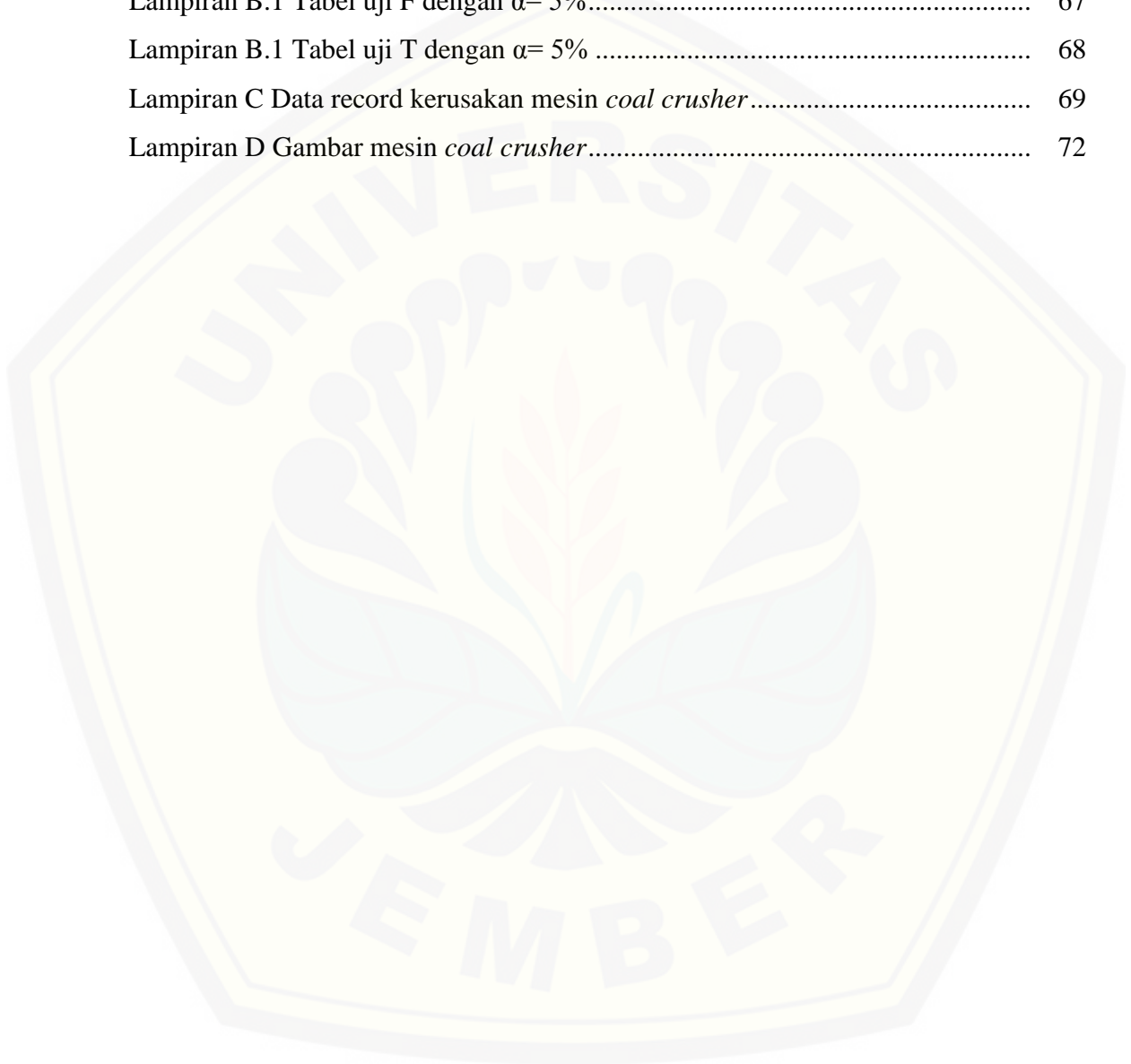
	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi elemen dari berbagai tipe batubara	6
Tabel 2.2 Ukuran batubara yang tepat untuk berbagai jenis sistem pembakaran ..	10
Tabel 2.3 Standart world class OEE	22
Tabel 3.1 Pedoman menginterpretasikan koefisien korelasi	33
Tabel 4.1 Data <i>Downtime</i> mesin <i>coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	38
Tabel 4.2 Data produksi penghancuran batubara bulan Juni-November 2017	39
Tabel 4.3 <i>Availability Rate coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	40
Tabel 4.4 <i>Performance Rate coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	41
Tabel 4.5 Nilai <i>OEE coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	43
Tabel 4.6 <i>Breakdown Losses coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	45
Tabel 4.7 <i>Setup and adjustment losses coal crusher</i> bulan Juni-November 2017.	46
Tabel 4.8 <i>Idle and minor stoppage losses coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	46
Tabel 4.9 <i>Reduced speed losses coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	47
Tabel 4.10 Faktor <i>Six Big Losses coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	49
Tabel 4.11 Persentase kumulatis <i>Six Big Losses coal crusher</i> pada bulan Juni-November 2017	49
Tabel 4.12 Pengolahan data variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y)	50
Tabel 4.13 Pedoman menginterpretasikan koefisien korelasi	51
Tabel 4.14 Uji korelasi berganda	51
Tabel 4.15 Hasil Uji Regresi Simultan (Uji F)	52
Tabel 4.16 Hasil Uji Regresi Parsial (Uji- T)	54
Tabel 4.17 Pengolahan data variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y)	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Antrasit	7
Gambar 2.2 Bittumin dan Subbitumin	7
Gambar 2.3 <i>Coal crusher</i>	12
Gambar 2.4 Bagian dalam <i>coal crusher</i>	12
Gambar 2.5 Prinsip operasi <i>coal crusher</i>	13
Gambar 2.6 Motor listrik AC.....	15
Gambar 2.7 Kopling plat ganda	16
Gambar 2.8 <i>Pulley</i>	17
Gambar 2.9 Konstruksi dan ukuran penampang sabuk.....	18
Gambar 2.10 <i>Bearing</i>	19
Gambar 2.11 Baut	19
Gambar 2.12 Skema siklus produktivitas	20
Gambar 2.13 Contoh diagram pareto	25
Gambar 2.14 Bentuk umum diagram <i>fishbone</i>	27
Gambar 3.1 <i>Coal crusher</i>	29
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 4.1 Grafik nilai <i>Available Rate coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	40
Gambar 4.2 Grafik nilai <i>Performance Rate coal crusher</i> bulan Juni-November 2017.....	42
Gambar 4.3 Grafik nilai <i>OEE coal crusher</i> bulan Juni-November 2017	44
Gambar 4.4 Grafik Persentase <i>Six Big Losses</i> pada <i>coal crusher</i> bulan Juni - November 2017.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Hasil analisis korelasi regresi dengan SPSS 17.0.....	64
Lampiran B.1 Tabel uji F dengan $\alpha= 5\%$	67
Lampiran B.1 Tabel uji T dengan $\alpha= 5\%$	68
Lampiran C Data record kerusakan mesin <i>coal crusher</i>	69
Lampiran D Gambar mesin <i>coal crusher</i>	72



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan manusia yang harus dipenuhi juga meningkat termasuk kebutuhan akan energi. Perkembangan ilmu dan teknologi juga menuntut tersedianya kebutuhan energi, contohnya kebutuhan energi listrik. Salah satu perusahaan di Indonesia yang memproduksi dan menyuplai energi listrik yakni Perusahaan Listrik Negara (PLN). Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik negara, PLN mendirikan pembangkit listrik di berbagai wilayah dengan beberapa sumber tenaga yaitu air, angin, diesel, uap, surya, panas bumi. Salah satu contohnya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara adalah sebuah instalasi pembangkit listrik menggunakan mesin turbin yang diputar oleh uap yang dihasilkan melalui pembakaran batubara (Wicakmoko, 2016).

Batubara yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran di *boiler* sebelumnya diproses terlebih dahulu oleh *Coal Handling System*. *Coal Handling System* merupakan sistem yang menangani pembongkaran batubara mulai dari kapal/tongkang (*Unloading Area*) sampai ke area penimbunan/penyimpanan di *stock pile* ataupun langsung pengisian ke *bunker (power plant)*, yang selanjutnya digunakan untuk pembakaran di *boiler* (Setiawan, 2012). Secara garis besar terdapat beberapa peralatan utama *Coal Handling System* yaitu *belt conveyor*, *stacker reclaimer*, *ship unloader*, *telescopic chute*, *junction tower*, *coal crusher*, *reclaimer hopper*, *diverter gate*, *tripper* dan *scraper conveyor* (Setiawan, 2012).

Ukuran batubara yang benar merupakan salah satu kunci yang menjamin pembakaran efisien dengan cara merubah ukuran menjadi lebih kecil melalui proses penghancuran/*crushing* dan penggilingan/*pulverizing* (Wicakmoko, 2016). Diantara kedua proses tersebut yang paling menjamin proses pembakaran efisien atau tidak adalah proses penggilingan di mesin *pulverizer*, oleh karena itu ukuran hasil keluaran batubara sangat diperhatikan. Pada sistem *handling* batubara, penghancuran dilakukan untuk batubara yang berukuran lebih besar dari 30 mm

menggunakan mesin *coal crusher* (Setiawan, 2012). Dan setelah proses penghancuran, batubara disimpan di *coal bunker* kemudian dilakukan proses penggilingan batubara menjadi ukuran 200 *mesh* menggunakan mesin *pulverizer* (PT. PJB, 2014).

Coal crusher merupakan mesin penghancur batubara utama dalam *Coal Handling System* sebelum batubara digiling oleh mesin *pulverizer*. Mesin yang beroperasi secara terus-menerus akan sedikit demi sedikit mengalami penurunan fungsi kerjanya. Dan tidak jarang pula mesin digunakan diatas batas normal untuk mencapai target produksi. Mesin yang beroperasi diatas batas normal dapat menurunkan produktivitas, umur mesin dan mempercepat penggantian komponen mesin bahkan bisa rusak sehingga perlu dipelihara dan dijaga produktivitasnya dalam menjalankan fungsi *crushing* agar proses produksi tetap berjalan dengan lancar (Bilianto, 2016). Untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi diperlukan sumber daya manusia yang berkompeten, dengan material yang baik, dan diolah dengan mesin-mesin dalam kondisi prima, serta diproses dengan sistem dan metode yang tepat (Darmawan, 2017). Performansi mesin akan menjadi salah satu kunci utama kesuksesan suatu industri (Darmawan, 2017). Menurut Fadillah (2009), mesin dan peralatan dalam industri manufaktur berbasis padat modal ataupun semi padat modal merupakan salah satu jenis investasi ataupun aset yang paling utama dari suatu perusahaan yang harus dipelihara dan ditingkatkan, baik efektivitasnya maupun efisiensinya.

Produktivitas merupakan suatu ukuran yang menyatakan bagaimana baiknya sumber daya diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal (Fadillah, 2009). Untuk mengetahui efektivitas dan produktivitas suatu mesin maka dapat dilakukan dengan pengukuran nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dari mesin tersebut (Rahmadhani dkk, 2014).

Menurut Nakajima (1984), *OEE* merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin atau peralatan dari kinerja secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu ditingkatkan produktivitasnya ataupun efisiensi mesin atau peralatan. *OEE* juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara yang tepat untuk

menjamin peningkatan produktivitas penggunaan mesin atau peralatan (Rahmadhani dkk, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka dapat diambil rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana hasil analisis perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* terhadap produktivitas mesin *coal crusher*?
- b. Bagaimana hasil analisis perhitungan nilai faktor *Six Big Losses* untuk mengidentifikasi kerugian yang mempengaruhi produktivitas mesin *coal crusher*?
- c. Bagaimana hasil analisis perhitungan pengaruh nilai faktor *Six Big Losses* terhadap nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada produktivitas mesin *coal crusher*?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus maka batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian difokuskan pada 1 unit mesin *coal crusher* dengan jam kerja 8 jam/hari pada *Coal Handling System* Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. PJB UBJOM Rembang, Jawa Tengah
- b. Data penelitian yang digunakan adalah data bulan Juni-November 2017
- c. Penelitian dilakukan hanya sebatas identifikasi perbaikan mesin atas analisis masalah yang sudah diketahui penyebabnya. Tidak sampai melakukan implementasi.
- d. Penelitian tidak membahas mengenai implementasi dan/atau pemeliharaan/perawatan *coal crusher*
- e. *Quality rate* batubara diasumsikan 99,9% karena tidak ada material *defect* atau asumsi *reject*= 0% pada proses penghancuran batubara kecuali logam besi yang masuk pada *defector plate* atau material selain batubara
- f. Penelitian tidak membahas mengenai analisis biaya

- g. Analisis penyebab masalah lebih ditekankan ke arah identifikasi mesin

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung produktivitas mesin *coal crusher* dengan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*
- b. Menghitung nilai faktor *Six Big Losses* untuk mengidentifikasi kerugian mesin yang ada terhadap produktivitas mesin *coal crusher*
- c. Menghitung pengaruh nilai faktor *Six Big Losses* terhadap nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada produktivitas mesin *coal crusher*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Dapat menghitung produktivitas mesin *coal crusher* dengan metode *Overall Equipment Effectiveness*
- b. Dapat menghitung nilai *Six Big Losses* untuk mengidentifikasikan kerugian mesin yang ada terhadap produktivitas mesin *coal crusher*
- c. Dapat menghitung pengaruh nilai faktor *Six Big Losses* terhadap nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada produktivitas mesin *coal crusher*

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah salah satu sumber energi utama di Indonesia. PLTU digolongkan sebagai pembangkit listrik tenaga termal yang mengubah energi kimia dengan bahan bakar batubara menjadi energi listrik. Bahan bakar PLTU berbentuk bahan bakar padat (batubara), cair (BBM) serta gas (uap) (Wicakmoko, 2016).

Proses konversi energi PLTU berbahan bakar batubara berlangsung dari batubara menjadi listrik melalui 3 tahap, yaitu (Wicakmoko, 2016) :

- a. Tahap pertama, terjadi pada boiler yang merubah energi kimia batubara menjadi uap bertekanan dan temperatur tinggi.
- b. Tahap kedua, berlangsung pada turbin uap yang merubah energi uap menjadi energi putaran mekanik.
- c. Tahap ketiga, pada generator yang mengubah energi putaran menjadi listrik.

2.2 Batubara

2.2.1 Pengertian Batubara

Batubara terbentuk sebagai hasil proses kimia alami dimana tumbuhan menyerap gas asam-arang dari atmosfer, cahaya matahari, embun. Dan faktor lainnya yang mengkonversi gas asam-arang kedalam campuran yang berisi *carbon*, *hydrogen*, *oxygen*, *lignin* dan unsur kompleks lainnya yang menyusun struktur tumbuhan.

Salah satu tanda perubahan pada proses pembentukan batubara yakni terciptanya karbon karena proses alami selama jutaan tahun. Kadar karbon dalam batubara merupakan indikator *ranking* batubara. Batubara yang memiliki kadar karbon paling tinggi hingga ke rendah yakni antrasit, bituminous, subbituminous dan lignit. Batubara mengandung unsur C, H dan O. Selain itu juga terdapat kandungan lain yakni S (belerang), N (nitrogen), silika, aluminium, besi, magnesium yang akan berubah menjadi abu pada proses pembakaran. Batubara memiliki sifat

heterogen karena diperoleh dari lapisan dan lokasi yang berbeda. Selain gas alam dan minyak bumi, batubara juga merupakan salah satu jenis bahan bakar untuk pembangkit energi (Wicakmoko, 2016).

2.2.2 Klasifikasi Batubara

Batubara dikelompokkan berdasarkan kandungan karbonnya, yaitu antrasit, bituminous, subbituminous, dan lignit. Pada tiap jenis batubara memiliki subbagian lagi. Antrasit adalah jenis batubara dengan kadar karbon paling tinggi sehingga pembakarannya besar namun persediaanya telah menipis. Batubara bituminous dimanfaatkan dalam pembakaran yang menghasilkan energi atau karbonisasi untuk pembuatan kokas, bahan kimia batubara, dan gas pabrik kokas (Austin, 1996).

Pengelompokan batubara difokuskan pada kandungan relatif antara unsur C dan H₂O. Kandungan air dalam batubara, disebut sebagai sifat lengas (*moisture*). Dibawah ini merupakan jenis batubara berdasarkan kandungannya.

Tabel 2.1 Komposisi elemen dari berbagai tipe batubara

Jenis Batubara	Presentase Massa				
	%C	%H	%O	% H ₂ O	% Volatile Matter
Lignit	60-70	5-6	20-30	50-70	45-55
Subbituminous	75-80	5-6	15-20	25-30	40-45
Bituminous	80-90	4-5	10-15	5-10	20-40
Antrasit	90-95	2-3	2-3	2-5	5-7

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/46369/4/Chapter%20II.pdf>)

Karakter batubara jenis antrasit :

- Warna hitam sangat mengkilat, kompak
- Nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon sangat tinggi
- Kandungan air sangat sedikit
- Kandungan abu sangat sedikit
- Kandungan sulfur sangat sedikit



Gambar 2.1 Antrasit

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/46369/4/Chapter%20II.pdf>)

Karakter batubara jenis bituminous/subbituminous :

- 1) Warna hitam mengkilat, kurang kompak
- 2) Nilai kalor tinggi, kandungan karbon relative tinggi
- 3) Kandungan air sedikit
- 4) Kandungan abu sedikit
- 5) Kandungan sulfur sedikit



Gambar 2.2 Bitumin dan Subbitumin

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/46369/4/Chapter%20II.pdf>)

Karakter batubara jenis lignit :

- a) Warna hitam, sangat rapuh
- b) Nilai kotor rendah, kandungan karbon sedikit
- c) Kandungan air tinggi
- d) Kandungan abu dan sulfur banyak

- Batubara Energi Rendah (*Brown Coal*)

Batubara energi rendah adalah jenis batubara yang paling rendah peringkatnya, bersifat lunak, mudah di remas, mengandung kadar air yang tinggi (10-70%), terdiri atas batubara energi rendah lunak (*soft brown coal*) dan batubara lignitik atau batubara energi tinggi (*lignitic atau hard brown coal*) yang memperlihatkan struktur kayu. Nilai kalorinya = 7000 kalori/gram (*dry ash free ASTM*).

