

**OPTIMALISASI PRODUKSI SHOVEL KOMATSU 3000E-6 DENGAN
METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) PADA
PENGUPASAN LAPISAN OVERBURDEN DI PIT 2 TAMBANG BANKO
BARAT PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat dalam Menyelesaikan Program S-1 Teknik Pertambangan



Oleh:

**NADIA ANGGRAINI PUTRI
NIM. 1302686/2013**

**Konsentrasi : Pertambangan Umum
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

**LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

**OPTIMALISASI PRODUKSI *SHOVEL* KOMATSU 3000E-6 DENGAN
METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)* PADA
PENGUPASAN LAPISAN *OVERBURDEN* DI *PIT 2* TAMBANG BANKO
BARAT PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK**

Nama : Nadia Anggraini Putri
NIM/BP : 1302686/2013
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Mulya Gusman, S.T., M.T.
NIP. 19740808 200312 1 001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**



Drs. Raimon Kopa, M.T.
NIP. 19580313 198303 1 001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Nadia Anggraini Putri
NIM/BP : 1302686/2013
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Skripsi di Depan Tim Penguji
Program Studi S1 Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
Dengan Judul:

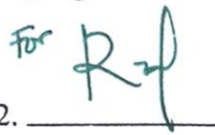
**Optimalisasi Produksi *Shovel* Komatsu 3000E-6 dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* pada Pengupasan Lapisan *Overburden*
Di Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk**

Padang, Agustus 2018

Tim Penguji

1. Ketua : Mulya Gusman, S.T., M.T.
2. Anggota : Jukepsa Andas, S.Si., M.T.
3. Anggota : Adree Octova, S.Si., M.T.

Tanda Tangan

1. 
2. 
3. 



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131

Telephone: FT: (0751)7055644, 445118 Fax: 7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail: mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NADIA ANGGRAINI PUTRI
NIM/TM : 1302686 / 2013
Program Studi : TEKNIK PERTAMBANGAN (S1)
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :
„Optimalisasi Produksi Shovel Komatsu 300DE-6 dengan Metode Overall
Equipment Effectiveness (OEE) pada Pengupasan Lapisan Overburden
di Prt 2 Tambang Bangko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk“.

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain.
Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan
menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku,
baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab
sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

Drs. Raimon Kopa, M.T.
NIP. 19580313 198303 1 001



Management
System
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID 9105046446

Padang, Agustus 2018

yang membuat pernyataan,



NADIA ANGGRAINI PUTRI

BIODATA

I. Data Diri

Nama Lengkap	: Nadia Anggraini Putri
BP/NIM	: 2013/1302686
Tempat/Tanggal Lahir	: Padang, 18 Juli 1995
Jenis kelamin	: Perempuan
Nama Bapak	: Abu Bakar
Nama Ibu	: Eva Linda
Jumlah Bersaudara	: 4 (empat) orang
Alamat Tetap	: Jorong Bamban, Kelurahan IV Koto Palembayan, Kecamatan Palembayan, Kabupaten Agam
Email	: nadiaanggrainip@gmail.com
No. Handphone	: 082285990800



II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar	: SD Negeri 06 Bamban
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Negeri 1 Palembayan
Sekolah Menengah Atas	: SMA Negeri 1 Palembayan
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Padang

III. Tugas Akhir

Tempat Penelitian	: PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan.
Tanggal Penelitian	: 31 Juli 2017 - 30 September 2017
Topik Studi Kasus	: Optimalisasi Produksi <i>Shovel</i> Komatsu 3000E-6 dengan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> pada Pengupasan Lapisan <i>Overburden</i> Di <i>Pit 2</i> Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk
Tanggal Sidang Akhir	: 14 Agustus 2018

Padang, Agustus 2018

Nadia Anggraini Putri
NIM. 1302686

ABSTRAK

Nadia Anggraini Putri. 2018. “Optimalisasi Produksi Shovel Komatsu 3000E-6 dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Pengupasan Lapisan *Overburden* Di Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk”

Berdasarkan data produksi pengupasan *overburden* di Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk bulan Januari-Agustus 2017, produksi pengupasan *overburden* tidak mencapai target. Hal ini berdampak pada biaya operasi yang dikeluarkan untuk pengupasan setiap BCM (*Bank Cubic Metre*) lapisan *overburden* tersebut.

Untuk mengetahui potensi *improvement* dari sebuah proses produksi dan efektivitas penggunaan suatu peralatan maka perlu dilakukan suatu analisis menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). OEE dikenal sebagai salah satu aplikasi program total *productive maintenance* yang memiliki kemampuan mengidentifikasi secara jelas akar permasalahan dan faktor penyebabnya sehingga membuat usaha perbaikan lebih terfokus. Setelah diketahui akar permasalahan, maka digunakan analisis statistik regresi linear berganda untuk mengetahui hubungan dan batas maksimal dari hambatan - hambatan agar produksi dapat tercapai. Selanjutnya digunakan metode *fishbone* untuk mencari akar permasalahan yang lebih rinci dan dilakukan evaluasi dengan mengacu terhadap hasil dari analisis statistik regresi linear berganda yang telah didapatkan.

Setelah dilakukan analisis dan perbaikan dengan metode – metode tersebut didapatkan produksi shovel komatsu 3000E-6 melebihi target yang telah direncanakan. Namun nilai OEE masing-masing alat gali-muat masih < 85% belum mencapai nilai OEE kelas dunia >85%, dapat disimpulkan bahwa keadaan peralatan kurang baik. Sebaiknya dilakukan perbaikan kembali terhadap waktu *standby* dan *breakdown* alat.

Kata kunci: Produksi, *Overall Equipment Effectiveness*, Analisis Statistik Regresi Linear Berganda, Metode *Fishbone*, Shovel Komatsu 3000E-6

ABSTRACT

Nadia Anggraini Putri. 2018. "Production Optimization Shovel Komatsu 3000E-6 with a method of Overall Equipment Effectiveness (OEE) On Overburden Stripping Layer 2 Pit Mine in West Banko PT. Bukit Asam (Persero Tbk "

Based on the production data of overburden stripping in Pit 2 of the West Banko Mine PT. Bukit Asam (Persero) Tbk in January-August 2017, overburden stripping production did not reach the target. It has an impact to the operating costs for stripping each BCM (Bank Cubic Metre) layer of the overburden.

To find out the improvement potential of a production process and the effectiveness of using equipment, it is necessary to do an analysis using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method. OEE is known as one of the applications of total productive maintenance programs that have the ability to clearly identify the root of the problem and its causal factors to make the improvement effort to be more focused. After knowing the root of the problem, multiple linear regression statistical analysis is used to determine the relationship and the maximum limits of the obstacles so that the production can be achieved. The fishbone method is then used to find more detailed of the root problems and evaluate them by referring to the results of the multiple linear regression statistical analysis that has been obtained.

After doing the analysis and improvement with these methods, the production of the komatsu 3000E-6 shovel exceeded the planned target. However, the OEE value of each excavator still <85% and has not reached the world-class OEE value> 85%, it can be concluded that the condition of the equipment is not good. It is better to do repairs to standby time and tool breakdown.

Keywords: *Production, Overall Equipment Effectiveness, multiple linear regression statistical analysis, Fishbone Method, Komatsu 3000E-6 Shovel*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Optimalisasi Produksi *Shovel* Komatsu 3000E-6 dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* pada Pengupasan Lapisan *Overburden* Di Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk”**.