- Batubara Energi Tinggi (*Hard coal*)

Batubara energi tinggi adalah semua jenis batubara yang peringkatnya lebih tinggi dari *browncoal*, bersifat lebih keras, tidak mudah diremas, kompak, mengandung kadar air yang relatif rendah, umumnya struktur kayu tidak tampak lagi, dan relatif tahan terhadap kerusakan fisik pada saat penanganan (*coal handling*). Nilai kalorinya > 7000 kalori/gram (*dry ash free-ASTM*)

2.2.3 Penyimpanan, *Handling* dan Persiapan Batubara

Penyimpanan dan penanganan untuk kebutuhan batubara berikutnya dilakukan sebagai bentuk tindakan dari adanya ketidakpastian persediaan dan pengangkutan bahan bakar. Beberapa hal yang sukar dilakukan saat penyimpanan batubara adalah hambatan tempat atau gedung penyimpanan, kualitas buruk dan potensi terjadinya kebakaran. Kerugian kecil lainnya adalah oksidasi, angin dan kehilangan karpet. Oksidasi 1% batubara berefek sama dengan kandungan abu 1% batubara. Kehilangan karena angin mencapai 0,5-10% dari kerugian total (Wicakmoko, 2016).

Meminimalisir terjadinya kebakaran mendadak dan kehilangan karpet dapat dilakukan dengan penyimpanan batubara yang baik. Penyebab kehilangan karpet adalah terbentuknya “karpet lunak” atau tercampurnya tanah dengan batubara halus. Penyebab oksidasi adalah kenaikan suhu pada tumpukan batubara secara perlahan dan berakibat timbulnya pembakaran pada batubara yang disimpan. Pencegahan kehilangan karpet dapat dilakukan dengan cara (Wicakmoko, 2016):

- a. Mengeraskan permukaan tanah untuk penyimpanan batubara
- b. Membuat tempat penyimpanan standar yang terbuat dari beton dan bata

Didalam industri, batubara di-*handling* dengan cara pemakaian alat-alat industri seperti *conveyor*, *tripper* dan lain-lain. Pada saat penanganan batubara diusahakan material hancur membentuk partikel kecil sesuai yang ditentukan dan sedikit material yang tercecer.

Persiapan batubara sebelum pengumpanan ke *boiler* merupakan tahap penting untuk mendapatkan pembakaran yang efisien. Bongkahan batubara yang besar dan tidak beraturan dapat menyebabkan kerugian sebagai berikut (Wicakmoko, 2016):

- 1) Kondisi pembakaran buruk dan suhu tungku yang tidak mencukupi
- 2) Tingginya kerugian cerobong akibat volume udara berlebih yang terlalu banyak
- 3) Bahan yang tidak terbakar dalam abu meningkat
- 4) Efisiensi termal rendah

2.2.4 Penggilingan Batubara

Batubara yang memiliki ukuran sesuai dan tepat dengan sistem pembakaran yang dipakai merupakan kunci utama tercapainya pembakaran yang efisien karena proses pembakaran dapat beroperasi dengan baik dan meminimalisir kehilangan abu (Wicakmoko, 2016).

Ukuran batubara diperkecil dengan penghancuran/*crushing* dan penggilingan/*pulverizing*. Pada sistim *handling* batubara, penggilingan dilakukan untuk batubara dengan ukuran diatas 6 atau 4 mm. Peralatan yang umum digunakan untuk penghancuran adalah *rotary breaker*, *roll crusher* dan *hammer mill* (Wicakmoko, 2016).

Sebelum proses penggilingan, alangkah lebih baik jika batubara disaring terlebih dahulu, sehingga hanya batubara yang berukuran lebih yang diumpankan ke penggiling yang akhirnya dapat mengurangi konsumsi daya saat proses penggilingan. Tindakan rekomendasi pada penggilingan batubara agar lebih efisien adalah (Wicakmoko, 2016):

- a. Pemakaian ayakan sebagai pemisah partikel kecil dan halus untuk menghindari tercampurnya partikel yang sudah halus pada penggilingan

- b. Pemasangan *metal detector* atau *magnet separator* untuk menarik logam besi dalam batubara yang dapat merusak alat penggiling

Tabel 2.2 Ukuran batubara yang tepat untuk berbagai jenis sistem pembakaran

Jenis Sistem Pembakaran					
<i>Hand Firing</i> (mm)	<i>Stoker Firing</i> (mm)	<i>Pulverized Fired</i>	<i>Fuel</i>	<i>Fluidized Boiler</i> (mm)	<i>Bed</i>
<i>Natural draft</i> = 25-75	<i>Natural draft</i> = 25-40	75% dibawah mikron*	75	<10mm	
<i>Forced draft</i> = 25-40	<i>Forced draft</i> = 15-25 <i>Spreader stoker</i> = 15-25				

Sumber: Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia -www.energyefficiencyasia.org

2.3 Mesin Pemecah Batubara (*Coal Crusher*)

Coal crusher merupakan alat peremuk untuk mereduksi ukuran material khusus batubara.

2.3.1 Pengertian *Crushing*

Crushing adalah proses pengolahan material padat tingkat pertama yang dilakukan secara mekanik dengan mereduksi ukuran materialnya melalui beberapa proses, diantaranya: ditekan (*compression*), dipukul (*impact*), digesek (*shearing/attrition*), dipotong (*cutting*) dll (Sugiharto dan Sumarga, 2005).

Secara umum komposisi atau proses pengecilan ukuran butir agar bisa digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya adalah sebagai berikut (Imam dkk, 2017);

- Primary crushing*, adalah langkah penghancuran pertama, dimana umpan berupa bongkahan besar berukuran ≥ 80 mm dan produknya berukuran ≤ 80 mm, alat yang digunakan adalah *single roll*.
- Secondary crushing*, adalah langkah penghancuran dari kelanjutan *primary crushing* dimana ukuran umpan lebih kecil ≥ 80 mm dan produknya berukuran ≤ 80 mm. Alat yang digunakan adalah *double roll crusher*.

- c. *Fine crushing*, umpan yang dimasukkan merupakan produk dari *fine crushing*. Dengan ukuran umpan berkisar ≥ 80 mm. Alat yang digunakan adalah *double roll crusher*.

2.3.2 Jenis-jenis *Crusher*

Terdapat berbagai jenis *crusher* dengan berbagai fungsi dan bentuknya yaitu;

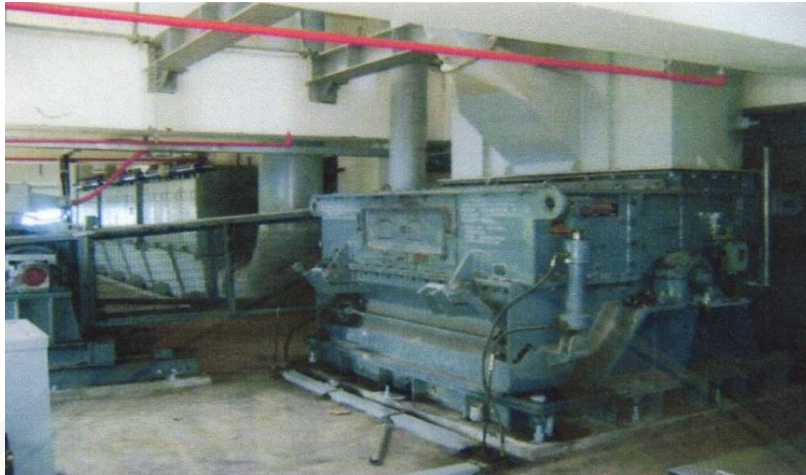
- a. *Stone crusher*
- b. *Jaw crusher*
- c. *Gyratory crusher*
- d. *Impact crusher*
- e. *Cone crusher*
- f. *Roll crusher*
- g. *Hammer mill*
- h. *Ball mill*
- i. *Rod mill*

2.3.3 *Coal Crusher (Ring Hammer Mill Type)*

Coal Crusher berfungsi untuk memperkecil ukuran batu bara dari ukuran ≥ 3 cm menjadi ≤ 3 cm dari *ship unloader*, *slacker reclaimers*, dan *reclaim hopper* sebelum masuk ke *coal bunker*.

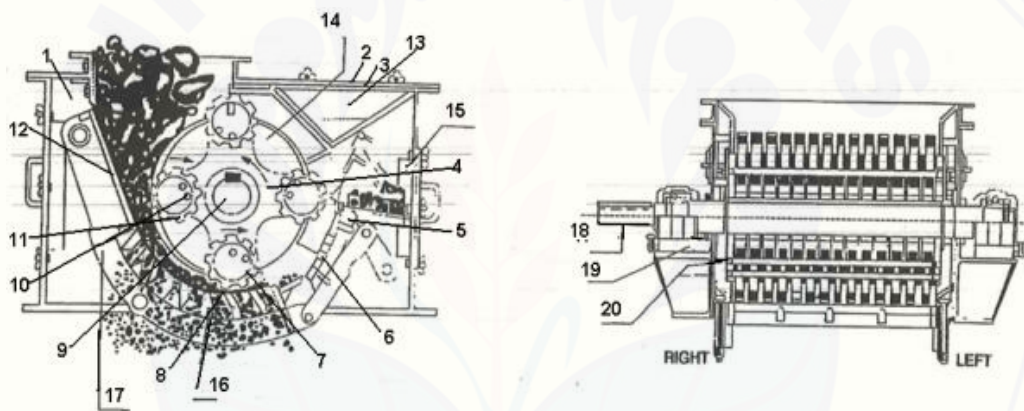
a. Spesifikasi Teknik

- 1) Motor : 75 kW 1480 rpm frame 280
- 2) Tegangan : 6,3 kV AC
- 3) *Capacity* : 700 ton/h
- 4) *Material Handling* : *Coal*
- 5) *Type* : TYPE – ETIK – 15 – 44
- 6) *Speed Nominal* : 3,25 (m/sec)
- 7) *Delay After Trip* : 3x (bila lebih 3x delay > 1 jam)
- 8) *Current Name Plate* : 139,5 A



Gambar 2.3 Coal crusher (Sumber: Dokumentasi pribadi)

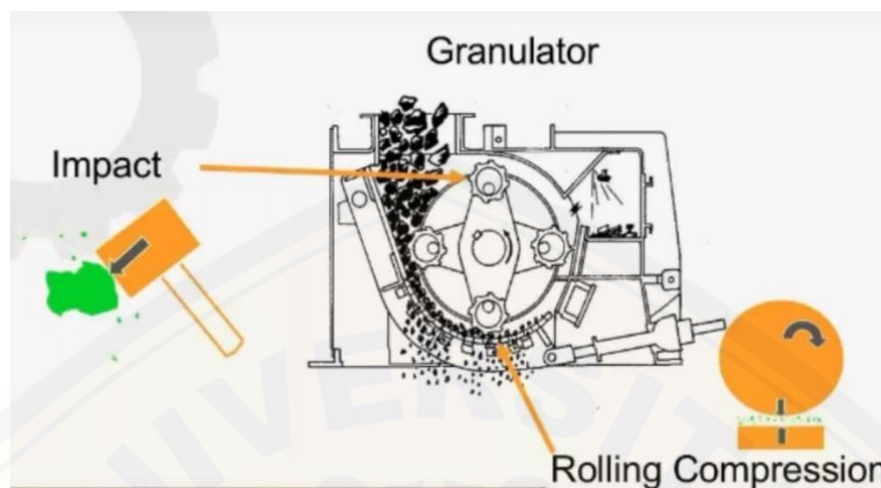
b. Bagian-bagian *Inside Coal Crusher*



Gambar 2.4 Bagian dalam *coal crusher* (Sumber: PT. PJB)

Keterangan:

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1) Machine body | 6) Coal mover |
| 2) Machine cover | 7) Tooth ring hummer |
| 3) Baffle board | 8) Sieve plate |
| 4) Rocker | 9) Main axis |
| 5) Sieve plate adjust | 10) Ring axis |
| 11) Flat ring hummer | 16) Cage bars/ screen plate |
| 12) Coal crusher plate | 17) Cage |
| 13) Deflector plate | 18) Rotor shaft |
| 14) Suspension discs | 19) Dust seal |
| 15) Tramp iron trap | 20) Suspension shaft |

c. Cara Kerja *Coal Crusher*

Gambar 2.5 Prinsip operasi coal crusher (sumber: www.coalhandlingplants.com/ring-granulator/)

Coal crusher dengan tipe *ring hammer* dapat menghancurkan material batubara dengan kombinasi gaya benturan (*impact*) dan tekanan (*rolling compression*). Tindakan penghancuran dilakukan ketika material batubara dijatuhkan melalui lubang umpan dimana material tersebut dipukul oleh *ring hammer* yang didorong oleh cakram *rotor* ke *breaker plate*. *Ring hammer* dipasang pada batang suspensi seperti yang ditunjukkan pada gambar. Rotor disetel dalam gerak gaya sentrifugal yang membawa *ring hammer* bergerak menekan dan menghancurkan material batubara.

Material non batubara yang ikut masuk ke dalam mesin seperti logam-logam akan tertarik oleh *deflector plate* sehingga mengurangi beban dan memungkinkan *ring hammer* bergerak berputar sebelum umpan masuk sekali lagi. *Ring hammer* bersentuhan langsung dengan material batubara pada *cage bars* dan berputar seperti gerakan relative ke arah rotasi rotor. Aktivitas *rolling* ini memberikan tindakan penghancuran yang efektif dan konstan untuk ukuran batubara yang ditentukan. Ukuran batubara yang hancur dan jatuh ke bawah ditentukan oleh ukuran lubang pada *screen plate* dan *clearance*-nya. *Ring hammer* dengan gigi tunggal atau polos atau ganda atau campuran keduanya digunakan untuk memenuhi kriteria penghancuran yang diinginkan. Dan penghancur dengan tipe *ring granulator* merupakan tipe penghancur yang ideal.

d. Pemeliharaan *Coal Crusher*

Pemeliharaan merupakan kegiatan mempertahankan atau mengembalikan kondisi seperti semula untuk memenuhi fungsi kerja dalam mencapai target yang diinginkan.

1) Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal dan berperiodik (Ebeling, 1997). Pemeliharaan ini meliputi:

- a) Pengecekan vibrasi
- b) Pengecekan suhu
- c) Pengecekan bagian *inside coal crusher*
- d) Pemberian dan penggantian *grease*
- e) Membuka *cover including bolt*
- f) Pengecekan keausan *ring hammer* dan *suspension bar*
- g) Pengecekan *hose hydraulic*
- h) Pengecekan *bearing*
- i) Pengecekan kondisi pada *screen plate*
- j) Pengecekan *heavy disc*

2) Pemeliharaan Perbaikan (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan perbaikan adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk mengembalikan status mesin dari tidak baik menjadi baik agar dapat beroperasi seperti keadaan semula (O'Connor, 2004). Pemeliharaan ini meliputi:

- a) Vibrasi tinggi telah melebihi batas yang diperbolehkan, sehingga perlu dilakukan penanganan selanjutnya seperti pengecekan dan/atau penggantian pada *bearing*.
- b) Penggantian *ring hammer* dan *suspension* yang mulai sedikit aus atau pecah
- c) Penggantian *belt* yang putus
- d) Pengecekan suhu yang tinggi
- e) Pengecekan dan pemasangan *bolt bearing (pillow block)* yang lepas

2.3.4 Sistem *Coal Crusher*

Sistem *coal crusher* adalah suatu kesatuan elemen mesin yang beroperasi secara sinergi untuk mengoperasikan *coal crusher* agar berjalan sesuai dengan kondisi dan fungsinya. Elemen mesin tersebut terdiri motor listrik, kopling, bantalan, puli, sabuk V dan baut. Uraian komponen elemen mesin tersebut yaitu sebagai berikut;

a. Motor listrik

Motor listrik sebagai sumber tenaga penggerak utama dalam sistem pengoperasian *coal crusher* adalah sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, kemudian akan meneruskan sumber mekanik ke penggerak lainnya. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar poros hingga akhirnya menjalankan *coal crusher*.

Masing-masing motor listrik mempunyai bagian yang diam (stator) dan yang bergerak (rotor). Stator yaitu suatu kumpulan pada motor yang berfungsi menerima tegangan. Tegangan yang diberikan pada stator akan menghasilkan arus. Arus yang dihasilkan akan menimbulkan medan magnet yang berputar. Medan magnet tersebut akan menginduksi pada rotor dan rotor berputar.



Gambar 2.6 Motor listrik AC (Sumber: Dokumentasi pribadi)

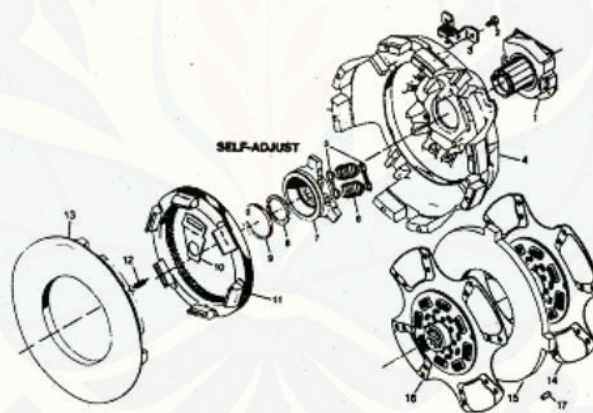
b. Poros

Poros adalah sebuah elemen mesin berbentuk silinder pejal yang berfungsi sebagai penerus putaran, daya dan tempat dudukan elemen-elemen mesin seperti *pulley*, kopling, roda gigi, dan *sprocket*. Terdapat beberapa jenis poros yaitu poros

transmisi berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran, *spindle* berfungsi untuk mentransmisikan namun beban yang diterima hanya beban punter dan ukurannya *relative* pendek, gandar berfungsi untuk menyangga suatu mekanisme dan beban yang diterimanya hanya beban lentur tidak terjadi putaran pada gandar (Sularso dan Suga, 2004).

c. Kopling

Kopling adalah alat yang digunakan untuk menghubungkan dua poros pada kedua ujungnya dengan tujuan untuk mentransmisikan daya mekanis. Kopling biasanya tidak mengizinkan pemisahan antara dua poros ketika beroperasi, namun saat ini ada kopling yang memiliki torsi yang dibatasi sehingga dapat slip atau terputus ketika batas torsi dilewati. Tujuan utama dari kopling adalah menyatukan dua bagian yang dapat berputar. Dengan pemilihan, pemasangan, dan perawatan yang teliti, performa kopling bisa maksimal, kehilangan daya bisa minimum, dan biaya pemeliharaan bisa diperkecil.



Gambar 2.7 Kopling plat ganda (Sumber: kurokotelsuya, 2015)

d. Pulley

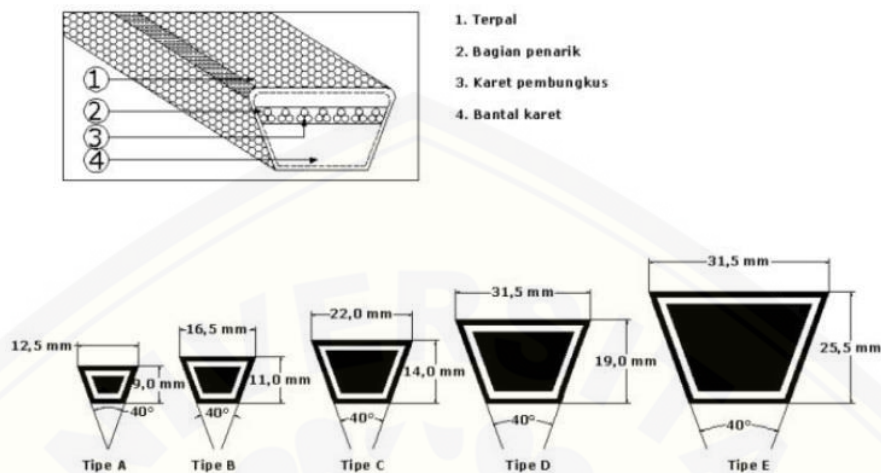
Pulley merupakan suatu elemen mesin yang digunakan sebagai penghubung penggerak dari motor ke benda yang akan digerakkan dan mereduksi kecepatan dari motor listrik, dengan berkurangnya kecepatan motor listrik maka tenaga dari mesin akan ikut bertambah. Bahan *pulley* terbagi menjadi dua, yaitu *pulley* yang terbuat dari besi tuang dan aluminium. Cara kerja *pulley* sering digunakan untuk mengubah arah gaya yang diberikan, mengirimkan gerak dan mengubah arah rotasi.



Gambar 2.8 *Pulley* (Sumber: <http://eprints.polsri.ac.id/1584/3/Bab%202.pdf>)

e. *V-Belt* atau Sabuk V

Penggerak berbentuk sabuk bekerja atas dasar gesekan tenaga yang disalurkan dari mesin penggerak dengan cara persinggungan sabuk yang menghubungkan antar *pulley* penggerak dengan *pulley* yang akan digerakkan. Sebaliknya sabuk mempunyai sifat lekat tetapi tidak lengket pada *pulley* dan salah satu *pulley* itu harus dapat diatur (Pratomo dan Irwanto, 1983). Syarat yang harus dipenuhi untuk bahan sabuk adalah kekuatan dan kelembutan yang berguna untuk bertahan terhadap kelengkungan yang berulang kali disekeliling *pulley*. Selanjutnya yang penting ialah koefisien gesek antara sabuk dan *pulley*, massa setiap satuan panjang dan ketahanan terhadap pengaruh luar seperti uap lembab, kalor, debu, dan sebagainya. *V-Belt* sudah umum digunakan pada peralatan penggerak ataupun pada industri karena memiliki kelebihan antara lain; harga murah dan cara pemasangan yang cukup mudah. Disamping itu juga memiliki kelemahan yaitu mudah slip, tidak dapat meneruskan putaran dengan perbandingan yang cepat dan konstruksi sederhana.



Gambar 2.9 Konstruksi dan ukuran penampang sabuk (Sumber: Sularso, 2004)

f. Bantalan

Bantalan adalah tempat poros bertumpu. Bantalan ini dapat dipasang didalam mesin, dimana poros bertumpu pada bagian yang terpisah. Bantalan dipasang pada bagian mesin yang dinamakan blok bantalan. Dalam bantalan biasanya terjadi gaya reaksi. Apabila gaya reaksi ini jauh lebih banyak mengarah tegak pada garis sumbu poros, bantalan dinamakan bantalan radial, kalau gaya reaksi itu jauh lebih banyak mengarah sepanjang garis sumbu, namanya adalah bantalan aksial (Daryanto, 1993).

Bantalan adalah elemen mesin yang mempunyai poros berbeban sehingga gerakan bolak-balik dapat berlangsung dengan halus, aman dan tahan lama. Bantalan harus kokoh untuk memungkinkan poros dan elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tidak dapat bekerja semestinya. Jadi, bantalan dalam permesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung. Bantalan dalam peralatan usaha tani diperlukan untuk menahan berbagai suku pemindah daya tetap ditempatnya. Bantalan yang tepat untuk digunakan ditentukan oleh besarnya keausan, kecepatan putar poros, beban yang harus didukung, dan besarnya daya dorong akhir.



Gambar 2.10 *Bearing* (Sumber: <http://eprints.polsri.ac.id/1584/3/Bab%202.pdf>)

g. *Baut (Bolt)*

Baut pengikat berfungsi untuk mengikat *dies* ke pelat bawah dan pelat pemegang *punch* ke pelat atas. Diameter dan panjang baut pengikat disesuaikan dengan ukuran dua komponen yang diikatnya.



Gambar 2.11 *Baut* (Sumber: <http://eprints.polsri.ac.id/1584/3/Bab%202.pdf>)

2.4 Produktivitas

Produktivitas merupakan suatu ukuran yang menyatakan bagaimana baiknya sumber daya diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal. Secara umum produktivitas dapat dinyatakan sebagai rasio antara jumlah keluaran (*output*) terhadap jumlah masukan (*input*) (Herjanto, 1999). Menurut Sawhney (1991) terdapat dua metode untuk pengukuran produktivitas, yaitu:

- a. Produktivitas fisik, adalah suatu indeks keluaran yang bersifat kuantitatif (misalnya ton) per luas tempat kerja, per tenaga kerja, atau per jam. Produktivitas cocok untuk menentukan efisiensi operasi tempat kerja, yang dirumuskan sebagai berikut:

- b. Produktivitas nilai, adalah keluaran dan masukan dihitung dalam nilai moneter produksi atau penjualan. Produktivitas nilai paling tetap untuk menunjukkan produktivitas dalam konteks nilai moneter, yang dirumuskan sebagai berikut:

Hasil produktivitas secara menyeluruh selanjutnya akan dievaluasi untuk melihat apakah target telah tercapai. Keseluruhan prosedur evaluasi merupakan suatu penilaian atas hasil yang telah dicapai. Kegiatan pengukuran dan evaluasi merupakan bagian dari siklus produktivitas dimana kegiatan dalam siklus tersebut dilakukan secara berkesinambungan selama program produktivitas formal masih berjalan (Mali, 1978).



Gambar 2.12 Skema siklus produktivitas (Sumber: Mali, 1978)

2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Definisi *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* adalah sebuah metrik yang berfokus pada seberapa efektif suatu operasi produksi dijalankan. Hasil dinyatakan dalam bentuk yang bersifat umum sehingga memungkinkan perbandingan antara unit manufaktur di industri yang berbeda. Pengukuran *OEE* juga biasanya digunakan sebagai indikator kinerja utama *Key Performance Indicator (KPI)* dalam implementasi *lean manufacturing* untuk memberikan 10 indikator keberhasilan.

Menurut Nakajima (1988), *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* adalah sebuah metrik yang berfokus pada seberapa efektif suatu operasi produksi dijalankan. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengukur efektivitas mesin yang berdasarkan pengukuran tiga

rasio utama, yaitu : *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality* (Saiful, et.al., 2014).

OEE bukan hal baru dalam dunia industri dan manufaktur, teknik pengukurannya sudah dipelajari dalam beberapa tahun dengan tujuan penyempurnaan perhitungan. Tingkat keakuratan *OEE* dalam pengukuran efektifitas memberikan kesempatan kepada semua bidang manufaktur untuk mengaplikasikan sehingga dapat dilakukan usaha perbaikan terhadap proses itu sendiri (Oktaria, 2011).

2.5.1 Pengukuran Nilai *OEE*

a. *Availability*

Availability merupakan ketersediaan mesin/peralatan untuk melakukan kegiatan operasi mesin yang digambarkan dengan perbandingan antara waktu operasi (*operation time*) terhadap waktu persiapan (*loading time* atau *planned production time*) mesin (Darmawan dan Suhardi, 2017). Maka *availability* dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Availability rate} = \frac{\text{Planned Production Time} - \text{Total Downtime}}{\text{Planned production time}} \times 100\% \dots (2.1)$$

Keterangan:

- *Planned production time* adalah waktu total dimana mesin diharapkan bekerja untuk menghasilkan produk.
- *Total downtime* adalah waktu total dimana mesin mengalami kerusakan secara tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan atau penyetulan mesin

b. *Performance*

Performance adalah tolak ukur dari efisiensi suatu kinerja mesin menjalankan proses produksi. *Performance rate* merupakan hasil pembagian dari *actual capacity production* dengan *ideal run time* (Darmawan dan Suhardi, 2017). Maka *performance* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Aktual Capacity Production}}{\text{Ideal Run Time}} \times 100\% \dots (2.2)$$

Keterangan:

- *Actual capacity production* dihasilkan dari total produksi dibagi *operating time*.
- *Ideal run time* adalah kapasitas ideal mesin dalam menghasilkan produk

c. *Quality*

Quality rate adalah perbandingan jumlah produk yang baik terhadap jumlah produk yang diproses. Jadi *quality* merupakan hasil perhitungan dengan faktor *processed amount* dan *defect amount*. Formula ini sangat membantu untuk mengungkapkan masalah kualitas proses produksi (Darmawan dan Suhardi, 2017).

$$Quality\ rate = \frac{Processed\ amount - Defect\ amount}{Processed\ amount} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- *Processed amount* adalah jumlah produk yang diproses
- *Defect amount* adalah jumlah produk yang cacat

Setelah mendapatkan nilai *availability*, *performance* dan *quality rate* maka OEE adalah gabungan dari ketiga formula di atas.

$$OEE = Availability\ rate \times Performance\ rate \times Quality\ rate \dots\dots (2.4)$$

Berikut adalah nilai ideal OEE :

Tabel 2.3 *Standart world class OEE*

Deskripsi	Nilai
<i>Availability</i>	>90%
<i>Performance</i>	>95%
<i>Quality</i>	>99%
OEE	>85%

(Sumber: Seiichi Nakajima, 1989)

Berikut adalah nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan tingkat pencapaian tertentu (Malik, 2013) :

- 1) Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 100% merupakan proses produksi yang sempurna: produk yang dihasilkan dari proses manufaktur sesuai standar, tidak ada cacat, tidak ada *downtime*, dan kecepatan produksi tinggi sebanding dengan waktu siklus dan kapasitas terpasang yang sesuai.
- 2) Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 85% merupakan tingkat kelas dunia (*world class level*) untuk industri tingkat global dengan proses produksi secara otomatisasi dengan karakteristik pabrikan tertentu, untuk

beberapa perusahaan dengan nilai rasio seperti ini menjadi target jangka panjang.

- 3) Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 60% merupakan pencapaian dengan tingkat yang wajar (*fairly typical level*), dan terindikasi banyak ruang perbaikan yang harus dilakukan untuk mencapai tingkat perusahaan kelas dunia.
- 4) Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 40% merupakan tingkat pencapaian rendah yang biasanya didapatkan oleh industri yang akan berdiri dan memiliki sistem yang baru, dan terus melakukan pembenahan dalam mengidentifikasi kinerja perusahaannya.

2.5.2 Pengukuran Nilai Faktor *Six Big Loses*

Terdapat enam kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan dan mesin yaitu *equipment failure (breakdown losses)*, *setup and adjustment losses*, *idling and minor stoppage losses*, *reduced speed losses*, *process defect losses*, *reduced yield losses* (Saiful, et al., 2014).

a. *Breakdown losses (BL)*

Breakdown losses yaitu kerusakan mesin/peralatan yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan yang akan menyebabkan kerugian, karena mesin tidak beroperasi dan menghasilkan output (Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *breakdown losses* (BL) digunakan rumus:

$$BL = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

b. *Setup and adjustment losses (SAL)*

Setup and adjustment losses (SAL) yaitu kerugian karena pemasangan dan penyetulan (Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *setup and adjustment losses* digunakan rumus:

$$SAL = \frac{\text{Total waktu Setup \& Adj}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

c. *Idle and minor stoppage losses (IMSL)*

Idle and minor stoppage losses (IMSL) disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin

(Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *idle and minor stoppage losses* digunakan rumus:

$$IMSL = \frac{\text{Nonproductive time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

d. *Reduced speed losses (RSL)*

Reduced speed losses (RSL) yaitu kerugian karena mesin tidak bekerja optimal (penurunan kecepatan operasi) dan terjadi jika kecepatan aktual operasi mesin atau peralatan lebih kecil dari kecepatan optimal atau kecepatan mesin yang dirancang (Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *reduced speed losses* digunakan rumus:

$$RSL = \frac{\text{Actual processing time} - \text{Ideal processing time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

e. *Process defect losses (RDL)*

Process defect losses adalah produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkat dan peningkatan biaya untuk pengerjaan ulang (Limantoro & Felecia, 2013). Rumus penghitungan untuk *process defect losses* adalah:

$$RDL = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Total process defect}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

f. *Reduced yield losses (RYL)*

Reduced yield losses adalah kerugian yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang diharapkan. Kerugian yang timbul bergantung pada faktor seperti kondisi operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan dan pemasangan peralatan ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan produksi yang dilakukan (Limantoro & Felecia, 2013). Rumus penghitungan untuk *reduce yield losses* adalah:

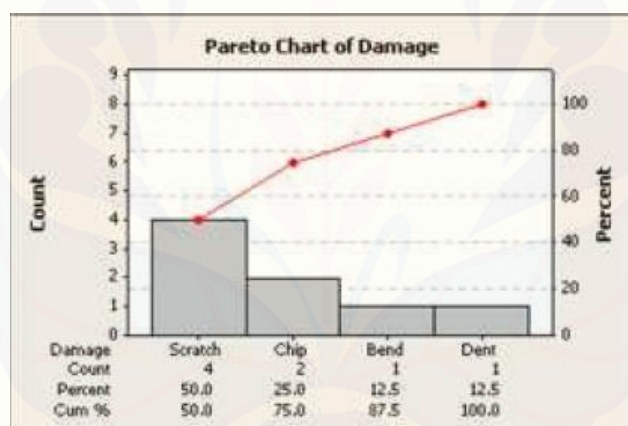
$$RYL = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Total reduced yield}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

2.6 Diagram Pareto (*Pareto Chart*)

Diagram pareto adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menyeleksi masalah utama agar kualitas meningkat. Diagram ini memperlihatkan seberapa tinggi frekuensi macam-macam tipe permasalahan yang terjadi dengan

daftar masalah pada sumbu x dan/atau jumlah frekuensi kejadian pada sumbu y. Kategori masalah diidentifikasi sebagai masalah utama dan masalah yang tidak penting. Diagram pareto berfungsi menemukan garis permasalahan yang kritis dan membutuhkan perhatian secepatnya sehingga didapat kebijakan untuk menyelesaikannya (Yuri, dkk, 2013).

Diagram pareto dibuat untuk mencari jalan keluar dari masalah atau penyebab yang merupakan kunci dalam penyelesaian masalah dan perbandingan terhadap keseluruhan. Setelah mengetahui penyebab dominannya maka akan lebih mudah untuk menetapkan prioritas perbaikannya. Penyelesaian pada faktor penyebab yang dominan akan memberikan pengaruh yang lebih besar daripada perbaikan faktor penyebab yang tidak berarti (Rosnani, 2007 dikutip dalam Prastiyo, 2013). Berikut contoh dari diagram pareto:



Gambar 2.13 Contoh diagram pareto (Sumber: *Minitab 15 Statistical Software*, 2013)

Diagram pareto dapat digunakan untuk (Haming, 2007 dikutip dalam Prastiyo, 2013):

- Melakukan penelitian atas data yang ada tentang frekuensi permasalahan dan penyebabnya dalam suatu proses produksi.
- Menjumpai banyak penyebab atau permasalahan yang ingin dijadikan fokus dengan cara yang signifikan.
- Melakukan pengidentifikasian analisis penyebab secara luas dan ingin memperhatikan komponen penyebab yang spesifik.

- d. Mengkomunikasikan data yang ada dengan pihak lain.