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan dan dukungan baik berupa moril maupun materil dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang kepada:

1. Bapak Mulya Gusman, S.T. M.T., selaku Dosen Pembimbing.
2. Bapak Drs. Raimon Kopa, M.T., dan Bapak Heri Prabowo S.T.,M.T., selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Jukepsa Andas, S.Si. M.T., dan Bapak Adree Octova S.Si. M.T., selaku Dosen Penguji.
4. Seluruh staff dan tenaga pengajar Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Eri Virnadi, Sebagai Manager Perencanaan Operasi PT Bukit Asam (Persero) Tbk.
6. Ibu Rika Harlin selaku pembimbing di PT Bukit Asam (Persero) Tbk.

7. Teristimewa kedua orang tua serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril maupun materil hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Teman-teman yang telah membantu dan memberikan penulis saran dalam penulisan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Pertambangan angkatan 2013 yang selalu memberikan support dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Maka dari itu Penulis menerima saran dan kritikan dari berbagai pihak demi perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis sendiri.

Padang, Agustus 2018

Nadia Anggraini Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING ..	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	iv
BIODATA	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
A. Deskripsi Perusahaan	7
1. Sejarah PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.....	7
2. Visi dan Misi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.....	11
B. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	12
C. Keadaan Geologi Umum.....	13

1. Kondisi Morfologi	13
2. Kondisi Stratigrafi dan Litologi	14
D. Keadaan Struktur Geologi.....	23
E. Cadangan dan Kualitas Batubara	24
1. Cadangan Batubara	24
2. Kualitas Batubara.....	24
F. Iklim dan Curah Hujan.....	26
G. Struktur Organisasi Perusahaan	27
H. Kegiatan Penambangan.....	30
1. <i>Survey</i> dan Pemetaan	30
2. Proses Land Clearing	31
3. Pengupasan Tanah Pucuk	31
4. Penggalan, Pemuatan dan Pengangkutan <i>Overburden</i>	31
5. Penambangan Batubara.....	32
6. Reklamasi.....	33
I. Dasar Teori.....	33
1. Kegiatan Pemindahan Tanah	33
2. Alat Gali Muat	41
3. Alat angkut.....	44
4. Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	45
5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat.....	46
6. Perhitungan Produksi Alat-alat Mekanis dengan Perhitungan Langsung (<i>Direct Computation</i>).....	58
7. Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	60
8. Diagram Fishbone	68

9. Analisis Regresi Linear Berganda	72
10. Biaya produksi alat mekanis	76
G. Penelitian Yang Relevan.....	78
H. Kerangka Konseptual.....	87
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	88
A. Jenis Penelitian.....	88
1. Desain atau Kerangka Penelitian	89
2. Proses Pengambilan Data.....	90
B. Objek Penelitian.....	91
C. Lokasi Penelitian.....	91
D. Instrument Penelitian	91
E. Tahapan Penelitian.....	91
BAB IV PEMBAHASAN.....	93
A. Data	93
1. Jadwal Kerja.....	93
2. Alat Gali Muat <i>Shovel</i> Komatsu 3000E-6 (SE-3001 - SE-3003)	94
B. Analisa Data.....	96
1. Perhitungan Produktivitas <i>Shovel</i> Komatsu 3000E-6 SE-30001, SE-3002, dan SE-3003.....	96
2. Perhitungan Produksi dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	100
3. Pembahasan.....	102
4. Diagram Fishbone	104
5. Perhitungan Waktu Optimal untuk Memenuhi Produksi Pengupasan Lapisan <i>Overburden</i> dengan Menggunakan Analisis Regresi Linear Berganda	107

6. Perhitungan Produksi dengan Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) Setelah Perbaikan <i>Standby Time</i>	144
7. Perhitungan Biaya Operasi Per BCM Sebelum dan Setelah Peningkatan Produksi	145
BAB V PENUTUP	148
A. Kesimpulan	148
B. Saran	149
DAFTAR PUSTAKA	150
LAMPIRAN.....	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Foto Udara Lokasi Penambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk	10
Gambar 2. Foto Udara Lokasi Penambangan Pit 2 Tambang Banko Barat.....	10
Gambar 3. Peta Sekuen Penambangan Pit 2 Tambang Banko Barat	11
Gambar 4. Peta Lokasi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk	13
Gambar 5. Peta Geologi Regional Tanjung Enim Sumatera Selatan.....	15
Gambar 6. Kolom Stratigrafi Regional Tanjung Enim Sumatera Selatan	18
Gambar 7. Penampang Lithologi Daerah Tambang Banko Barat.....	23
Gambar 8. Struktur Organisasi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.....	29
Gambar 9. Kegiatan Penambangan di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.....	30
Gambar 10. Penggalan dan Pemuatan Overburden	32
Gambar 11. Frontal Cut, Drive By Cut, and Paralel Cut	36
Gambar 12. Single Back Up dan Double Back Up	37
Gambar 13. Top Loading dan Bottom Loading	39
Gambar 14. Hauling Overburden.....	40
Gambar 15. Dumping Overburden.....	40
Gambar 16. Alat Gali Muat Shovel Komatsu 3000E-6	42
Gambar 17. Rigid Truck Belaz 75135	45
Gambar 18. Kondisi Pengembangan Material	48
Gambar 19. Konsep OEE menurut Nakajima	61
Gambar 20. Komponen OEE	66
Gambar 21. Contoh Diagram Fishbone	71

Gambar 22. Diagram Jam Kerja SE-3001.....	94
Gambar 23. Diagram Jam Kerja SE-3002.....	94
Gambar 24. Diagram Jam Kerja SE-3003.....	95
Gambar 25. Diagram keterangan breakdown dan standby shovel komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003	104
Gambar 26. Diagram <i>Fishbone shovel</i> komatsu 3000E-6	106
Gambar 27. Grafik Waktu Maksimal Losstime Produksi Overburden.....	116
Gambar 28. Grafik Waktu Maksimal Losstime Produksi Overburden SE-3002	127
Gambar 29. Grafik Waktu Maksimal Losstime Produksi Overburden.....	138

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	13
Tabel 2. Total Cadangan Batubara.....	24
Tabel 3. Market Brand PT. Bukit Asam (Persero), Tbk	26
Tabel 4. Rank Batubara di lokasi Banko Barat PT. Bukit Asam	26
Tabel 5. Data Curah Hujan Tahun 2017	27
Tabel 6. Jadwal Kerja Pit 2 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk	93
Tabel 7. Data Jam Kerja <i>Shovel</i> Komatsu 3000E-6 (SE-3001, SE-3002, dan SE-3003).....	94
Tabel 8. Nilai MA, UA, PA, dan EU Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003.....	95
Tabel 9. Data Waktu Edar Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003.....	96
Tabel 10. Available Time, Cycle Time Rencana dan Aktual, serta Kapasitas bucket rencana dan aktual.....	102
Tabel 11. Hasil Perhitungan OEE shovel komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003.....	102
Tabel 12. Data keterangan breakdown dan standby shovel komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003.....	103
Tabel 13. Variabel X_1 , X_2 , dan Y SE-3001.....	107
Tabel 14. Variabel X_1 , X_2 , dan Y SE-3002	108
Tabel 15. Variabel X_1 , X_2 , dan Y SE-3003	109
Tabel 16. Regresi Linear Berganda Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001	111
Tabel 17. Waktu Maksimal SE-3001 untuk Memenuhi Target Produksi Overburden	116
Tabel 18. Standby time maksimal SE-3001 untuk Memenuhi Produksi	118