2.7 Diagram Sebab – Akibat (*Fishbone Diagram*)

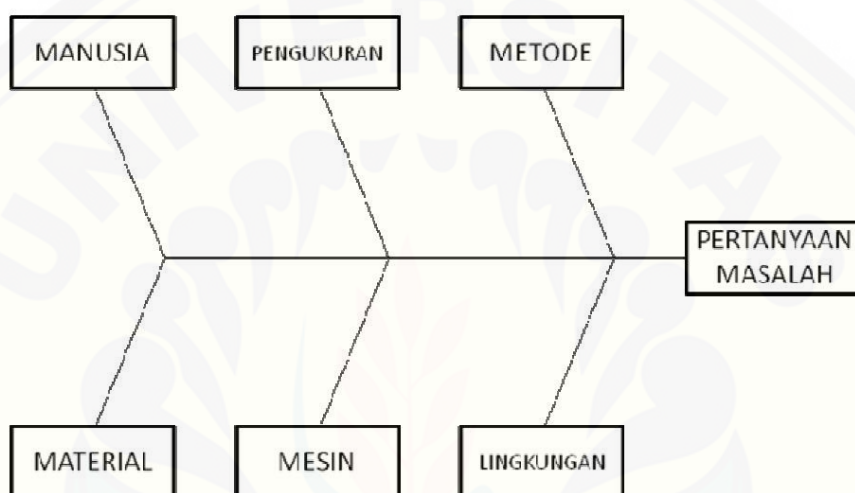
Menurut Gaspersz (2003) diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis lebih terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang ada. Diagram ini dapat digunakan dalam situasi dimana:

- a. Terdapat pertemuan diskusi dengan menggunakan teknik nalar (*brainstorming*) untuk mengidentifikasi mengapa suatu masalah terjadi.
- b. Diperlukan analisis lebih terperinci terhadap suatu masalah.
- c. Terdapat kesulitan untuk memisahkan penyebab dari akibat.

Penggunaan diagram sebab-akibat dapat mengikuti langkah-langkah berikut:

- 1) Mendapatkan kesepakatan tentang masalah yang terjadi dan ungkapkan masalah tersebut sebagai suatu pertanyaan masalah (*problem question*).
- 2) Meningkatkan sekumpulan penyebab yang mungkin dengan menggunakan teknik nalar atau dengan membentuk anggota tim yang memiliki ide-ide berkaitan dengan masalah yang sedang dihadapi.
- 3) Menggambarkan diagram dengan pertanyaan masalah yang ditempatkan pada sisi kanan (membentuk kepala ikan) dengan kategori utama seperti manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), bahan baku (*material*), pengukuran (*measurement*), dan lingkungan (*environment*). Kategori utama tersebut ditempatkan pada cabang utama (membentuk tulang-tulang besar dari ikan) dimana kategori utama ini dapat diubah sesuai kebutuhan.
- 4) Menetapkan setiap penyebab dalam kategori utama yang sesuai dengan menempatkan pada cabang yang sesuai juga.
- 5) Untuk setiap penyebab yang mungkin, menanyakan “mengapa?” untuk menemukan akar penyebab, kemudian mendaftarkan akar-akar penyebab tersebut pada cabang-cabang yang sesuai dengan kategori utama (membentuk tulang-tulang kecil ikan).

- 6) Menginterpretasi diagram tersebut dengan melihat penyebab-penyebab yang muncul secara berulang, kemudian mendapatkan kesepakatan melalui konsensus tentang penyebab tersebut. Menetapkan hasil analisis dengan menggunakan diagram sebab-akibat tersebut dengan cara mengembangkan dan mengimplementasikan tindakan korektif serta memantau hasil-hasil untuk memastikan bahwa tindakan korektif yang dilakukan tersebut efektif telah menghilangkan akar penyebab dari masalah yang dihadapi (Gasperz, 2003).



Gambar 2.14 Bentuk umum diagram *fishbone* (Sumber: Gasperz, 2003)

2.8 Hipotesis

Berdasarkan permasalahan yang ada dan didukung oleh teori yang dikemukakan, maka diperoleh hipotesis awal pada penelitian ini adalah analisis nilai *Overall Equipment Effectiveness* dan nilai faktor *Six Big Losses* serta pengaruh keduanya satu sama lain dapat menunjukkan produktivitas mesin *coal crusher* dengan memunculkan nilai dan akar penyebab masalah kerugian mesin yang dominan. Kemudian dari akar masalah yang ada dapat diambil tindakan identifikasi penyelesaian masalah mesin *coal crusher*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

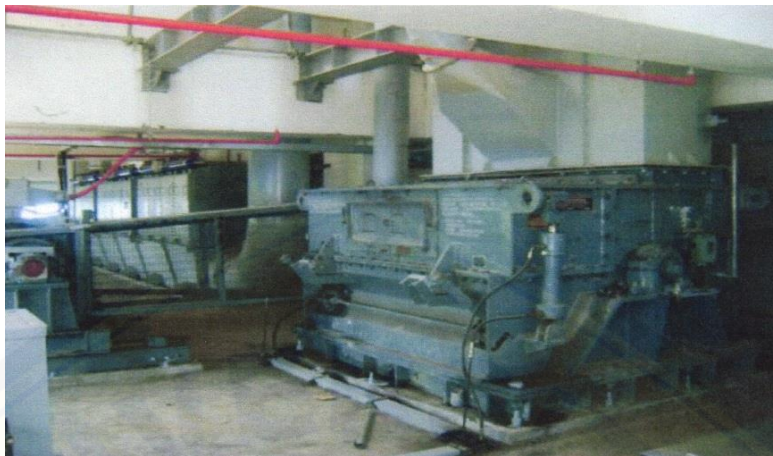
Penelitian ini dilaksanakan selama 1 bulan mulai tanggal 4 Desember 2017 – 29 Desember 2017 di bagian *Coal Handling System* Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. PJB UBJOM Rembang Jawa Tengah khususnya mesin *coal crusher*.

3.2 Objek Penelitian

Pada penelitian ini objek yang dijadikan sampel adalah mesin *coal crusher* beserta data *record* produktivitas dan jam kerjanya di unit *Coal Handling System* Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. PJB UBJOM Rembang Jawa Tengah.

3.2.1 Spesifikasi Teknik

- a. Motor : 75 kW 1480 Rpm frame 280
- b. Tegangan : 6,3 kV AC
- c. *Capacity* : 700 ton/h
- d. *Material Handling* : Coal
- e. *Type* : TYPE – ETIK – 15 – 44
- f. *Speed Nominal* : 3,25 (m/sec)
- g. *Delay After Trip* : 3x (bila lebih 3x delay > 1 jam)
- h. *Current Name Plate* : 139,5 A



Gambar 3.1 *Coal crusher* (Sumber: Dokumentasi pribadi)

3.3 Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan.

a. Penetapan parameter yang digunakan serta variabel terikat

Pada dasarnya banyak variabel yang mempengaruhi nilai produktivitas mesin *coal crusher*. Pada penelitian ini dibagi menjadi dua variabel, yaitu:

1) Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas yaitu variabel yang komponennya ditentukan oleh peneliti sebelum dilakukan penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah nilai faktor *Six Big Losses* yaitu *Breakdown Losses, Setup and Adjustment Losses, Idle and Minor Stoppage Losses, Reduced Speed Losses, Process Defect Losses*, dan *Reduced Yield Losses* mesin *coal crusher*

2) Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat merupakan suatu variabel yang komponennya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi isinya tergantung pada variabel bebasnya. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil data analisis nilai *OEE* produktivitas mesin *coal crusher*.

3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini dilaksanakan setelah permasalahan penelitian sudah teridentifikasi.

3.4.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Studi literatur, yaitu teknik pengumpulan data dari berbagai sumber literatur tentang produktivitas mesin *coal crusher*
- b. Observasi lapangan, yaitu teknik pengumpulan data dengan pengamatan dan penginderaan di lapangan
- c. Wawancara, yaitu teknik pengumpulan data dengan mengungkapkan tujuan wawancara dan memberikan tema wawancara kepada narasumber

3.4.2 Pengumpulan Data

Untuk menghasilkan penelitian yang ilmiah dan bisa dipertanggung jawabkan, data merupakan hal yang sangat signifikan. Oleh sebab itu data yang dikumpulkan haruslah benar-benar riil dan bukan rekayasa. Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan menggunakan data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari sumber datanya di lapangan. Data primer disebut juga sebagai data asli atau data baru yang memiliki sifat *up to date*. Data primer yang diperoleh peneliti ialah data:

- 1) Data jam operasi mesin *coal crusher*
- 2) Waktu *delay* mesin *coal crusher*
- 3) Proses produksi mesin *coal crusher*
- 4) Kapasitas produksi penghancuran batubara

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang secara tidak langsung memberikan informasi kepada pengumpul data seperti melalui wawancara dan dokumen. Data sekunder yang diperoleh peneliti ialah data:

- 1) Data kerusakan mesin *coal crusher*
- 2) Tipe mesin *coal crusher*

3.4.3 Pengolahan dan Analisis Data

a. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data semua data yang telah dikumpulkan akan dilakukan dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness*, tool ini digunakan untuk mengetahui nilai produktivitas mesin *coal crusher*.

Tahap dalam pengolahan data menggunakan yaitu :

- 1) Mengidentifikasi sistem dan proses
- 2) Menghitung *Availability Ratio*
- 3) Menghitung *Performance Ratio*
- 4) Menghitung *Quality Ratio*
- 5) Menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness*
- 6) Menghitung nilai faktor *Six Big Losses*
- 7) Menganalisis akar masalah faktor dominan *Six Big Losses* dengan menggunakan diagram Pareto
- 8) Menganalisis korelasi regresi nilai *OEE Six Big Losses* terhadap nilai *Overall Equipment Effectiveness* menggunakan *SPSS 17.0 for Windows*
- 9) Menganalisis dan mengidentifikasi akar penyebab masalah yang timbul

b. Analisis Data

Setelah melakukan penelitian, pengumpulan data dan pengolahan data, langkah selanjutnya yakni melakukan analisis korelasi regresi faktor nilai *Six Big Losses* terhadap nilai *Overall Equipment Effectiveness* menggunakan SPSS 17. Tujuan dilakukan analisis nilai ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh faktor nilai *Six Big Losses* (bebas/independen) terhadap nilai *Overall Equipment Effectiveness* (terikat/dependen) yang diperoleh pada mesin *coal crusher*.

Analisis regresi digunakan untuk mengungkapkan hubungan fungsional antara kedua variabel, sedangkan analisis korelasi mengungkapkan tingkat kedekatan hubungan itu, walaupun dimungkinkan penggunaan analisis regresi dan analisis korelasi secara terpisah, namun dalam kenyataan, istilah analisis korelasi mencakup masalah korelasi dan regresi.

1) Analisis Korelasi

Dalam analisis korelasi yang dicari adalah koefisien korelasi yaitu angka yang menyatakan derajat hubungan antara variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y) atau untuk mengetahui kuat atau lemahnya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

a) Analisis Korelasi Parsial

Analisis korelasi parsial ini digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara korelasi kedua variabel dimana variabel lainnya dianggap berpengaruh dikendalikan atau dibuat tetap (sebagai variabel kontrol) (Sugiyono, 2014).

Menurut Sugiyono (2012) penentuan koefisien korelasi dengan menggunakan metode analisis korelasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan:

r = koefisien korelasi pearson

x = variabel independen

y = variabel dependen

n = banyak sampel

Sebagai bahan penafsiran terhadap koefisien korelasi yang ditemukan besar atau kecil, maka dapat berpedoman pada ketentuan berikut ini:

Tabel 3.1 Pedoman menginterpretasikan koefisien korelasi

Interval Korelasi	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat kuat

Sumber: Sugiyono (2014)

b) Analisis Korelasi Berganda

Analisis korelasi berganda digunakan untuk mengetahui derajat atau kekuatan hubungan antara seluruh variabel X terhadap variabel Y secara bersamaan. Menurut Sugiyono (2014) koefisien korelasi tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R_{y \cdot x_1 x_2} = \sqrt{\frac{r^2_{yx_1} + r^2_{yx_2} - 2r_{yx_1}r_{yx_2}}{1 - r^2_{x_1 x_2}}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

$R_{y \cdot x_1 x_2}$ = Koefisien korelasi antara variabel X₁ dan X₂

r_{yx_1} = Koefisien korelasi X₁ terhadap Y

r_{yx_2} = Koefisien korelasi X₂ terhadap Y

$r^2_{x_1 x_2}$ = Koefisien korelasi X₁ terhadap X₂

Koefisien korelasi (R) merupakan indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur keamatan hubungan (kuat, lemah, atau tidak ada) antar variabel. Koefisien korelasi ini memiliki nilai antara -1 dan +1, berikut ulasannya;

- (1) Jika R bernilai positif, maka variabel-variabel berkorelasi positif. Semakin dekat nilai R ini ke +1 maka semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.
- (2) Jika R bernilai negatif, maka variabel-variabel berkorelasi negatif. Semakin dekat nilai R ini ke -1 maka semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.
- (3) Jika R bernilai 0 (nol) maka variabel-variabel tidak menunjukkan korelasi.
- (4) Jika R bernilai +1 atau -1 maka variabel menunjukkan korelasi positif atau negatif yang sempurna

2) Analisis Regresi

a) Analisis Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi linier sederhana ini digunakan untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel independen (X) terhadap variabel dependen (Y) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(3.3)$$

Menurut penjelasan rumus diatas peneliti hanya menggunakan 2 (dua) variabel dengan keterangan sebagai berikut:

Y = Variabel dependen

a = Bagian konstanta

b = Koefisien arah regresi

b) Analisis Regresi Berganda

Analisis regresi berganda adalah hubungan secara linier antara dua atau lebih variabel independen (X_1, X_2, \dots, X_n) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan (Priyatno, 2008)

Persamaan regresi berganda untuk dua prediktor yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

$$Y = \alpha + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + e \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

Y = Variabel dependen

α = Koefesien konstanta

$\beta_1\beta_2$ = Koefesien regresi

x_1 = Variabel independen 1

x_2 = Variabel independen 2

e = Tingkat kesalahan (*error*)/Pengaruh faktor lain

3) Pengujian Hipotesis

Hipotesis yang akan di uji dalam penelitian adalah ada atau tidaknya variabel bebas terhadap variabel terikat. Untuk menguji hipotesis tersebut maka data yang diperoleh dianalisis dengan rumus Uji T dan Uji F.

a) Uji Parsial (T-test)

Pengujian yang dilakukan adalah uji parameter (uji korelasi) dengan menggunakan uji T-statistik. Hal ini membuktikan apakah terdapat pengaruh antara masing-masing variabel independen (X) terhadap variabel dependen (Y). Menurut Sugiyono (2014) menggunakan rumus:

$$T = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

- T = Nilai uji T
- R = Koefisien korelasi pearson
- R^2 = Koefisien determinasi
- n = Jumlah sampel

Hasil perhitungan ini selanjutnya dibandingkan dengan T_{tabel} dengan menggunakan tingkat kesalahan $\alpha= 0,05$ (5%) uji dua pihak dan $dk = n - 2$, kriteria sebagai berikut:

- H_0 diterima jika nilai signifikansi $> 0,05$
- H_0 ditolak jika nilai signifikansi $< 0,05$

atau

- H_0 diterima bila $T_{hitung} < T_{tabel}$ atau $-T_{hitung} > -T_{tabel}$
- H_0 ditolak bila $T_{hitung} > T_{tabel}$ atau $-T_{hitung} < -T_{tabel}$

Jika hasil pengujian statistik menunjukkan H_0 ditolak, maka berarti variabel-variabel independen/bebas secara parsial mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen/terikat. Tetapi apabila H_0 diterima, maka berarti variabel-variabel independen/bebas tersebut tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen/terikat.

b) Uji Simultan (F-test)

Pengujian yang dilakukan ini adalah dengan uji parameter β (uji korelasi) dengan menggunakan uji F-statistik. Untuk menguji pengaruh variabel bebas secara bersama-sama (simultan) secara signifikan terhadap variabel terikat atau tidak digunakan uji F yang dapat dijelaskan dengan analisis varian. Menurut Sugiyono (2014) dirumuskan sebagai berikut:

$$F_h = \frac{R^2/k}{\left(\frac{1-R^2}{n-k-1}\right)} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan:

F_h = Nilai uji F

R^2 = Koefisien korelasi berganda

k = Jumlah variabel independen

n = Jumlah anggota sampel

Distribusi F ini ditentukan oleh derajat kebebasan pembilang dan penyebut, yaitu k dan $n - k - 1$ dengan menggunakan tingkat kesalahan 0,05. Untuk uji F, kriteria yang dipakai adalah:

- H_0 diterima jika nilai signifikansi $> 0,05$
- H_0 ditolak jika nilai signifikansi $< 0,05$

atau

- H_0 diterima bila $F_{hitung} < F_{tabel}$
- H_0 ditolak bila $F_{hitung} > F_{tabel}$

Bila H_0 diterima, maka dapat diartikan bahwa tidak ada signifikannya suatu pengaruh dari variabel bebas secara bersama-sama atas suatu variabel terikat dan penolakan H_0 menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari variabel bebas (lebih dari dua) yang secara bersama-sama terhadap suatu variabel terikat.

4) Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi merupakan ukuran untuk mengetahui kesesuaian atau ketepatan antara nilai dugaan atau garis regresi dengan data sampel. Besarnya koefisien determinasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R^2 = (R)^2 \times 100\% \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana :

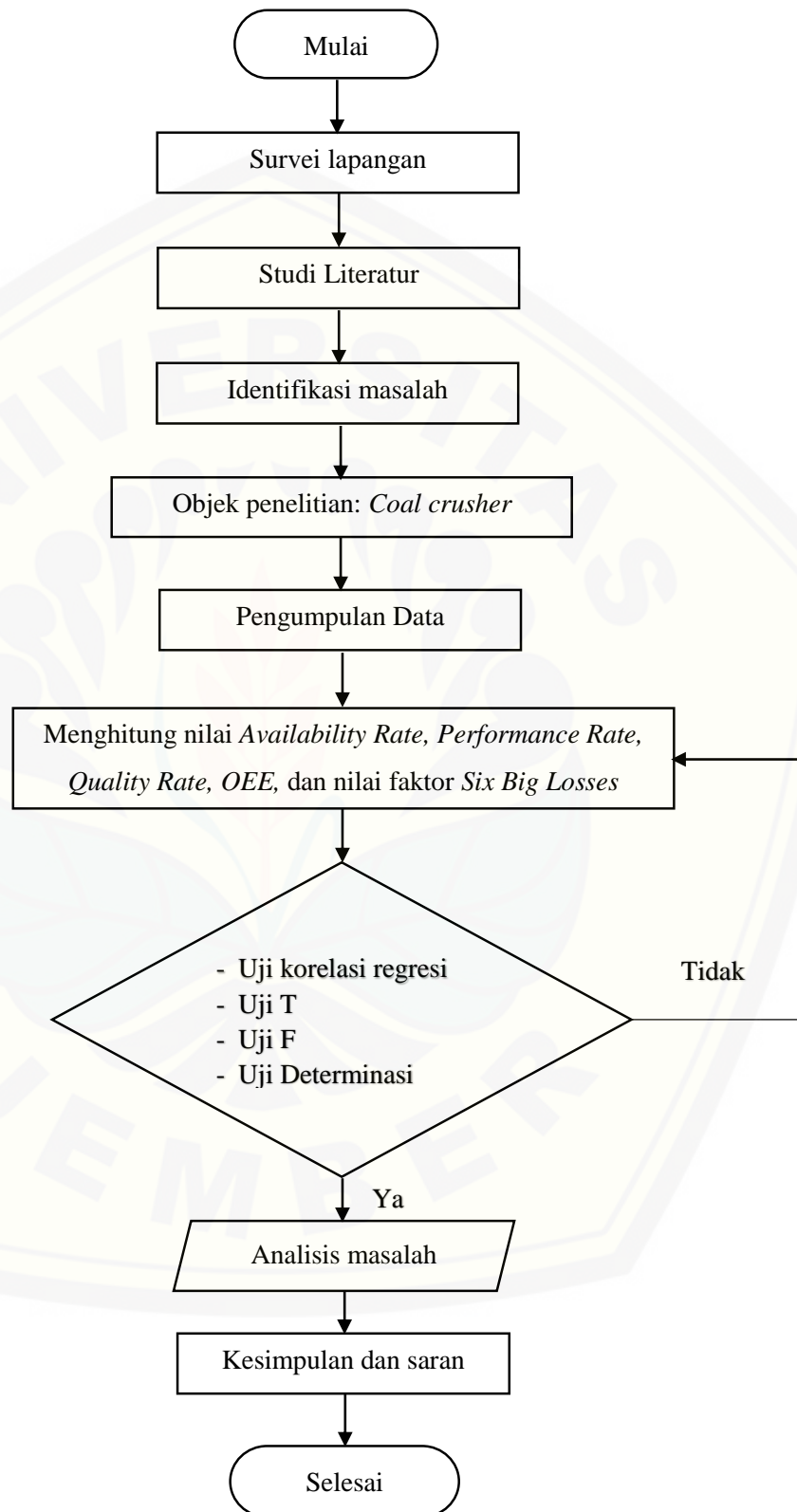
R^2 = Koefisien determinasi

R = Koefisien korelasi

Kriteria untuk analisis koefisien determinasi adalah:

- a) Jika R^2 mendeteksi nol (0), maka pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat lemah.
- b) Jika R^2 mendeteksi satu (1), maka pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat kuat.

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Objek penelitian ini adalah mesin *coal crusher* tipe *ring granulator* pada *Coal Handling System* Pembangkit Listrik Tenaga Udara PT. PJB UBJOM Rembang Jawa Tengah dengan spesifikasi teknik yang sudah dicantumkan di bab 3 sebelumnya. Mesin *coal crusher* adalah mesin penghancur batubara yang mereduksi batubara dari ukuran ≥ 3 cm menjadi ≤ 3 cm dari *ship unloader*, *slacker reclaim*, dan *reclaim hopper* sebelum masuk ke *coal bunker*.

Mesin *coal crusher* yang terus-menerus beroperasi dan tidak jarang juga beroperasi melebihi batas yang diperbolehkan agar target produksi tercapai perlu diketahui dan dihitung tingkat produktivitasnya untuk memastikan mesin tersebut dapat terus beroperasi sesuai jadwal yang telah ditentukan. Metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat produktivitas mesin *coal crusher* adalah *Overall Equipment Effectiveness*. Data yang dibutuhkan adalah data jam operasi mesin, waktu delay mesin, proses dan kapasitas produksi, kerusakan mesin pada periode bulan Juni - November 2017.

4.1.1 Data Downtime Mesin Coal Crusher

Downtime adalah waktu dimana mesin mengalami kerusakan secara tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan atau saat penyetulan mesin. *Planned production time* adalah waktu total dimana mesin diharapkan bekerja untuk menghasilkan produk dengan jam kerja operasi yakni 8 jam/hari.

Tabel 4.1 Data *Downtime* mesin *coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	Total Downtime (hour)	Planned Production Time (hour)
Juni	0	8 x 30 = 240
Juli	56	8 x 31 = 248
Agustus	112	8 x 31 = 248
September	0	8 x 30 = 240
Oktober	0	8 x 31 = 248
November	72	8 x 30 = 240

4.1.2 Data Proses *Crushing* (P penghancuran) Batubara

Data proses produksi penghancuran batubara oleh mesin *coal crusher* periode Juni 2017- November 2017 yaitu sebagai berikut;

- Real production* adalah total produksi output batubara berdasarkan kondisi aktual/nyata yang ada
- Ideal run time* adalah kapasitas produksi yang diharapkan atau ditargetkan oleh perusahaan sesuai dengan kapasitas mesin berdasarkan spesifikasi tekniknya.

Tabel 4.2 Data produksi penghancuran batubara bulan Juni-November 2017

Bulan	<i>Real Production (hour)</i>	<i>Ideal Run Time (ton/hour)</i>
Juni	99427	700
Juli	106805	700
Agustus	120374	700
September	123705	700
Oktober	137414	700
November	125212	700

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Perhitungan *Availability Rate*

Availability Rate adalah suatu nilai yang menjelaskan tentang pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin. Rumus yang digunakan untuk mengukur *Availability Rate* adalah:

$$\text{Availability rate} = \frac{\text{Planned Production Time} - \text{Total Downtime}}{\text{Planned production time}} \times 100\%$$

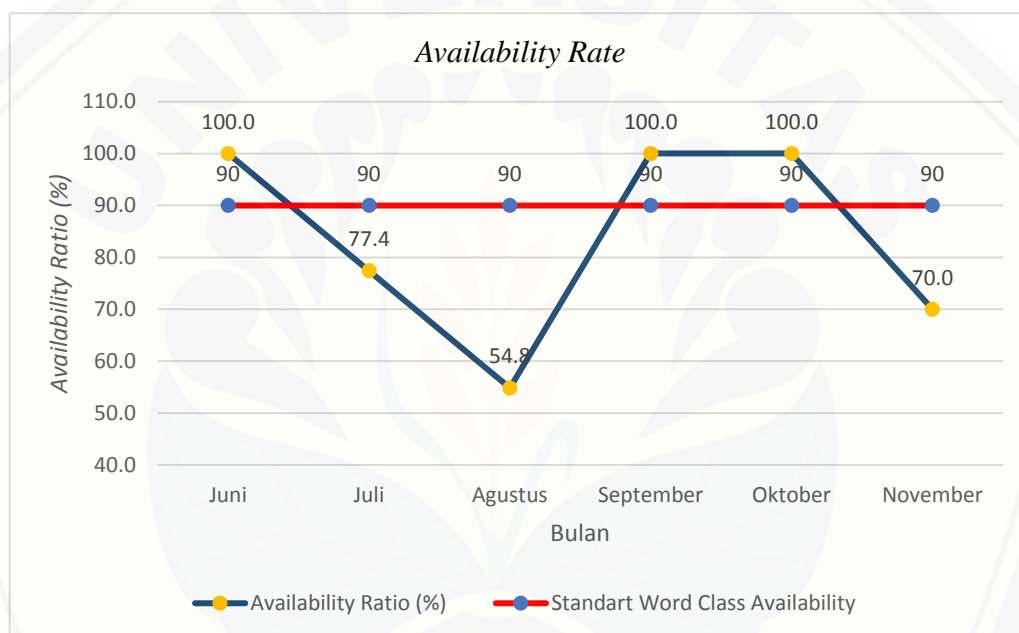
Perhitungan *Availability Rate* untuk mesin *coal crusher* bulan Juni 2017 adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned} \text{Availability rate} &= \frac{\text{Planned Production Time} - \text{Total Downtime}}{\text{Planned production time}} \times 100\% \\ &= \frac{240-0}{0} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung *Availability Rate* mesin *coal crusher* sampai bulan November 2017 seperti terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Availability Rate coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	Waktu Kerja Mesin / Operating Time (hour)	Total Downtime (hour)	Planned Production Time (hour)	Availability Ratio (%)
Juni	240	0	240	100,0
Juli	192	56	248	77,4
Agustus	136	112	248	54,8
September	240	0	240	100
Oktober	248	0	248	100
November	168	72	240	70



Gambar 4.1 Grafik nilai *Available Rate coal crusher* bulan Juni-November 2017

Selama bulan Juni sampai November 2017 diperoleh nilai *Availability Rate* mesin *coal crusher* dari 0%-100% dengan nilai tertinggi berada di bulan Juni, September dan Oktober karena tidak ada *Downtime* mesin. Dan nilai terendah di bulan Agustus sebesar 54,8% karena *Downtime* tinggi yakni sebesar 112 jam sehingga menurunkan nilai *Availability Rate coal crusher*. Mengacu pada *Standart World Class*, nilai ideal *Availability Rate* adalah 90% dan berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai *availability coal crusher* masih dibawah standar.

4.2.2 Perhitungan *Performance Rate*

Performance Rate adalah suatu nilai yang menggambarkan kemampuan mesin atau peralatan dalam beroperasi sesuai standar waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proses produksi. Berikut formula yang digunakan untuk mencari *Performance Rate* mesin *coal crusher*;

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Aktual Capacity Production}}{\text{Ideal Run Time}} \times 100\%$$

Perhitungan *Performance Rate* untuk mesin *coal crusher* pada bulan Juni 2017;

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Aktual Capacity Production}}{\text{Ideal Run Time}} \times 100\%$$

$$\text{Actual Capacity Production} = \frac{\text{Real Production}}{\text{Operating Time}}$$

$$= \frac{99427}{240}$$

$$= 414,28 \text{ ton/jam}$$

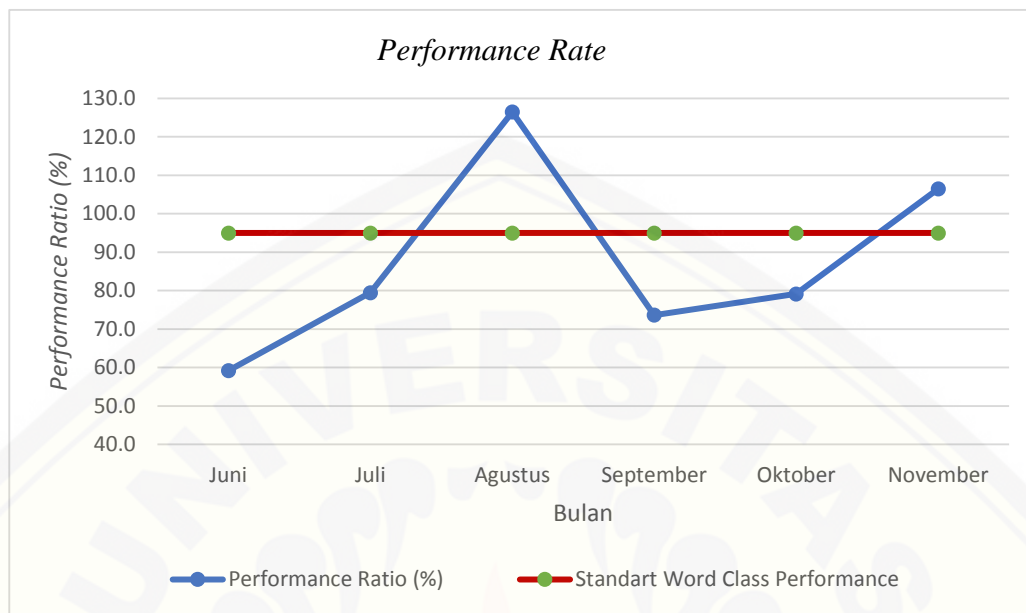
Ideal Run Time = kapasitas produksi yang diharapkan atau ditargetkan oleh perusahaan sesuai dengan kapasitas mesin berdasarkan spesifikasi tekniknya.

$$\begin{aligned} \text{Performance rate} &= \frac{414,28}{700} \times 100\% \\ &= 59,2\% \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung *Performance Rate* mesin *coal crusher* sampai bulan November 2017 seperti terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Performance Rate coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	<i>Real Production</i> (ton)	<i>Operating Time</i> (hour)	<i>Actual Capacity Production</i> (ton/hour)	<i>Ideal Run Time</i> (ton/hour)	<i>Performance Ratio (%)</i>
Juni	99427	240	414,28	700	59,2
Juli	106805	192	556,28	700	79,5
Agustus	120374	136	885,10	700	126,4
September	123705	240	515,44	700	73,6
Oktober	137414	248	554,09	700	79,2
November	125212	168	745,31	700	106,5



Gambar 4.2 Grafik nilai *Performance Rate coal crusher* bulan Juni-November 2017

Selama bulan Juni sampai November 2017 diperoleh nilai *Performance Rate coal crusher* dari 0%-100% dengan nilai tertinggi berada di bulan Agustus dengan nilai 126,4% (diatas normal) berbanding terbalik dengan nilai *Availability Rate*-nya karena penggunaan dan pengoperasian mesin dilakukan diatas batas normal demi memenuhi target produksi yang dapat memperpendek umur mesin, menurunkan nilai kesediaan mesin dan merusak mesin. Dan nilai terendah di bulan Juni sebesar 59,2% karena jumlah batubara yang diproduksi lebih sedikit namun membutuhkan waktu operasi cukup lama bila dibandingkan dengan yang lainnya sehingga mengindikasikan bahwa nilai *Performance Rate* mesin *coal crusher* rendah. Mengacu pada *Standart World Class*, nilai ideal *Performance Rate* adalah 95% dan berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai *performance* mesin *coal crusher* masih dibawah standar.

4.2.3 Perhitungan *Quality Rate*

Persentase *quality* yang dimaksud dalam perhitungan *OEE* adalah perbandingan antara *input* dan *output* produksi. *Quality* batubara yang dihancurkan

dengan mesin *coal crusher* diasumsikan 99,9% karena tidak ada material batubara *defect* pada proses produksi penghancurannya atau dengan kata lain *reject* = 0%.

4.2.4 Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Setelah nilai *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate* mesin *coal crusher* diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* untuk mengetahui nilai produktivitas mesin *coal crusher*. Perhitungan *OEE* merupakan perkalian nilai-nilai *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate* yang sudah diperoleh.

Perhitungan *OEE* untuk mesin *coal crusher* bulan Juni 2017 adalah sebagai berikut;

$$OEE = Availability\ rate \times Performance\ rate \times Quality\ rate$$

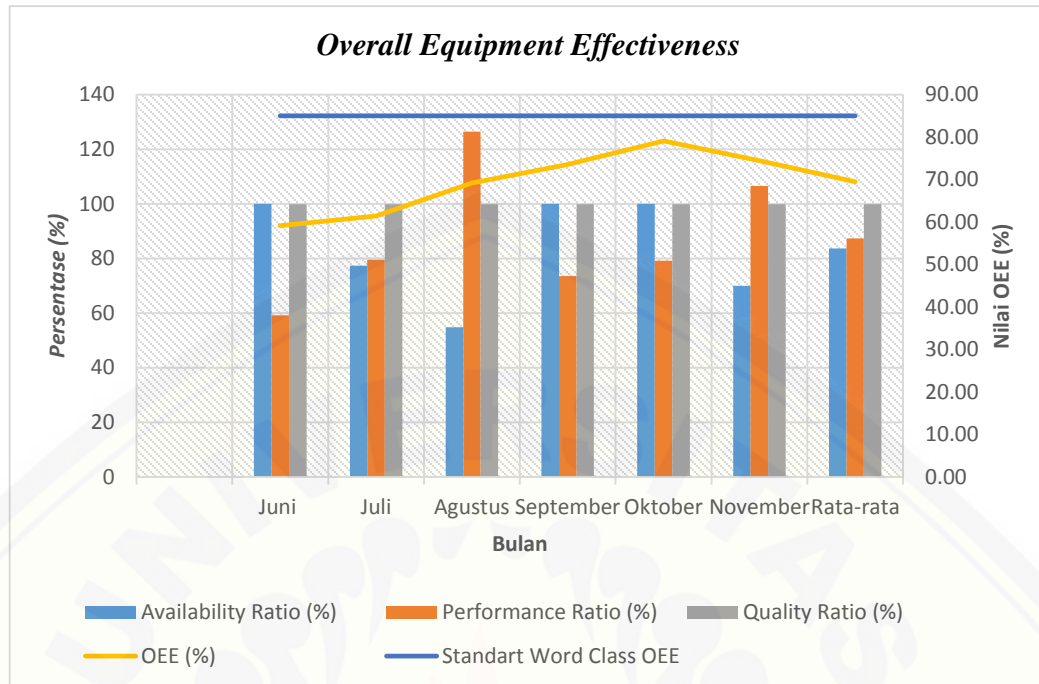
$$OEE = 100\% \times 59,2\% \times 99,9\%$$

$$OEE = 59,14\%$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung nilai *OEE* sampai bulan November 2017 seperti terlihat pada table 4.5.