Tabel 19. Perbaikan Standby Time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001	120
Tabel 20. Standby Time Optimal Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001.....	121
Tabel 21. Regresi Linear Berganda Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3002	122
Tabel 22. Waktu Maksimal SE-3002 untuk Memenuhi Target Produksi Overburden	127
Tabel 23. Standby time maksimal SE-3002 untuk Memenuhi Produksi	129
Tabel 24. Perbaikan Standby Time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3002.....	131
Tabel 25. Standby Time Optimal Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3002.....	132
Tabel 26. Regresi Linear Berganda Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3003	133
Tabel 27. Waktu Maksimal SE-3003 untuk Memenuhi Target Produksi Overburden	138
Tabel 28. Standby time maksimal SE-3003 untuk Memenuhi Produksi	140
Tabel 29. Perbaikan Standby Time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3003.....	142
Tabel 30. Standby Time Optimal Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3003.....	143
Tabel 31. Hasil perhitungan OEE Perbaikan Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003.....	144

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Standar Bucket Fill Factor dan Swell Factor.....	152
Lampiran 2. Standar Cycle Time Untuk Shovel	153
Lampiran 3. Bucket Fill Factor dan Swell Factor Aktual	154
Lampiran 4. Efisiensi Kerja Aktual Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003	155
Lampiran 5. Jadwal Kerja Pit 2 Tambang Banko Barat.....	156
Lampiran 6. Losstime Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003	157
Lampiran 7. Cycle time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003	160
Lampiran 8. Total Jam Operasi Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003	163
Lampiran 9. Perhitungan Produktivitas Shovel Komatsu 3000E-6 SE-30001, SE-3002, dan SE-3003.....	166
Lampiran 10. Perhitungan Produksi dengan Metode OEE Shovel Komatsu 3000E-6 SE-30001, SE-3002, dan SE-3003	167
Lampiran 11. Variabel X1, X2 dan Z Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003	168
Lampiran 12. Perhitungan Analisis Regresi Linier Berganda Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003	171
Lampiran 13. Batas Maksimal Standby time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003	180
Lampiran 14. Perbaikan Standby Time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003	186
Lampiran 15. Perhitungan Produksi dengan Metode OEE Setelah Perbaikan Standby Time	189
Lampiran 16. Perhitungan Biaya Operasi Per Bcm	190

Lampiran 17. Target Produksi Pengupasan Overburden	192
Lampiran 18. Realisasi Produksi Pengupasan Overburden	193
Lampiran 19. Rekapitulasi Biaya Operasional.....	194
Lampiran 20. Peta IUP Banko Barat.....	195
Lampiran 21. Foto Udara Lokasi Pit 2 Tambang Banko Barat.....	196
Lampiran 22. Peta Sekuen Pit 2 Tambang Banko Barat.....	197

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Meningkatnya jumlah penduduk dunia di Era Modern saat ini yang mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan energi, sedangkan jumlah dari sumber daya energi dunia terus berkurang. Oleh karena itu pemerintah Indonesia mendorong untuk lebih memberikan perhatian kepada pemanfaatan sumber daya energi alternatif yang ada di Indonesia, salah satunya batubara yang merupakan bahan galian strategis sumber daya energi alternatif pengganti minyak. Salah satu tambang batubara yang ada di Indonesia yaitu PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Saat ini batubara di Indonesia digunakan sebagai keperluan domestik dan ekspor.

Berdasarkan hal tersebut PT. Bukit Asam (Persero) Tbk berusaha memenuhi target produksinya dengan tujuan mampu memenuhi permintaan batubara dalam dan luar negeri. Agar target produksi batubara tercapai maka perlu meningkatkan produksi pengupasan *overburden*. PT. Bukit Asam (Persero) Tbk adalah salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia dan merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN). PT. Bukit Asam (Persero) Tbk menerapkan sistem tambang terbuka dengan bahan galian yang ditambang adalah batubara. Metode penambangan yang digunakan adalah metode *conventional mining* dan *continuous mining*. Adapun metode *conventional mining* merupakan metode penambangan dengan menggunakan alat gali-muat dan alat angkut. Sedangkan, metode *continuous mining*

menggunakan *Bucket Wheel EXcavator* (BWE) yang merupakan satu sistem yang saling berkesinambungan.

PT. Bukit Asam (Persero) Tbk memiliki beberapa lokasi penambangan yang sedang beroperasi, diantaranya Tambang Air Laya, Tambang Muara Tiga Besar, dan Tambang Banko Barat. Izin Usaha Pertambangan (IUP) untuk Tambang Air Laya seluas 7.621 Ha, Tambang Muara Tiga Besar 3.300 Ha, dan Tambang Banko Barat 4.500 Ha.

Pada Tambang Banko Barat terdapat empat pit yang sedang beroperasi yaitu Pit 1, Pit 1 Utara, Pit 2, dan Pit 3 Timur. Penulis melakukan kegiatan penelitian di Lokasi Pit 2 Tambang Banko Barat. Sistem penambangan yang diterapkan adalah *conventional mining*. Alat gali-muat yang digunakan yaitu *Shovel* Komatsu 3000E-6. Sedangkan alat angkut yang digunakan yaitu *Rigid Truck* Belaz 75135.

Pada bulan Januari-Juli 2017 Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) untuk penggalian *overburden* di Pit 2 yaitu sebesar 725.000 Bcm, 700.000 Bcm, 750.000 Bcm, 750.000 Bcm, 775.000 Bcm, 775.000 Bcm, 800.000 Bcm sedangkan realisasi produksi *overburden* di Pit 2 bulan Januari-Juli 2017 yaitu sebesar 485.411,57 Bcm, 155.035,89 Bcm, 478.679,84 Bcm, 259.721,73 Bcm, 286.686,40 Bcm, 409.278,48 Bcm, 400.872,01 Bcm.

Sedangkan, pada bulan Agustus 2017 Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) untuk penggalian *overburden* di Pit 2 yaitu sebesar 825.000 Bcm sedangkan realisasinya yaitu 744.429,31 Bcm. Berdasarkan

data realisasi produksi tersebut, dapat disimpulkan bahwa produksi pengupasan *overburden* di *Pit 2* pada Bulan Agustus 2017 belum mencapai target. Hal ini berdampak pada biaya operasi yang dikeluarkan untuk pengupasan setiap BCM (*Bank Cubic Metre*) lapisan *overburden* tersebut. Ketidaktercapaian target produksi tersebut disebabkan oleh waktu kerja efektif dan produktivitas aktual yang tidak sesuai dengan yang direncanakan.

Waktu kerja efektif aktual rata – rata *shovel* komatsu 3000E-6 yaitu 367,12 jam dari target waktu kerja efektif yaitu sebesar 390 jam. Sedangkan, produktivitas aktual rata-rata *shovel* komatsu 3000E-6 685,03 bcm/jam dari target produktivitas sebesar 720 bcm/jam. Waktu kerja efektif yang kurang optimal disebabkan karena waktu *standby* dan *brekdown* alat *shovel* komatsu 3000E-6, sedangkan kurang optimalnya produktivitas disebabkan rendahnya efisiensi kerja alat.

Kondisi ideal dalam proses produksi sangat sulit dicapai. Akan tetapi hal tersebut dapat diupayakan dengan melakukan optimalisasi terhadap alat tersebut. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* merupakan alat pengukuran performa proses produksi yang dapat mengukur bermacam macam *losses* produksi dan mengidentifikasi potensi *improvement*. OEE adalah sebuah metode yang telah diterima oleh universal untuk mengukur *level* sebuah perusahaan dan potensi *improvement* dari sebuah proses produksi. Dengan menggunakan metode ini dapat diketahui area mana yang perlu ditingkatkan untuk mencapai target produksi.

Setelah itu digunakan analisis regresi linear berganda untuk mengetahui hubungan dan batas maksimal dari hambatan atau *loss time* yang dijadikan sebagai acuan dalam mereduksi *loss time* agar produksi dapat tercapai.