Tabel 4.5 Nilai *OEE coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	<i>Availability Ratio (%)</i>	<i>Performance Ratio (%)</i>	<i>Quality Ratio (%)</i>	<i>OEE (%)</i>
Juni	100	59,2	99,9	59,14
Juli	77,4	79,5	99,9	61,47
Agustus	54,8	12,4	99,9	69,20
September	100	73,6	99,9	73,53
Oktober	100	79,2	99,9	79,12
November	70	106,5	99,9	74,48
Rata-rata	83,7	87,4	99,9	69,49



Gambar 4.3 Grafik nilai *OEE coal crusher* bulan Juni-November 2017

Setelah dilakukan perhitungan dan didapatkan data pada tabel dan grafik diatas, nilai produktivitas *OEE* mesin *coal crusher* tertinggi selama periode bulan Juni – November 2017 berada di bulan Oktober dengan nilai 79,12%. Dan nilai terendah ada di bulan Juni dengan nilai 59,14% dengan rata-rata nilai *OEE* yaitu 69,49%. Nilai ini menunjukkan bahwa produktivitas mesin *coal crusher* dalam beroperasi dan pencapaian penggunaan mesin belum mencapai standar *World Class* karena nilainya kurang dari 85%. Untuk mencari kerugian dominan mesin penyebab rendahnya nilai produktivitas *OEE* mesin *coal crusher*, langkah selanjutnya yaitu dengan perhitungan nilai *Six Big Losses*.

4.2.5 Perhitungan Nilai Faktor *Six Big Losses*

Perhitungan nilai *Six Big Losses* berguna untuk mengidentifikasi rendahnya nilai produktivitas *OEE* mesin *coal crusher* yang disebabkan oleh kerugian mesin karena *equipment failure (breakdown losses)*, *setup and adjustment losses*, *idling and minor stoppage losses*, *reduced speed losses*, *process defect losses*, *reduced yield losses* (Saiful, et al., 2014).

a. *Breakdown Losses (BL)*

Breakdown losses yaitu kerusakan mesin/peralatan yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan yang akan menyebabkan kerugian, karena mesin tidak beroperasi dan menghasilkan output (Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *breakdown losses* (BL) digunakan rumus:

$$BL = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka diperoleh perhitungan sebagai berikut;

$$BL = \frac{56}{248} \times 100\%$$

$$BL = 22,6\%$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung *breakdown losses* sampai bulan November 2017 seperti terlihat pada table 4.6.

Tabel 4.6 *Breakdown Losses coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	Total Breakdown time (hour)	Planned Production time (hour)	Breakdown Losses (%)
Juni	0	240	0
Juli	56	248	22,6
Agustus	224	248	90,3
September	0	240	0
Oktober	0	248	0
November	0	240	0

b. *Setup and Adjustment Losses (SAL)*

Setup and adjustment losses (SAL) yaitu kerugian karena pemasangan dan penyetelan (Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *setup and adjustment losses* digunakan rumus:

$$SAL = \frac{\text{Total waktu Setup \& Adj}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka diperoleh perhitungan sebagai berikut;

$$SAL = \frac{16}{240} \times 100\%$$

$$SAL = 7\%$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung *setup and adjustment losses* sampai bulan November 2017 seperti terlihat pada table 4.7.

Tabel 4.7 *Setup and adjustment losses coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	<i>Set up and Adj losses (hour)</i>	<i>Planned Production time (hour)</i>	<i>Set up and Adjustment Losses (%)</i>
Juni	0	240	0
Juli	0	248	0
Agustus	0	248	0
September	0	240	0
Oktober	0	248	0
November	16	240	7

c. *Idle and Minor Stoppage Losses (IMSL)*

Idle and minor stoppage losses (IMSL) disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin (Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *idle and minor stoppage losses* digunakan rumus:

$$IMSL = \frac{\text{Nonproductive time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka diperoleh perhitungan sebagai berikut;

$$IMSL = \frac{56}{240} \times 100\%$$

$$IMSL = 23\%$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung *idle and minor stoppage losses* sampai bulan November 2017 seperti terlihat pada table 4.8.

Tabel 4.8 *Idle and minor stoppage losses coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	<i>Nonproductif time (hour)</i>	<i>Planned Production time (hour)</i>	<i>Set up and Adjustment Losses (%)</i>
Juni	0	240	0
Juli	0	248	0
Agustus	0	248	0
September	0	240	0
Oktober	0	248	0
November	56	240	23

d. *Reduced Speed Losses (RSL)*

Reduced speed losses (RSL) yaitu kerugian karena mesin tidak bekerja optimal (penurunan kecepatan operasi) dan terjadi jika kecepatan aktual operasi mesin atau peralatan lebih kecil dari kecepatan optimal atau kecepatan mesin yang dirancang (Saiful, et al., 2014). Untuk menghitung *reduced speed losses* digunakan rumus:

$$RSL = \frac{\text{Actual processing time} - \text{Ideal processing time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka diperoleh perhitungan sebagai berikut;

$$RSL = \frac{\text{Actual processing time} - \text{Ideal processing time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

$$RSL = \frac{\text{Actual processing time} - (\text{Ideal production time} \times \text{Total product processed})}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

$$RSL = \frac{240 - (0,00143 \times 99427)}{240} \times 100\%$$

$$RSL = 0,41\%$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung *reduced speed losses* sampai bulan November 2017 seperti terlihat pada table 4.9.

Tabel 4.9 *Reduced speed losses coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	<i>Actual Processing Time (hour)</i>	<i>Ideal Production Time (hour/ton)</i>	<i>Total Product Processed (ton)</i>	<i>Planned Production Time (hour)</i>	<i>Reduced Speed Losses (%)</i>
Juni	240	0,00143	99427	240	0,41
Juli	192	0,00143	106805	248	0,16
Agustus	136	0,00143	120374	248	0,15
September	240	0,00143	123705	240	0,26
Oktober	248	0,00143	137414	248	0,21
November	168	0,00143	125212	240	0,05

e. *Process Defect Losses (RDL)*

Process defect losses adalah produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi

meningkat dan peningkatan biaya untuk pengerjaan ulang (Limantoro & Felecia, 2013). Rumus penghitungan untuk *process defect losses* adalah:

$$RDL = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Total process defect}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Didalam penelitian ini *process defect losses* bernilai 0% karena tidak ada material batubara yang *defect*.

f. *Reduced Yield Losses (RYL)*

Reduced yield losses adalah kerugian yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang diharapkan. Kerugian yang timbul bergantung pada faktor seperti kondisi operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan dan pemasangan peralatan ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan produksi yang dilakukan (Limantoro & Felecia, 2013). Rumus penghitungan untuk *reduce yield losses* adalah:

$$RYL = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Total reduced yield}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Didalam penelitian ini *reduced yield losses* bernilai 0% karena tidak ada material batubara yang *defect* juga.

g. Analisis Diagram Pareto

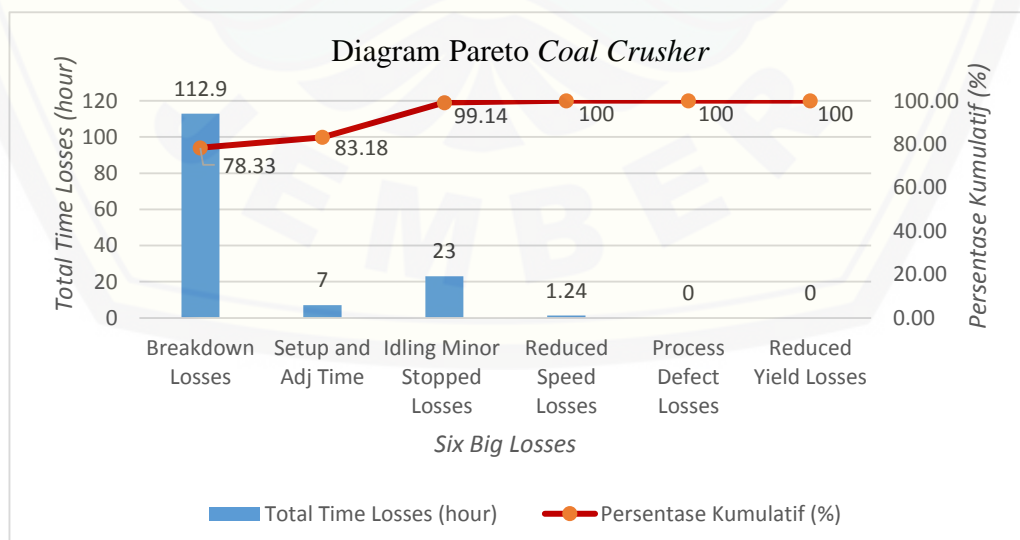
Diagram pareto adalah sebuah grafik yang mewakili beberapa nilai data untuk menampilkan data yang paling besar dan data yang paling kecil. Didalam penelitian ini diagram pareto digunakan untuk mencari faktor dominan dari *Six Big Losses* yang mempengaruhi nilai *OEE* pada produktivitas *Coal Crusher*.

Tabel 4.10 Faktor *Six Big Losses coal crusher* bulan Juni-November 2017

Bulan	Breakdown Losses (hour)	Setup and Adj Time (hour)	Idling Minor Stopped Losses (hour)	Reduced Speed Losses (hour)	Process Defect Losses (hour)	Reduced Yield Losses (hour)
Juni	0	0	0	0,41	0	0
Juli	22,6	0	0	0,16	0	0
Agustus	90,3	0	0	0,15	0	0
September	0	0	0	0,26	0	0
Oktober	0	0	0	0,21	0	0
November	0	7	23	0,05	0	0
Total	112,9	7	23	1,24	0	0

Tabel 4.11 Persentase kumulatif *Six Big Losses coal crusher* pada bulan Juni-November 2017

<i>Six Big Losses</i>	Total Time Loss (hour)	Persentase Kumulatif (%)	Persentase (%)
Breakdown Losses	112,9	78,33	78,33
Setup and Adj Losses	7	83,18	4,86
Idling Minor Stopped Losses	23	99,14	15,96
Reduced Speed Losses	1,24	100	1
Process Defect Losses	0	100	0
Reduced Yield Losses	0	100	0
Jumlah	144,14		100



Gambar 4.4 Grafik Persentase *Six Big Losses* pada *coal crusher* bulan Juni-November 2017

Setelah data diolah kedalam diagram pareto diperlihatkan faktor *Breakdown Losses* adalah faktor paling dominan yang memberikan kontribusi terbesar dalam menurunkan nilai *OEE* pada produktivitas *Coal Crusher* dengan kerugian waktu sebesar 112,9 jam selama periode bulan Juni-November 2017 dengan persentase sebesar 78,33%.

4.2.6 Analisis Perhitungan Korelasi Regresi

Metode korelasi regresi digunakan untuk mengetahui keterkaitan atau hubungan antara besarnya variabel bebas/independen (nilai faktor *Six Big Losses* yaitu *Breakdown Losses*, *Setup and Adjustment Losses*, *Idle and Minor Stoppage Losses*, *Reduced Speed Losses*, *Process Defect Losses*, dan *Reduced Yield Losses*) terhadap variabel terikat/dependen (nilai *OEE*). Untuk mempermudah dalam menganalisis data, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program *SPSS (Statistical Package for Sosial Science) for Windows version 17.0* dan *Ms. Office Excel 2013*.

Tabel 4.12 Pengolahan data variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y)

X1	X2	X3	X4	Y
0,0000	0,0000	0,0000	0,0041	0,5914
0,2260	0,0000	0,0000	0,0016	0,6147
0,9030	0,0000	0,0000	0,0015	0,6920
0,0000	0,0000	0,0000	0,0026	0,7353
0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,7912
0,0000	0,7000	0,2300	0,0050	0,7448

Keterangan ;

- Variabel bebas/independen (X)

X1= Nilai *Breakdown Losses (BL)*

X2= Nilai *Setup and Adjustment Losses (SAL)*

X3= Nilai *Idle and Minor Stoppage Losses (IMSL)*

X4= Nilai *Reduced Speed Losses (RSL)*

X5= Nilai *Process Defect Losses (PDL)* bernilai 0% karena tidak ada material batubara yang *defect*. Oleh karena itu tidak dimasukkan kedalam perhitungan korelasi regresi.

X_6 = Nilai *Reduced Yield Losses (RYL)* bernilai 0% karena tidak ada material batubara yang *defect*. Oleh karena itu tidak dimasukkan kedalam perhitungan korelasi regresi.

- Variabel terikat/dependen (Y)

Y = Nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* pada produktivitas *coal crusher*

a. Uji Korelasi Berganda

Uji korelasi bertujuan untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antara dua atau lebih variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y) yang dinyatakan dengan koefisien korelasi (R). Jenis korelasi dapat bersifat positif atau negatif. Bernilai positif jika faktor variabel bebas naik maka faktor variabel terikat juga naik. Dan bernilai negatif jika faktor variabel bebas naik maka faktor variabel terikat menurun. Berikut dasar pengujian korelasi regresi yang berupa tabel interval korelasi dan nilai signifikansi;

- Jika nilai *Sig F Change* < 0,05, maka berkorelasi
- Jika nilai *Sig F Change* > 0,05, maka tidak berkorelasi

Tabel 4.13 Pedoman menginterpretasikan koefisien korelasi

Interval Korelasi	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat kuat

Sumber: Sugiyono (2014)

Uji korelasi berganda bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dua atau lebih variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Hasil pengujian korelasi berganda dengan program *SPSS* dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut;

Tabel 4.14 Uji korelasi berganda

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error		Change Statistics		Sig. F Change	
				of the Estimate	R Square Change	F Change	df1		df2
1	1,000 ^a	1,000	1,000	,0014845	1,000	3465,484	3	2	,013

a. Predictors: (Constant), RSL (X4), BL (X1)

Berdasarkan tabel 4.14 diatas diperoleh nilai *Sig F Change* sebesar 0,013. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *Sig F Change* kurang dari 0,05. Artinya terdapat korelasi antara variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Dan juga diperoleh nilai R sebesar 1,000. Menurut tabel interpretasi koefisien korelasi, nilai tersebut menunjukkan nilai korelasi sempurna antara variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y).

b. Pegujian Hipotesis

1) Uji Simultan (Uji F)

Uji F digunakan dengan tujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh simultan (bersama-sama) yang diberikan variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Hasil uji pengaruh variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikat dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut;

Tabel 4.15 Hasil Uji Regresi Simultan (Uji F)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,031	3	,003	3465,484	,013 ^a
	Residual	,000	2	,010		
	Total	,031	5			

a. Predictors: (Constant), RSL (X4), BL (X1)

b. Dependent Variable: OEE (Y)

Langkah untuk melakukan uji F adalah sebagai berikut:

a) Merumuskan hipotesis

- H_0 : variabel bebas secara bersama-sama tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat

- H_a : variabel bebas secara bersama-sama mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat

b) Menentukan tingkat signifikansi

Tingkat signifikansi/kepercayaan 95%, $\alpha = 5\%$ (0,05). Tingkat signifikansi 5% atau 0,05 adalah ukuran standar yang sering digunakan dalam penelitian.

c) Menentukan nilai signifikansi

Dari hasil pengolahan data SPSS diperoleh nilai Sig sebesar 0,013

d) Menentukan F hitung

Dari hasil pengolahan data SPSS diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 3465,484

e) Menentukan F tabel

Dengan menggunakan tingkat signifikansi 95%, $\alpha = 5\%$ (0,05), $df_1 = 3$ dan $df_2 = 2$, diperoleh $F_{tabel} = 19,16$

f) Kriteria pengujian

Dalam penelitian ini menggunakan dua kriteria pengujian, yaitu:

- H_0 diterima jika nilai signifikansi $> 0,05$
- H_0 ditolak jika nilai signifikansi $< 0,05$, dan/atau
- H_0 diterima jika nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$
- H_0 ditolak jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$

Berdasarkan hasil pengolahan data SPSS pada tabel diatas diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 3465,484 dengan nilai signifikansi sebesar 0,013. Hal ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05 dan nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} 19,16 maka H_0 ditolak dan menerima H_a . Artinya variabel bebas yang terdiri dari *Breakdown Losses (BL)*, *Setup and Adjustment Losses (SAL)*, *Idle and Minor Stoppage Losses (IMSL)*, *Reduced Speed Losses (RSL)* secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat atau nilai OEE pada produktivitas *coal crusher*.

2) Uji Parsial (Uji T)

Uji T bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh parsial (sendir-sendiri) yang diberikan oleh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat

(Y). Hasil uji pengaruh variabel bebas secara sendiri-sendiri terhadap variabel terikat dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut;

Tabel 4.16 Hasil Uji Regresi Parsial (Uji T)
Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1 (Constant)	-.395	.014		-28,811	.022	-.569	-.221
BL (X1)	-.212	.004	-.982	-47,759	.013	-.269	-.156
RSL (X4)	-23,059	.694	-.421	-33,231	.019	-31,877	-14,242

a. Dependent Variable: OEE (Y)

Langkah untuk melakukan uji T adalah:

a) Merumuskan hipotesis

- H_0 : variabel bebas secara parsial/sendiri-sendiri tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat
- H_a : variabel bebas secara parsial/sendiri-sendiri mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat

b) Menentukan tingkat signifikansi

Tingkat signifikansi/kepercayaan 95%, $\alpha = 5\%$ (0,05). Tingkat signifikansi 5% atau 0,05 adalah ukuran standar yang sering digunakan dalam penelitian.

c) Menentukan nilai signifikansi

Dengan hasil pengolahan data SPSS diperoleh nilai Sig seperti yang tertera didalam tabel hasil uji regresi parsial (Uji T).

d) Kriteria pengujian

Dalam penelitian ini menggunakan satu kriteria pengujian, yaitu:

- H_0 diterima jika nilai signifikansi $> 0,05$
- H_0 ditolak jika nilai signifikansi $< 0,05$

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan SPSS seperti pada tabel data diatas diketahui pengaruh beberapa variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y) adalah:

(1) Pengaruh *Breakdown Losses* (X1) terhadap nilai *OEE* pada produktivitas mesin *coal crusher* (Y).

Berdasarkan tabel diatas diperoleh nilai Sig sebesar 0,013, hal ini menunjukkan bahwa nilai Sig lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Artinya variabel *Breakdown Losses (BL)* berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat atau nilai *OEE* pada produktivitas mesin *coal crusher*.