Setelah didapatkan batas maksimal dari analisis regresi linear berganda, perlu dilakukan perbaikan dari *losstime* yang menyebabkan berkurangnya jam kerja alat yang telah direncanakan perusahaan. Perbaikan dilakukan dengan metode *fishbone* dengan cara mencari sebab-akibat yang menyebabkan produksi pengupasan *overburden* tidak tercapai.

Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai ***“Optimalisasi Produksi Shovel Komatsu 3000E-6 dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Pengupasan Lapisan Overburden Di Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk”***.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Belum tercapainya produksi *overburden* di lokasi *Pit 2 Tambang Banko Barat*.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya produksi pengupasan *overburden* di lokasi *Pit 2* adalah waktu kerja efektif dan produktivitas aktual yang tidak sesuai dengan waktu kerja efektif dan produktivitas rencana.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dijelaskan, batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan di lokasi *Pit 2* Penambangan Banko Barat.
2. Peralatan tambang yang digunakan untuk penelitian adalah 3 unit *shovel* komatsu 3000E-6.
3. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2017.

D. Rumusan Masalah

Hal-hal yang perlu dikaji maupun diteliti serta menjadi perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menghitung nilai OEE *shovel* komatsu 3000E-6?
2. Bagaimana cara mengoptimalkan produksi *shovel* komatsu 3000E-6?
3. Bagaimana cara mengoptimalkan biaya operasi Per BCM *shovel* komatsu 3000E-6?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian di lokasi *Pit 2* Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai OEE *shovel* komatsu 3000E-6.
2. Mengoptimalkan produksi *shovel* komatsu 3000E-6.
3. Mengoptimalkan biaya operasi Per BCM *shovel* komatsu 3000E-6.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Bagi penulis dapat menerapkan ilmu yang didapat dibangku perkuliahan ke dalam bentuk penelitian dan meningkatkan kemampuan peneliti dalam menganalisa suatu permasalahan serta menambah wawasan peneliti khususnya di bidang keilmuan teknik pertambangan.

2. Bagi perusahaan

Bagi perusahaan dapat memberikan pertimbangan dan acuan bagi perusahaan dalam hal mengoptimalkan produksi *Shovel* Komatsu 3000E-6.

3. Bagi Universitas Negeri Padang

Penelitian ini diharapkan bisa berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan referensi tentang “Optimalisasi Produksi *Shovel* Komatsu 3000E-6 dengan Metode Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* pada Pengupasan Lapisan *Overburden* Di Lokasi Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk”.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Sejarah PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

PT. Bukit Asam (Persero), Tbk mengawali kegiatan eksplorasi pada tahun 1915-1918 dan mulai berproduksi tahun 1919. Kegiatan pertambangan batubara di Tanjung Enim dimulai sejak zaman kolonial Belanda tahun 1919 dengan menggunakan metode penambangan terbuka (*open pit mining*) di wilayah operasi pertama, yaitu di Tambang Air Laya (TAL). Seiring dengan berakhirnya kekuasaan kolonial Belanda di tanah air, para karyawan Indonesia kemudian berjuang menuntut perubahan status tambang menjadi pertambangan nasional.

Pada 1950, Pemerintah Republik Indonesia kemudian mengesahkan pembentukan Perusahaan Negara Tambang Arang Bukit Asam (PN TABA). Pada 1981, PN TABA kemudian berubah status menjadi Perseroan Terbatas dengan nama PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Persero), Tbk yang selanjutnya disebut Perseroan. Dalam rangka meningkatkan pengembangan industri batubara di Indonesia, pada 1990 pemerintah menetapkan penggabungan Perum Tambang Batubara dengan Perseroan. Maka sesuai dengan program pengembangan ketahanan energi nasional, pada 1993 Pemerintah menugaskan Perseroan untuk mengembangkan usaha briket batubara, dan pada Desember 2002, Perseroan mencatatkan diri sebagai perusahaan publik di Bursa Efek Indonesia dengan kode “PTBA”.

Saat ini dikembangkan beberapa site di wilayah izin usaha pertambangan PT. BA seperti yang terlihat pada Gambar. 1 yaitu:

a. Tambang Air Laya (TAL)

Tambang Air Laya (TAL), sebesar 7.621 Ha merupakan *site* terbesar di Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. Pada lokasi tambang air laya (TAL), terdapat dua metode penambangan utama yaitu *continous mining* menggunakan BWE sistem (*bucket wheel excavator*) dan metode *shovel and truck* (menggunakan *excavator* dan *dump truck*). Pada metode BWE sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak PT. BA sedangkan pada metode *shovel and truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor).

Metode *continous mining* menggunakan BWE system ini merupakan metode andalan PT. BA karena yang memiliki alat ini di Indonesia hanyalah PT. BA, yang dibeli dari Jerman. Semua hasil penggalian batubara dari TAL dan MTB akan di tampung di *stockpile* dan kemudian dikirim ke TLS (*Train Loading Station*) 1 dan 2. Melalui TLS ini kemudian batubara dimuat ke gerbong untuk kemudian dipasarkan melalui pelabuhan Tarahan (Lampung) dan Kertapati (Palembang).

b. Muara Tiga Besar (MTB)

Tambang Muara Tiga Besar (MTB) sebesar 3.300 Ha ini masih menggunakan sistem penambangan *conventional* yakni

dengan teknologi penambangan terbuka secara berkesinambungan (*continuous mining*) *backhoe* dan *dump truck*. Pada metode BWE sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak PT. BA sedangkan pada metode *backhoe and dump truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor) yaitu PT. Pama Persada Nusantara. Di MTB ada dua wilayah penambangan, yaitu Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS).

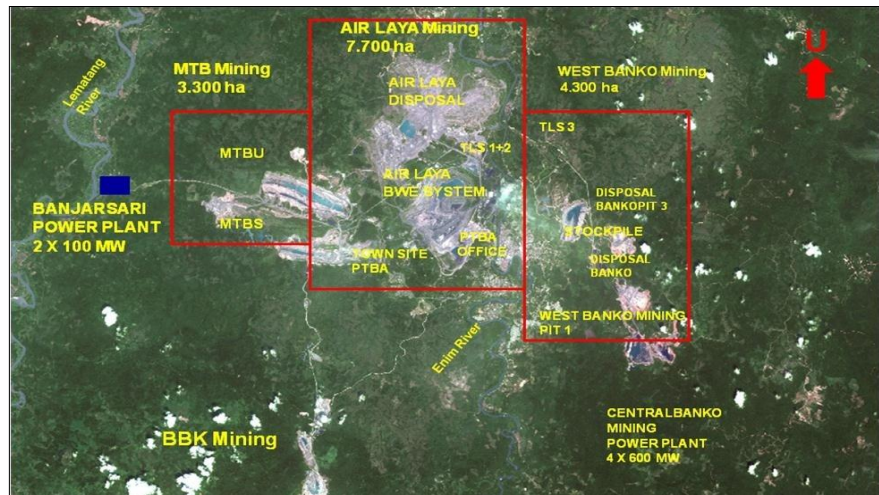
c. Banko Barat

Tambang Banko Barat sebesar 4.500 Ha terdiri dari Pit 1, Pit 1 Utara, Pit 2, dan Pit 3 Timur. Pengelolaan bagian timur dilakukan oleh PT. Swakelola, sedangkan bagian barat pengelolaan dilakukan oleh PT. BKPL (Bangun Karya Pratama Lestari) dan PT. SBS (Satria Bahana Sarana). Adapun batubara dari lokasi penggalian diangkut dengan *dump truck* ke *dump hopper*. Dari *dump hopper* ini batubara akan dialirkan ke *stockpile* melalui *belt conveyor*. Kemudian dari *stockpile* batubara akan dikirim ke TLS (*Temporary Loading Station*) 3 dan TLS (*Temporary Loading Station*) 4. Melalui TLS ini kemudian batubara dimuat ke gerbong untuk kemudian dipasarkan melalui pelabuhan Tarahan (Lampung) dan Kertapati (Palembang).

Batubara hasil penambangan dari beberapa site akan dikirim ke pelabuhan Tarahan di Lampung menggunakan kereta api,

selanjutnya batubara dikirim ke PLTU Suralaya dan di ekspor menggunakan kapal laut.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat foto udara lokasi penambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk pada Gambar 1.



Sumber: Satker Geologi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 1. Foto Udara Lokasi Penambangan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

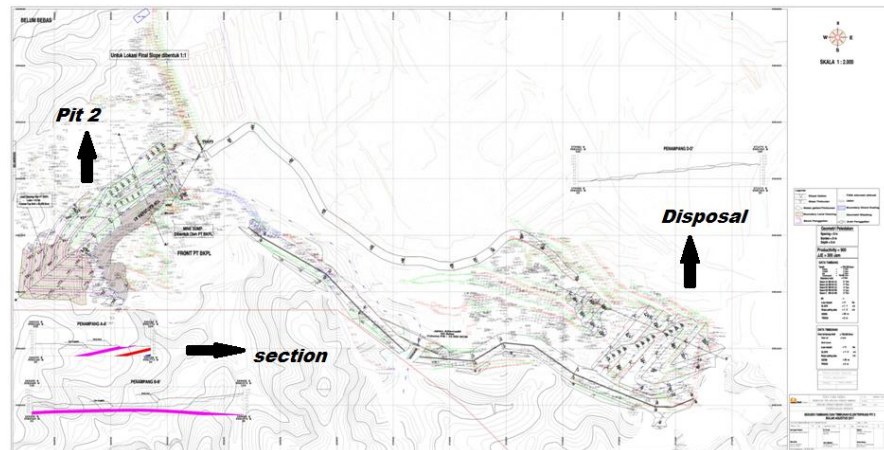
Foto udara lokasi penambangan Pit 2 Tambang Banko Barat dapat dilihat pada gambar 2.



Sumber: Satker Perencanaan Tambang PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 2. Foto Udara Lokasi Penambangan Pit 2 Tambang Banko Barat

Peta sekuen penambangan *Pit 2* Tambang Banko Barat dapat dilihat pada gambar 3.



Sumber: Satker Perencanaan Tambang PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 3. Peta Sekuen Penambangan Pit 2 Tambang Banko Barat

2. Visi dan Misi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

a. Visi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

Menjadi perusahaan energi berkelas dunia yang peduli lingkungan.

b. Misi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

Mengelola sumber energi dengan mengembangkan kompetensi korporasi dan keunggulan insani untuk memberikan nilai tambah maksimal bagi stackholder dan lingkungan.

c. Nilai

1) Visioner

Mampu melihat jauh ke depan dan membuat proyeksi jangka panjang dalam pengembangan bisnis.

2) Integritas

Mengedepankan perilaku percaya, terbuka, positif, jujur, berkomitmen dan bertanggung jawab.

3) Inovatif

Selalu bekerja dengan kesungguhan untuk memperoleh terobosan baru untuk menghasilkan produk dan layanan terbaik dari sebelumnya.

4) Professional

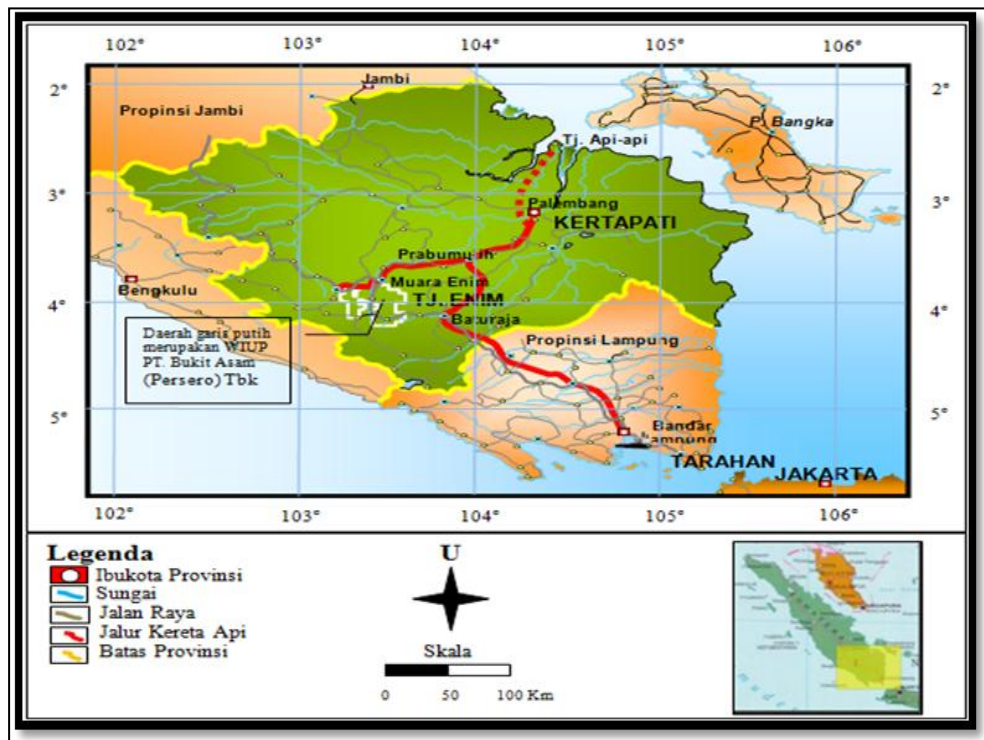
Melaksanakan semua tugas sesuai dengan kompetensi, dengan kreativitas, penuh keberanian, komitmen penuh, dalam kerjasama untuk keahlian yang terus menerus meningkat.

5) Sadar Biaya dan Lingkungan

Memiliki kesadaran tinggi dalam setiap pengelolaan aktivitas dengan menjalankan usaha atau asas manfaat yang maksimal dan kepedulian lingkungan.

B. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Wilayah Kuasa Pertambangan (KP) PT. Bukit Asam (Persero), Tbk terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan. Secara geografis terletak pada posisi $3^{\circ}42'30''$ LS – $4^{\circ}47'30''$ LS dan $103^{\circ}45'00''$ BT – $103^{\circ}50'10''$ BT. Seperti yang terlihat pada Gambar 4 berikut ini.



Sumber: Satker Geologi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 4. Peta Lokasi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

Tabel 1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi	Jarak Tempuh	Waktu Tempuh	Kondisi Jalan
Padang – Tanjung Enim	738 km	± 14 jam	Melewati jalan beraspal, kondisi jalan baik
Pasar Bawah – Kantor Besar PT. Bukit Asam (Persero), Tbk	500 m	± 5 menit	Melewati jalan beraspal, kondisi jalan baik
Kantor Besar – Penambangan Banko Barat	1 Km	15 menit	Melewati jalan beraspal dan jalan tanah kompak, kondisi jalan baik

C. Keadaan Geologi Umum

1. Kondisi Morfologi

Secara umum daerah tambang PT. Bukit Asam (Persero), Tbk mempunyai topografi yang bervariasi mulai dari dataran rendah, hingga

perbukitan. Dataran rendah menempati sisi bagian selatan, yaitu daerah yang terdapat aliran sungai-sungai kecil yang bermuara di sungai Lawai dan Sungai Lematang dengan ketinggian ± 50 m di atas permukaan laut. Elevasi terendah terletak di *mine sump pre bench* utara dengan elevasi – 90 dibawah permukaan laut. Daerah perbukitan terdapat dibagian barat terletak di puncak Bukit Asam dengan elevasi tertinggi ± 282 meter diatas permukaan laut. Pada kedua daerah ini banyak dijumpai vegetasi yang sebagian besar merupakan tumbuhan hutan tropika dan semak belukar.