(2) Pengaruh *Reduced Speed Losses (X4)* terhadap nilai *OEE* pada produktivitas mesin *coal crusher (Y)*.

Berdasarkan tabel diatas diperoleh nilai Sig sebesar 0,019, hal ini menunjukkan bahwa nilai Sig lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Artinya variabel *Reduced Speed Losses (RSL)* berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat atau nilai *OEE* pada produktivitas mesin *coal crusher*.

c. Uji Determinasi (R^2)

Uji determinasi bertujuan untuk mengetahui berapa persen pengaruh yang diberikan variabel bebas (X) secara simultan atau bersamaan terhadap variabel terikat (Y). Hasil uji pengaruh variabel bebas (X) secara bersama-sama terhadap variabel terikat (Y) dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut;

Tabel 4.17 Hasil Uji Determinasi (R^2)

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	Change Statistics			Sig. F Change
						F	df1	df2	
1	1,000 ^a	1,000	1,000	,0014845	1,000	3465,484	3	2	,013

a. Predictors: (Constant), RSL (X4), BL (X1)

Berdasarkan hasil data pada tabel diatas diperoleh nilai R^2 (*R Square*) sebesar 1,000. Hal ini mengandung arti bahwa pengaruh variabel *Breakdown Losses (X1)* dan *Reduced Speed Losses (X4)* bersifat secara simultan terhadap variabel terikat atau nilai *OEE* pada produktivitas mesin *coal crusher (Y)* adalah sebesar 100%.

d. Penarikan kesimpulan dari uji korelasi regresi

Dari hasil pengujian diatas diketahui bahwa terdapat pengaruh variabel bebas berupa *Breakdown Losses* (X1) dan *Reduced Speed Losses* (X4) terhadap variabel terikat (Y) nilai *OEE* pada produktivitas *coal crusher* baik secara simultan ataupun parsial dengan keterkaitan yang sempurna. Dan variabel bebas yang dominan berpengaruh adalah *Breakdown Losses* (X1) dengan nilai signifikansi paling mendekati 0 yaitu 0,013.

4.2.7 Menganalisis dan mengidentifikasi akar penyebab masalah

Setelah dilakukan analisis data dengan diagram Pareto dan perhitungan korelasi regresi diperoleh data bahwa faktor dominan *Six Big Losses* yang mempengaruhi turunnya nilai *OEE* pada produktivitas *coal crusher* yaitu *Breakdown Losses* (*BL*) (keterangan bisa dilihat di sub sub bab 4.2.5 poin g). Untuk langkah selanjutnya yakni mengidentifikasi dan menemukan penyebab masalah *Breakdown Losses* (*BL*) sebagai penyebab dominan rendahnya nilai *OEE* pada produktivitas *coal crusher*. Analisis penyebab masalah dari faktor *Breakdown Losses* (lebih fokus kearah analisis mesin) adalah sebagai berikut:

- a. Manusia/operator
 - Lalai
 - Kurang konsentrasi
 - Kurang pelatihan/kursus
- b. Lingkungan
 - Kurang pencahayaan sehingga mengganggu penglihatan
 - Kebisingan tinggi atau melebihi ambang batas
- c. Metode
 - Prosedur pengoperasian yang kurang sesuai dengan *SOP* (*Standart Prosedural Operation*)
 - Pemakaian mesin secara terus menerus dan tidak sesuai kapasitas atau terjadi pemaksaan karena kejar target produksi
- d. Material
 - Material bercampur dengan logam atau material lain

- Nilai kekerasan batubara tidak sesuai dengan spesifikasi *ring hammer coal crusher*

e. Mesin

- *Coal crusher* tidak bisa *start*.
Terjadi karena *fuse*/sekring putus pada motor yang disebabkan oleh arus listrik yang tinggi. Identifikasi tindakannya adalah dilakukan penggantian *fuse*/sekring dengan kondisi yang baru.
- *Coal crusher* sering mengalami trip.
Terjadi karena deviasi antar *temperature RTD (Resistance Temperature Detector)* tinggi hingga akhirnya rusak. Suhu yang tinggi disebabkan beban *coal flow* yang melebihi batas. Identifikasi tindakannya adalah dilakukan penggantian, pemasangan dan pengencangan sensor *temperature* baru, serta pengkalibrasian ulang.
- *Temperature* tinggi pada sensor suhu
Gejala yang timbul adalah naiknya suhu pada sensor suhu di motor *coal crusher*. Akibatnya adalah motor *coal crusher* tidak dapat di *start*. Naiknya suhu pada sensor adalah disebabkan karena kelebihan beban kerja atau pemaksaan operasi motor agar target produksi tercapai.
- Baut bantalan pada *bearing v-belt coal crusher* lepas.
Gejala yang timbul adalah munculnya suara *abnormal* pada *coal crusher* saat dioperasikan. Hal ini terjadi karena *vibration*/getaran dan *coal flow* yang melebihi batas maksimum. Getaran yang melebihi batas normal juga disebabkan karena kelebihan beban *coal flow*. Sedangkan *coal flow* yang melebihi batas maksimum disebabkan karena perusahaan ingin mengejar target produksi. Identifikasi tindakannya adalah segera dilakukan penggantian atau pemasangan dan pengencangan baut pada *bearing v-belt coal crusher*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- a. Berdasarkan hasil perhitungan *OEE* pada *coal crusher* selama bulan Juni-November 2017 diperoleh rata-rata nilai *Availability Ratio* 83,7%, *Performance Ratio* 87,4%, *Quality Ratio* 99,9% dan nilai *OEE* sebesar 69,49%. Jika dibandingkan dengan *World Class Manufacture* yang berstandar nilai 85%, nilai *OEE* tersebut masih dibawah standar *World Class Manufacture* dan menunjukkan bahwa produktivitas *coal crusher* masih rendah.
- b. Berdasarkan hasil perhitungan *Six Big Losses* untuk mengetahui kerugian dominan penyebab turunnya produktivitas *coal crusher* selama bulan Juni-November 2017 diperoleh nilai faktor *Breakdown Losses (BL)* sebesar 78,33%, *Setup and Adjustment Losses (SAL)* sebesar 4,86%, *Idling Minor Stopped Losses (IMSL)* sebesar 15,96%, *Reduced Speed Losses(RSL)* sebesar 1%, *Process Defect Losses (PDL)* sebesar 0%, dan *Reduced Yield Losses (RYL)* sebesar 0%. Faktor *Six Big Losses* yang paling dominan menyebabkan turunnya nilai *OEE* pada produktivitas *coal crusher* adalah *Breakdown Losses (BL)* dengan nilai sebesar 78,33%.
- c. Berdasarkan perhitungan korelasi regresi dengan program *SPSS 17.0 for Windows* dapat disimpulkan bahwa korelasi paling kuat terjadi pada faktor *Six Big Losses* dengan penyebab rendahnya produktivitas mesin *coal crusher* adalah *Breakdown Losses* dengan interval kekuatan 1,000 (korelasi sempurna) dan merupakan satu-satunya faktor yang memiliki pengaruh paling signifikan dengan nilai signifikansi paling mendekati 0 yaitu 0,013 diantara faktor *Six Big Losses* lainnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah dilakukan penelitian, pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan implementasi perbaikan mesin agar identifikasi perbaikan mesin benar-benar akurat
- b. Melakukan analisis biaya agar diketahui tingkat kerugian atas kurangnya produktivitas mesin untuk penelitian selanjutnya.
- c. Membandingkan hasil sebelum dan sesudah mesin diketahui dan diidentifikasi perbaikan setelah dianalisis nilai produktivitasnya.
- d. Memberi beban kerja yang sesuai porsi kebutuhan mesin agar tidak rusak karena walaupun menghasilkan output yang banyak tetapi jika harus mengorbankan *performance* mesin maka hasilnya akhirnya juga tidak bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Bilianto, B. Y., Y. Ekawati. 2016. Pengukuran Efektivitas Mesin Menggunakan Overall Equipment Effectiveness untuk Dasar Usulan Perbaikan. *Jurnal Ilmiah*. Teknik Industri
- Bronson, R. 1982. *Theory and Problem of Operations Research*. USA : McGrawHill Inc.
- Clealand, D. dan Kacaogln, D. 1980. *Engineering Management*. Johannesburg: McGraw Hill International Book Company.
- Cooper, dkk. 2006. Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses With DEA-Solver Software and References. Springer. Amerika.
- Darmawan, T.D. dan B.Suhardi. 2017. Analisis *Overall Equipment Effectiveness 2017* dalam Meminimalisasi *Six Big Losses* pada Area *Kiln* di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Daryanti. 1993. Media Visual Pengajaran Teknik. Bandung: Tarsito
- Ebeling, C. 1997. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Singapore: McGraw Hill.
- Fadillah, Rizki. 2009. Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebagai Dasar Optimasi Produktivitas (Studi Kasus di PT. Sweet Candy Indonesia). *Skripsi*. Bogor: IPB
- Gaspersz, V. 2003. *Total Quality Management*. Manajemen Bisnis Total. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Herjanto, E. 1999. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Grasindo.
- Limantoro, D., & Felecia. 2013. Total Productive Maintenance di PT. X. *Jurnal Titra Vol. 1 No. 1*, 13-20.
- Maarif, M. S., Machfud, dan M. Sukron. 1989. Teknik Optimasi Rekayasa Proses Pangan. Bogor: PAU-IPB.
- Mali, P. 1978. *Improving Total Productivity*. John Wiley and Sons, New York.

- Nakajima, Seiichi. 1984. Introduction To TPM (Total Productive Maintenance). Productivity Press, Inc. Tokyo.
- Nakajima, Seiichi. 1989. *TPM Development Program : Implementing Total Productive Maintenance*, Cambridge : Productivity Press, Inc.
- O'Connor, P. 2004. Practical Reliability Engineering. New York: John Wiley & Sons.
- Pratomo, M dan Irwanto. 1983. Alat dan Mesin Pertanian. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Priyatno, D. 2008. Mandiri Belajar SPSS (Untuk Analisis Data dan Uji Statistik), Yogyakarta: MediaKom.
- Rahmadhani, D.L., H. Taroepratjeka dan L. Fitria. 2014. Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Cetak Manual Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Skripsi*. Bandung: Institut Teknologi Nasional (Itenas)
- Setiawan, Eko., D.Windarto. 2012. Coal Handling System. *Jurnal Kerja Praktek*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Syahr, A. B. 2011. Analisa Kerusakan Crusher B pada Coal Handling System Unit 5-7 PLTU Suralaya. *Skripsi*. STT-PLN
- Sawhney, S. C. 1991. *Productivity Management Concept and Techniques*. McGraw Hill, New Delhi.
- Sugiharta dan A. Sumarga. 2005. Perencanaan Jaw Crusher Penghancur Batubara Kapasitas 1 ton/jam. *Skripsi*.
- Saiful, Rapi, A., & Novawanda, O. 2014. Pengukuran Kinerja Mesin Defektor I dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Studi Kasus pada PT. Perkebunan XY). 2.
- Sugiyono. 2014. Memahami Penelitian Kualitatif. Bandung: ALFABETA
- Sularso, dan K.Suga. 2004. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: PT. PRANDNYA PARAMITA

Trianto, A., Riswan, D.J.Sitio. 2017. Evaluasi Crushing Plant dan Alat Support untuk Pengoptimalan Hasil Produksi di PT. Binuang Mitra Bersama Desa Pualam Sari Kecamatan Binuang. *Skripsi*. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.

Wicakmoko, Jarot. 2016. Pengembangan Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Uap Berdasarkan Potensi Batubara di Kalimantan Tengah. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/46369/4/Chapter%20II.pdf>

<http://eprints.polsri.ac.id/1584/3/Bab%202.pdf>

www.coalhandlingplants.com/ring-granulator/

PT. PJB. 2014. Instruksi Kerja *Internal Check Mill*. Rembang: PT. PJB UBJOM PLTU Rembang.

LAMPIRAN A. HASIL ANALISIS KORELASI REGRESI DENGAN SPSS

17.0

new 4.sav [DataSet1] - SPSS Statistics Data Editor

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	X1	Numeric	8	4	BL (X1)	None	None	6	Right	Scale
2	X2	Numeric	8	4	SAL (X2)	None	None	6	Right	Scale
3	X3	Numeric	8	4	IMSL (X3)	None	None	6	Right	Scale
4	X4	Numeric	8	4	RSL (X4)	None	None	6	Right	Scale
5	Y	Numeric	8	4	OEE (Y)	None	None	6	Right	Scale
6										

Data View

new 4.sav [DataSet1] - SPSS Statistics Data Editor

25 : X1

	X1	X2	X3	X4	Y	var	var
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.5914		
2	0.2260	0.0000	0.0000	0.0016	0.6147		
3	0.9030	0.0000	0.0000	0.0015	0.6920		
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.7353		
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.7912		
6	0.0000	0.7000	0.2300	0.0050	0.7448		
7		

Variable View

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
OEE (Y)	,694900	,0781646	6
BL (X1)	,188167	,3616752	6
SAL (X2)	,116667	,2857738	6
IMSL (X3)	,038333	,0938971	6
RSL (X4)	,002817	,0014275	6

Variables Entered/Removed

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	RSL (X4), BL (X1),		. Enter

a. Tolerance = ,000 limits reached.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	1,000 ^a	1,000	1,000	,0014845	1,000	3465,484	3	2	,013

a. Predictors: (Constant), RSL (X4), BL (X1)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,031	3	,003	3465,484	,013 ^a
	Residual	,000	2	,010		
	Total	,031	5			

a. Predictors: (Constant), RSL (X4), BL (X1)

b. Dependent Variable: OEE (Y)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error				Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	-.395	,014		-28,811	,022	-,569	-,221
	BL (X1)	-.212	,004	-,982	-47,759	,013	-,269	-,156
	RSL (X4)	-23,059	,694	-,421	-33,231	,019	-31,877	-14,242

a. Dependent Variable: OEE (Y)

Excluded Variables^b

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	SAL (X2)	-1,787 ^a	,	,	-1,000	2,259E-5
	IMSL (X3)	-1,787 ^a	,	,	-1,000	2,259E-5

a. Predictors in the Model: (Constant), RSL (X4), BL (X1)

b. Dependent Variable: OEE (Y)

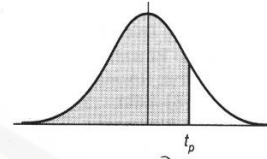
LAMPIRAN B.1 TABEL UJI F DENGAN $\alpha=5\%$

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas = 0,05															
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89

LAMPIRAN B.1 TABEL UJI T DENGAN $\alpha= 5\%$

Statistik, Murray R. Spiegel & Larry J. Stephens, Schaum's Outline, Edisi Ketiga.

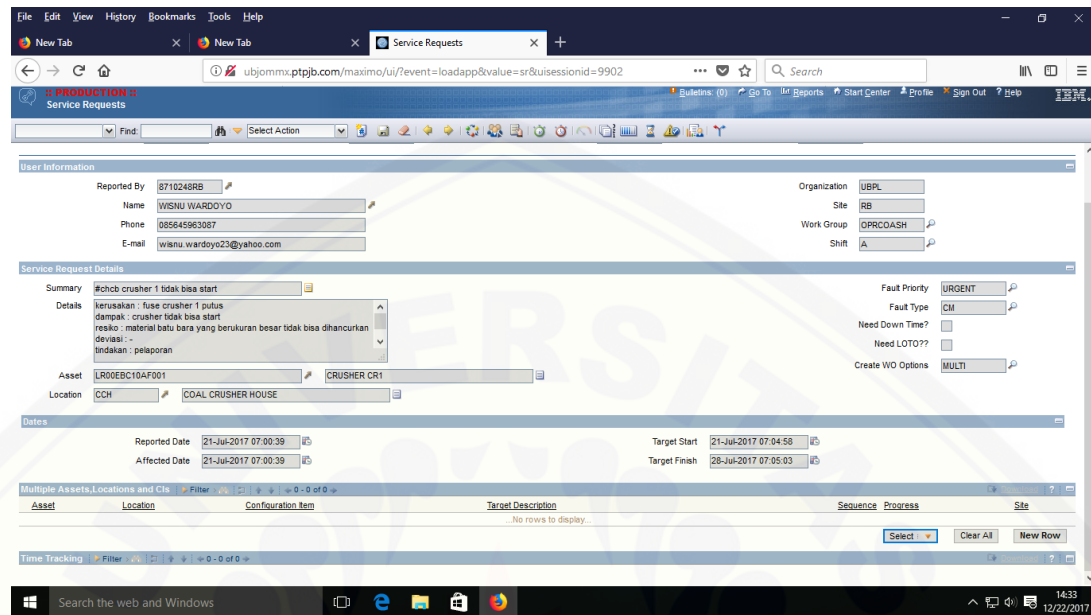
Nilai Persentil (t_p)
 untuk
 Distribusi t Student
 dengan ν Derajat Kebebasan
 (daerah yang diarsir = p)