2. Kondisi Stratigrafi dan Litologi

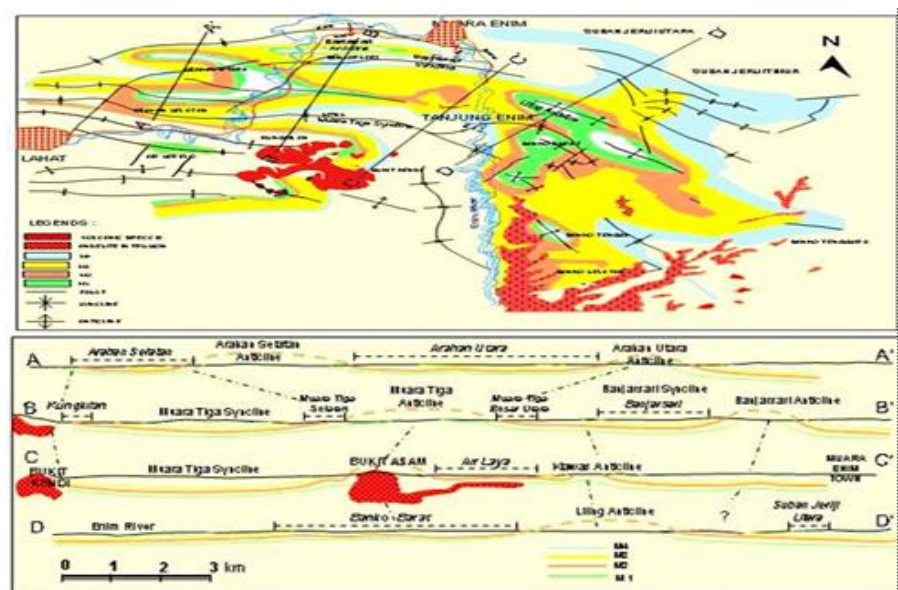
a. Stratigrafi

Lapisan batubara di daerah IUP PT. Bukit Asam (Persero), Tbk unit penambangan Tanjung Enim menempati tepi barat bagian dari Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan ini merupakan bagian dari cekungan sumatera Tengah dan Selatan (Coster, 1947 dan Harsa, 1975). Lapisan batu bara didaerah ini tersingkap dalam sepuluh lapisan batubara yang terdiri dari lapisan tua sampai muda, yakni lapisan Petai, Lapisan Suban, Lapisan Mangus, Dan Tujuh Lapisan Gantung (*hanging seam*).

Daerah penambangan PT. Bukit Asam (Persero), Tbk termasuk zona fisiografis cekungan sumatera selatan dan merupakan bagian dari *antiklinorium* Muara Enim dari Cekungan Sumatera Selatan. Litologi utama yang dijumpai yaitu formasi Muara Enim

sebagai pembawa batubara yang didominasi batuan lempung lanau dengan *mio-pliosen*.

Secara regional wilayah penambangan PT. Bukit Asam (Persero), Tbk termasuk dalam Sub Cekungan Palembang yang merupakan bagian dari cekungan Sumatera Selatan dan terbentuk pada zaman *Tersier*. Sub Cekungan Sumatera Selatan yang diendapkan selama zaman Kenozoikum terdapat urutan Litologi yang terdiri atas dua kelompok besar, yaitu kelompok Telisa dan kelompok Palembang. Kelompok Telisa terdiri dari formasi lahat, formasi talang akar, formasi baturaja dan formasi gumai. Kelompok Palembang terdiri dari Formasi Air Bekanat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai. Peta geologi regional Tanjung Enim dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber: Satker Geologi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 5. Peta Geologi Regional Tanjung Enim Sumatera Selatan

1) Formasi Lahat

Formasi Lahat diendapkan tidak selaras diatas batuan pra-tercier pada lingkungan darat. Formasi ini berumur Oligosen bawah, tersusun oleh tuffa breksi, lempung tuffan, breksi dan konglomerat. Pada tempat yang lebih dalam fasiesnya berubah menjadi serpih tuffan, batu lanau dan batu pasir dengan sisipan batubara. Ketebalan formasi ini berkisar antara 0 – 300 meter.

2) Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar diendapkan tidak selaras diatas Formasi Lahat. Formasi ini berumur Oligosen atas sampai Oligosen bawah, tersusun oleh batu pasir, batu sampingan, batu lempung dan batu lempung sisipan batubara. Formasi Talang Akar diendapkan di lingkungan fluviatil, delta dan laut dangkal dengan ketebalan berkisar 0 - 400 meter.

3) Formasi Baturaja

Formasi Baturaja diendapkan selaras diatas Formasi Talang Akar. Formasi ini berumur miosen bawah yang tersusun oleh napal, batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Ketebalan formasi ini berkisar antara 0 – 400 meter.

4) Formasi Gumai

Formasi Gumai diendapkan selaras diatas Formasi Baturaja yang berumur miosen bawah sampai miosen tengah. Formasi ini tersusun oleh serpih dan sisipan napal dengan batu

gamping dibagian bawah. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah laut dalam, dengan ketebalan 300 – 2200 meter.

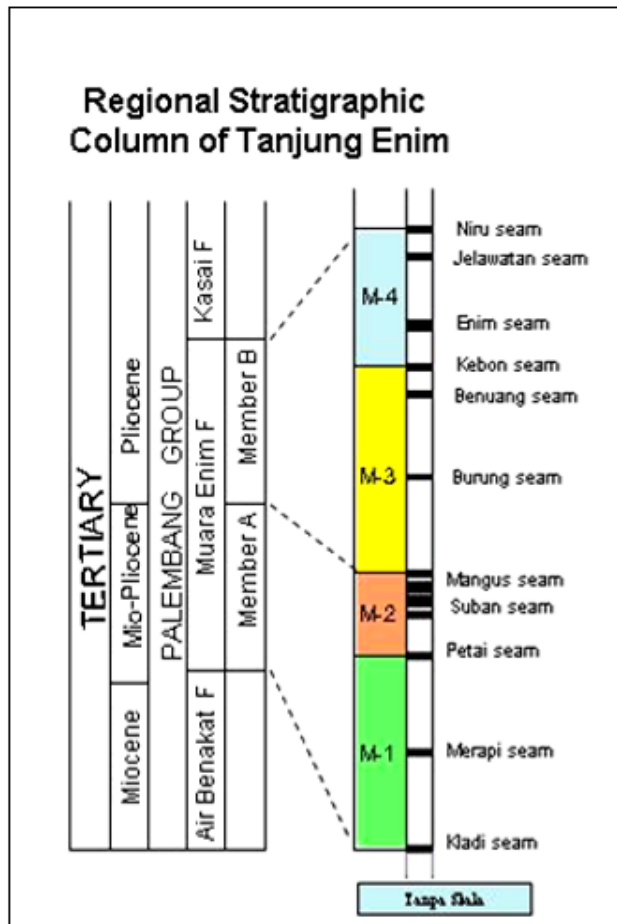
5) Formasi Air Bekanat

Formasi Air Bekanat diendapkan selaras diatas Formasi Gumai yang berumur miosen tengah tersusun oleh batulempung pasiran dan batupasir Glaukonitan. Formasi Air Bekanat diendapkan pada lingkungan laut neritik dan berangsur menjadi laut dangkal, dengan ketebalan antara 100 – 800 meter.

6) Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim diendapkan selaras diatas formasi bekanat. Formasi ini berumur miosen atas yang tersusun oleh batu pasir lempungan dan batubara. Formasi ini merupakan pengendapan lingkungan laut neritik sampai rawa, dengan ketebalan berkisar antara 150 – 750 meter.

Formasi Muara Enim dicirikan oleh batuan yang berupa batu pasir, batu lanau, batu lempung, dan batubara. Pada bagian atas Formasi ini sering terdapat tufa atau lempung tufaan. Formasi ini juga merupakan Formasi pembawa batubara yang dapat dibedakan menjadi 4 anggota, terdiri dari yang tertua ke yang muda, seperti terlihat pada Gambar 6.



Sumber: Satker Geologi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 6. Kolom Stratigrafi Regional Tanjung Enim Sumatera Selatan

- a) M1: Terdiri dari batupasir, batu lanau dan batu lempung berwarna coklat dan abu-abu dengan sedikit glaukonitan. Lapisan batubaranya terdiri dari *seam* batubara Keladi (5-10 m) dan Merapi (0,2 – 1 m).
- b) M2: Batas atasnya ditempatkan pada puncak *seam* Mangus dan batas bawah pada lantai *seam* Petai. Anggota M2 terdiri dari perulangan batulempung, lempung pasiran berwarna coklat abu-abu, pasir halus – sedang, coklat

abu-abu dibagian bawah berwarna hijau abu-abu, serta batubara. Lapisan batubara yang terdapat dalam anggota ini terdiri dari *seam* C (Petai) dengan ketebalan 5 - 9 m, lapisan batubara B (Suban) dengan ketebalan 10 -18 m, dan lapisan batubara A (Mangus) dengan ketebalan 8 – 12 m.

c) M3: Terdiri dari perselingan pasir dan lanau, biru hijau, lempung abu-abu hijau dan coklat, horizon pasir 3-6 m yang terletak 40 m diatas *seam* Mangus dan terdapat kantong-kantong gas. Batupasir dalam anggota ini dicirikan oleh kehadiran nodul – nodul batubesi kalsitan yang mempunyai rongga rongga bekas gas. Anggota M3 Formasi Muara Enim mengandung beberapa lapisan batubara dengan ketebalan kurang dari 2 m, hanya ada 1 lapisan batubara yang cukup tebal yaitu lapisan batubara Benuang dengan ketebalan 1 – 2 m.

d) M4: Terutama disusun oleh batulempung dan batupasir serta beberapa lapisan batubara. Lapisan batubara terdiri dari *seam* Kebon, Enim, Jelawatan dan Niru. Endapan batubara yang terdapat pada Formasi ini mengandung beberapa lapisan dengan ketebalan mencapai 20 m. Endapan batubara yang terdapat pada

Formasi Muara Enim berdasarkan kompilasi data dari beberapa lapangan batubara diketahui seluruhnya berjumlah $\pm$ 21 lapisan batubara. Namun di beberapa lapangan batubara, endapan batubara utama yang dijumpai adalah sebanyak 10 lapisan, yaitu lapisan Batubara Mangus sebanyak 2 lapisan (A1 dan A2), Batubara Suban sebanyak 2 lapisan (B / B1 dan B2), Batubara Petai sebanyak 3 lapisan (C / C1, C2 dan C3), Batubara Merapi (D) sebanyak 1 lapisan, dan Batubara Keladi (E) sebanyak 2 lapisan (E / E1 dan E2).

7) Formasi kasai

Formasi ini tersusun oleh batubara tuffan yang dicirikan bewarna putih, batu lempung dan sisipan batubara tipis seperti yang tersingkap di daerah suban. Lingkungan pengendapan Formasi ini adalah darat sampai transisi.

b. Litologi

Litologi batuan yang dijumpai di daerah penambangan banko barat tergolong dalam formasi muara enim. Diantara lapisan batubara terdapat lapisan batuan atau biasa disebut *interburden*.

Lithologi di daerah banko barat adalah sebagai berikut:

1) Lapisan Tanah Penutup (*overburden*)

Overburden ini mempunyai ketebalan berkisar antara 25 – 110 meter, terdiri dari tanah buangan lama, batu lempung, bentonitan, pasir, gravel, dan endapan lumpur.

2) Lapisan Batubara A1 (Mangus Atas)

Umumnya lapisan batubara ini dapat dicirikan dengan adanya material-material pengotor berupa tiga lapisan tanah liat yang disebut dengan *clayband*, adapun ketebalan dari lapisan batubara A1 adalah 7,3 meter.

3) Lapisan *Interburden* A1 – A2

Lapisan ini dicirikan oleh adanya material Tufaan berwarna putih dan abu-abu. Secara keseluruhan lapisan ini memperlihatkan adanya struktur *graded bedding* dengan batu pasir konglomerat pada bagian dasar, batu lanau, dan batu lempung. Ketebalan lapisan ini berkisar 0,5 – 3 meter.

4) Lapisan Batubara A2

Lapisan ini dicirikan adanya lapisan silikan pada bagian atasnya dan ketebalannya mencapai 9,8 meter.

5) Lapisan *Interburden* A2 – B1

Lapisan ini dicirikan adanya lapisan perulangan antara batu pasir dan batu lanau dengan sisipan tipis batubara dan batu lempung. Ketebalan lapisan ini mencapai 18 meter.

6) Lapisan Batubara B1

Lapisan Batubara B1 ini mempunyai lapisan pengotor sebanyak 2 - 3 baris berupa batu lempung lanauan dengan tebal 1- 15 cm. Lapisan ini memiliki ketebalan mencapai 12,7 meter.

7) Lapisan *Interburden* B1 – B2

Lapisan ini terdiri dari selang – seling batu lempung dan batu lanau. Ketebalan lapisan ini mencapai 3 meter.

8) Lapisan Batubara B2

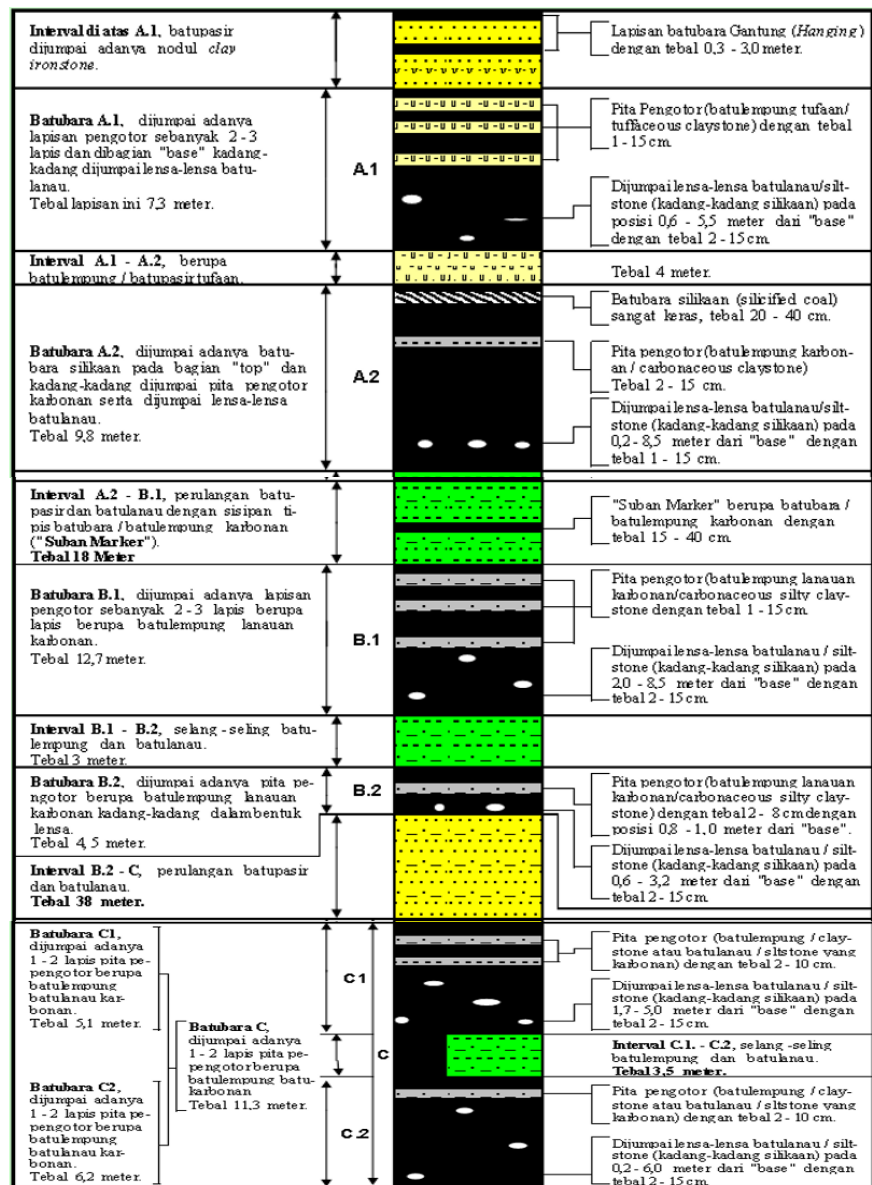
Lapisan ini sring dijumpai adanya pita pengotor berupa batu lempung lanauan yang terkadang dalam bentuk lensa. Lapisan batubara B2 memiliki tebal mencapai 4,5 meter.