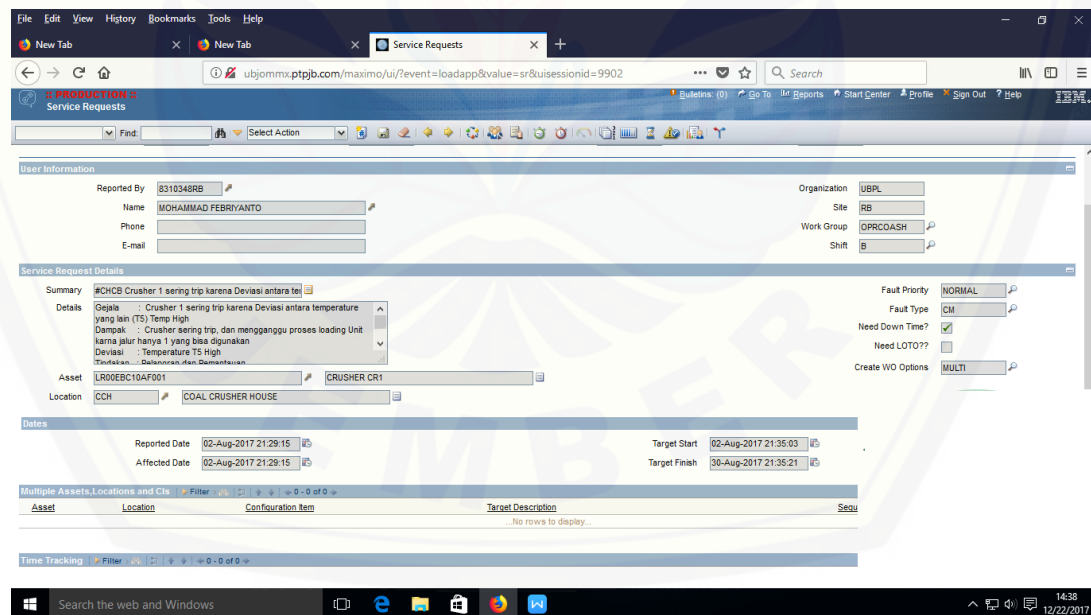
ν	$t_{0,995}$	$t_{0,99}$	$t_{0,975}$	$t_{0,95}$	$t_{0,90}$	$t_{0,80}$	$t_{0,75}$	$t_{0,70}$	$t_{0,60}$	$t_{0,55}$
1	63,66	31,82	12,71	6,31	3,08	1,376	1,000	0,727	0,325	0,158
2	9,92	6,96	4,30	2,92	1,89	1,061	0,816	0,617	0,289	0,142
3	5,84	4,54	3,18	2,35	1,64	0,978	0,765	0,584	0,277	0,137
4	4,60	3,75	2,78	2,13	1,53	0,941	0,741	0,569	0,271	0,134
5	4,03	3,36	2,57	2,02	1,48	0,920	0,727	0,559	0,267	0,132
6	3,71	3,14	2,45	1,94	1,44	0,906	0,718	0,553	0,265	0,131
7	3,50	3,00	2,36	1,90	1,42	0,896	0,711	0,549	0,263	0,130
8	3,36	2,90	2,31	1,86	1,40	0,889	0,706	0,546	0,262	0,130
9	3,25	2,82	2,26	1,83	1,38	0,883	0,703	0,543	0,261	0,129
10	3,17	2,76	2,23	1,81	1,37	0,879	0,700	0,542	0,260	0,129
11	3,11	2,72	2,20	1,80	1,36	0,876	0,697	0,540	0,260	0,129
12	3,06	2,68	2,18	1,78	1,36	0,873	0,695	0,539	0,259	0,128
13	3,01	2,65	2,16	1,77	1,35	0,870	0,694	0,538	0,259	0,128
14	2,98	2,62	2,14	1,76	1,34	0,868	0,692	0,537	0,258	0,128
15	2,95	2,60	2,13	1,75	1,34	0,866	0,691	0,536	0,258	0,128
16	2,92	2,58	2,12	1,75	1,34	0,865	0,690	0,535	0,258	0,128
17	2,90	2,57	2,11	1,74	1,33	0,863	0,689	0,534	0,257	0,128
18	2,88	2,55	2,10	1,73	1,33	0,862	0,688	0,534	0,257	0,127
19	2,86	2,54	2,09	1,73	1,33	0,861	0,688	0,533	0,257	0,127
20	2,84	2,53	2,09	1,72	1,32	0,860	0,687	0,533	0,257	0,127
21	2,83	2,52	2,08	1,72	1,32	0,859	0,686	0,532	0,257	0,127
22	2,82	2,51	2,07	1,72	1,32	0,858	0,686	0,532	0,256	0,127
23	2,81	2,50	2,07	1,71	1,32	0,858	0,685	0,532	0,256	0,127
24	2,80	2,49	2,06	1,71	1,32	0,857	0,685	0,531	0,256	0,127
25	2,79	2,48	2,06	1,71	1,32	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127
26	2,78	2,48	2,06	1,71	1,32	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127
27	2,77	2,47	2,05	1,70	1,31	0,855	0,684	0,531	0,256	0,127
28	2,76	2,47	2,05	1,70	1,31	0,855	0,683	0,530	0,256	0,127
29	2,76	2,46	2,04	1,70	1,31	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127
30	2,75	2,46	2,04	1,70	1,31	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127
40	2,70	2,42	2,02	1,68	1,30	0,851	0,681	0,529	0,255	0,126
60	2,66	2,39	2,00	1,67	1,30	0,848	0,679	0,527	0,254	0,126
120	2,62	2,36	1,98	1,66	1,29	0,845	0,677	0,526	0,254	0,126
∞	2,58	2,33	1,96	1,645	1,28	0,842	0,674	0,524	0,253	0,126

Sumber: R. A. Fisher dan F. Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research* (5th edition), Tabel III, Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh, dengan izin dari penulis dan penerbit.

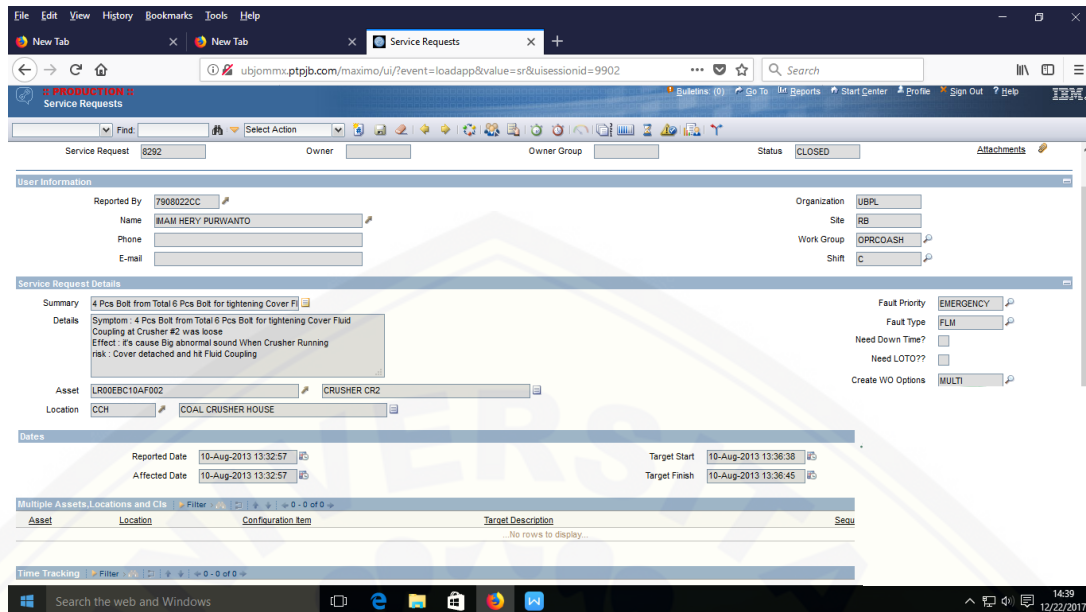
LAMPIRAN C. DATA *RECORD* KERUSAKAN MESIN *COAL CRUSHER*



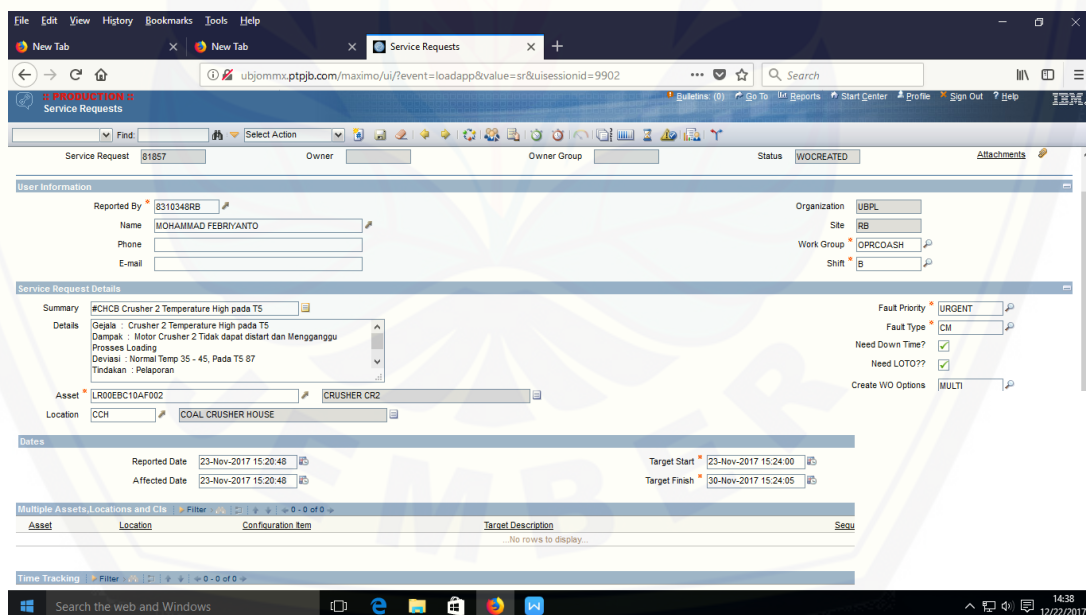
Coal crusher tidak bisa start



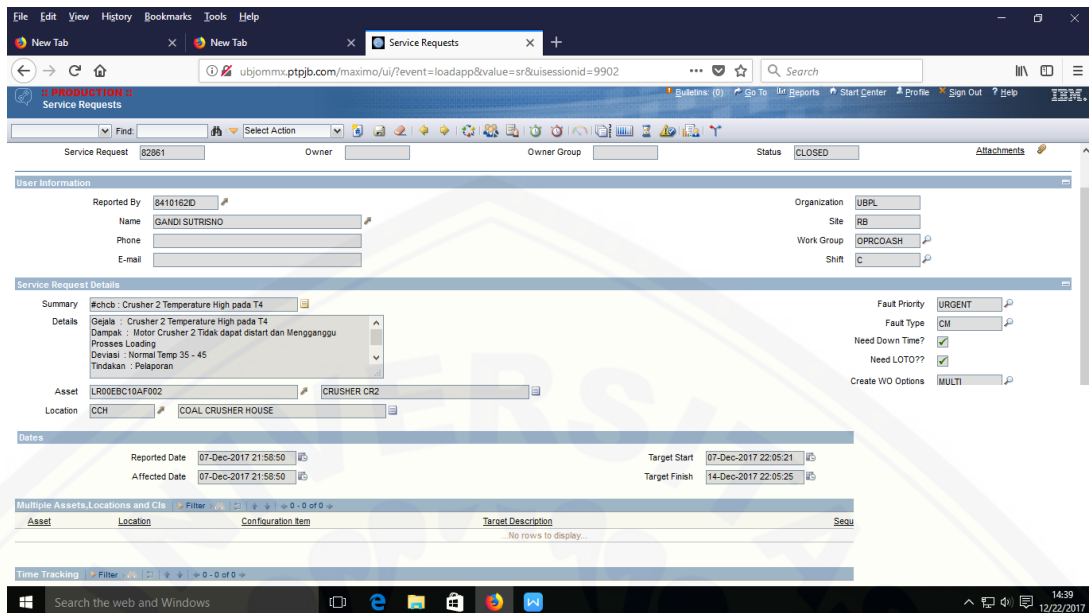
Coal crusher sering trip



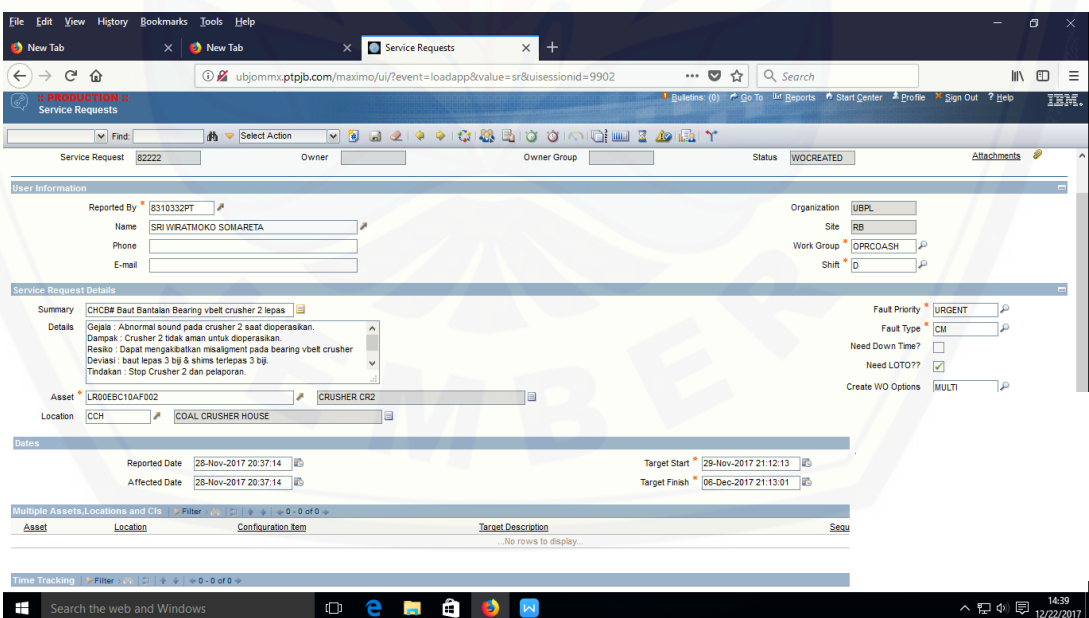
Baut pada bearing lepas



Temperature tinggi pada sensor suhu motor coal crusher



Temperature tinggi pada sensor suhu motor coal crusher



Baut bearing v-belt coal crusher lepas

LAMPIRAN D. GAMBAR MESIN COAL CRUSHER



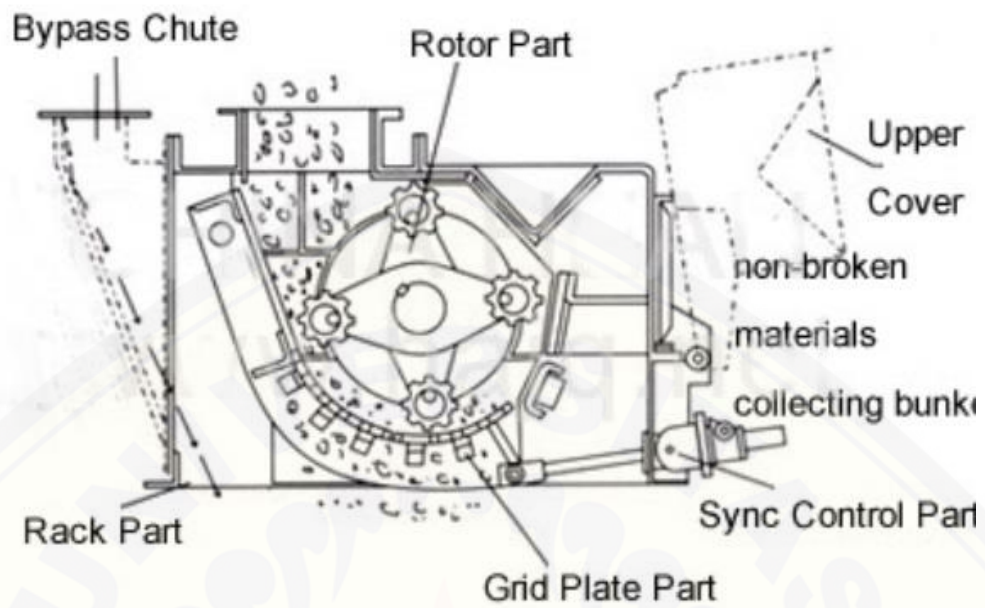
Gambar Coal crusher



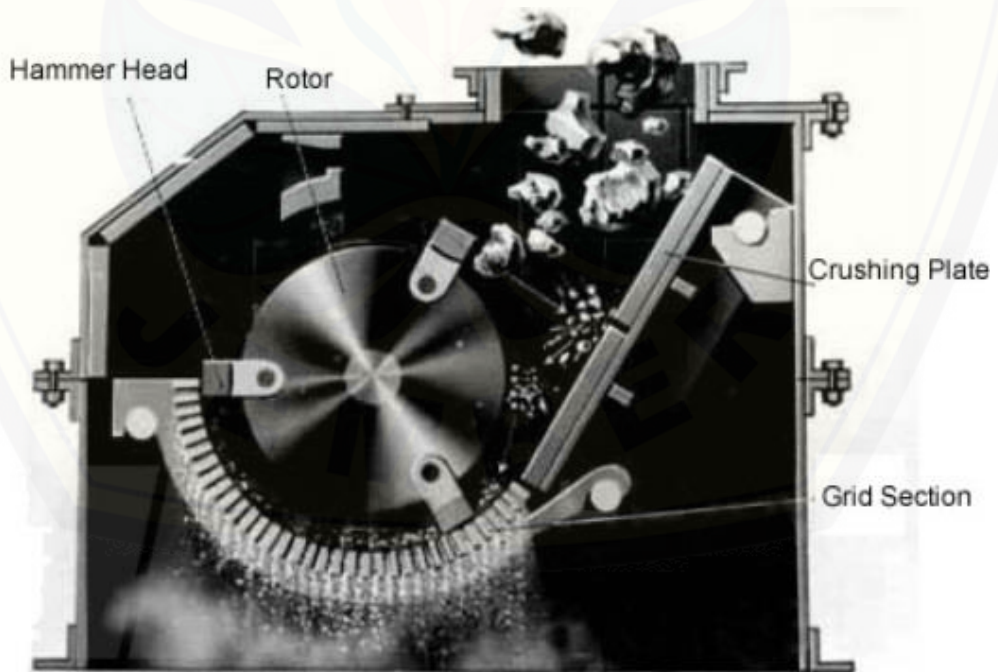
Gambar Coal crusher



Gambar Ring hammer coal crusher



Gambar Operasi *coal crusher*



Gambar Operasi *coal crusher*