9) Lapisan *Interburden* B2 – C

Lapisan ini mengandung batu lanau, batu pasir, dan sisipan batu lanau serta terdapat mineral *Glaukonitan*. Ketebalan lapisan ini mencapai 38 meter.

10) Lapisan Batubara C

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 11,3 m dengan sisipan tipis batu lempung dan dibawahnya terdapat batu lempung dan batu lanau. Uraian stratigrafi daerah Banko Barat dapat dilihat pada Gambar 7.



Sumber: Satker Geologi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 7. Penampang Lithologi Daerah Tambang Banko Barat

D. Keadaan Struktur Geologi

Struktur geologi yang berkembang adalah antiklin yang membentuk kubah, sesar normal, sesar-sesar minor dengan pola radial, dan sesar yang tidak menerus sampai dibagian bawah dari lapisan batuan yang ada. Hal ini terjadi sebagai akibat dari intrusi andesit di daerah cadangan, adapun selain intrusi batuan beku andesit, struktur geologi pada tambang Air Laya juga

dipengaruhi adanya gaya tektonik pada zaman pliosen dengan arah utama utara-selatan.

E. Cadangan dan Kualitas Batubara

1. Cadangan Batubara

Jumlah cadangan batubara yang terdapat pada lokasi PT. BA-UPTE dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Cadangan Batubara

No	Tambang/ Deposit	Cadangan Terukur (Dapat ditambang) Juta Ton
1	Air Laya	90,23
2	MTBU	34,09
3	MTBS	11,15
4	Banko Barat	177,34
5	Bukit Kendi	2,82
6	Kungkulan	26,69
7	Bukit Munggu	1,30
	Total	343,62

Sumber: Satker Eksplorasi Rinci PT.BA, 2017

2. Kualitas Batubara

Klasifikasi kualitas batubara bertujuan untuk mengetahui variasi mutu batubara. Batubara PT. BA (UPTE) secara umum termasuk kelas *subbituminous* sampai antrasit. Untuk klasifikasi batubara yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam dibedakan menjadi *mine brand* dan *market brand*. Produk batubara hasil dari proses penambangan disebut dengan *mine brand*, sedangkan *market brand* adalah nama produk batubara yang siap dipasarkan. Penamaan jenis produk batubara PT. Bukit Asam (Persero), Tbk ini berdasarkan nilai kalori. Untuk *market brand* dilambangkan dengan Bukit Asam dan *mine brand* dilambangkan dengan BB, MT dan AL. Baik *market brand* maupun *mine brand*

memiliki kualitas yang berbeda-beda tergantung dari jenisnya masing-masing.

Berikut merek produk batubara (*coal brand*) PT. Bukit Asam (Persero), Tbk:

a. *Mine Brand* PT. Bukit Asam (Persero), Tbk:

1) Banko Barat

- a) BB-46 (4600-4900 kkal/kg, ar)
- b) BB-50 (4901-5200 kkal/kg, ar)
- c) BB-52 (5201-5500 kkal/kg, ar)

2) Muara Tiga Besar

- a) MT-44 (4400-4600 kkal/kg, ar)
- b) MT-46 (4601-4900 kkal/kg, ar)
- c) MT-50 (4901-5200 kkal/kg, ar)

3) Air Laya

- a) AL-50 (4901-5200 kkal/kg, ar)
- b) AL-52 (5201-5500 kkal/kg, ar)
- c) AL-55 (5501-5800 kkal/kg, ar)
- d) AL-58 (5801-6100 kkal/kg, ar)
- e) AL-61 (6101-6400 kkal/kg, ar)
- f) AL-64 (6401-6700 kkal/kg, ar)
- g) AL-67 (6701-7100 kkal/kg, ar)
- h) AL-72 (7101 < kkal/kg, ar)

b. *Market Brand* PT. Bukit Asam (Persero), Tbk:

Tabel 3. Market Brand PT. Bukit Asam (Persero), Tbk

No	Tipe Batubara	CV kkal/kg,adb	TM %,adb	IM %,adb	Ash %,adb	VM %,adb	FC %,adb	TS %,adb
1	BA 55 (5400 – 5600)	5500	30	14,7	7,3	39,0	39,0	0,6
2	BA 59 (5800 – 6000)	5900	28	13,1	6,0	40,4	40,5	0,6
3	BA 63 (6200 – 6400)	6300	21	11,3	5,0	41,2	42,5	0,6
4	BA 67 (6600 – 6800)	6700	18	7,8	5,0	41,5	45,7	0,6
5	BA 70 (6900 – 7050)	7000	14	6,1	5,0	41,9	47,0	0,7

Sumber: Satker Renops PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Tabel 4. Rank Batubara di lokasi Banko Barat PT. Bukit Asam

1	BB – 50LS	A1
2	BB – 50LS	A2
3	BB – 50LS	B1
4	BB – 50HS	B2
5	BB – 52 HS	C

Sumber: Satker Renops PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

F. Iklim dan Curah Hujan

Iklim yang dimiliki oleh Tambang Banko Barat sama dengan iklim yang ada di Indonesia pada umumnya. Untuk daerah tambang ini memiliki iklim tropis. Dengan metode penambangan terbuka seluruh aktivitas pekerjaan berhubungan langsung dengan udara bebas, sehingga iklim yang ada berdampak langsung pada operasional. Daerah ini memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Tabel curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Curah Hujan Tahun 2017

Bulan	Curah Hujan (mm)	Jam Hujan (Jam)	Frekwensi (Kali)
Januari	114,90	67,39	34,00
Februari	502,20	131,55	87,00
Maret	218,00	70,46	56,00
April	331,70	88,08	48,00
Mei	336,90	35,59	25,00
Juni	66,20	9,60	10,00
Juli	139,80	14,58	28,00
Agustus	119,90	13,69	33,00

Sumber: *Satker Rensihid PT. Bukit Asam(Persero) Tbk, 2017*

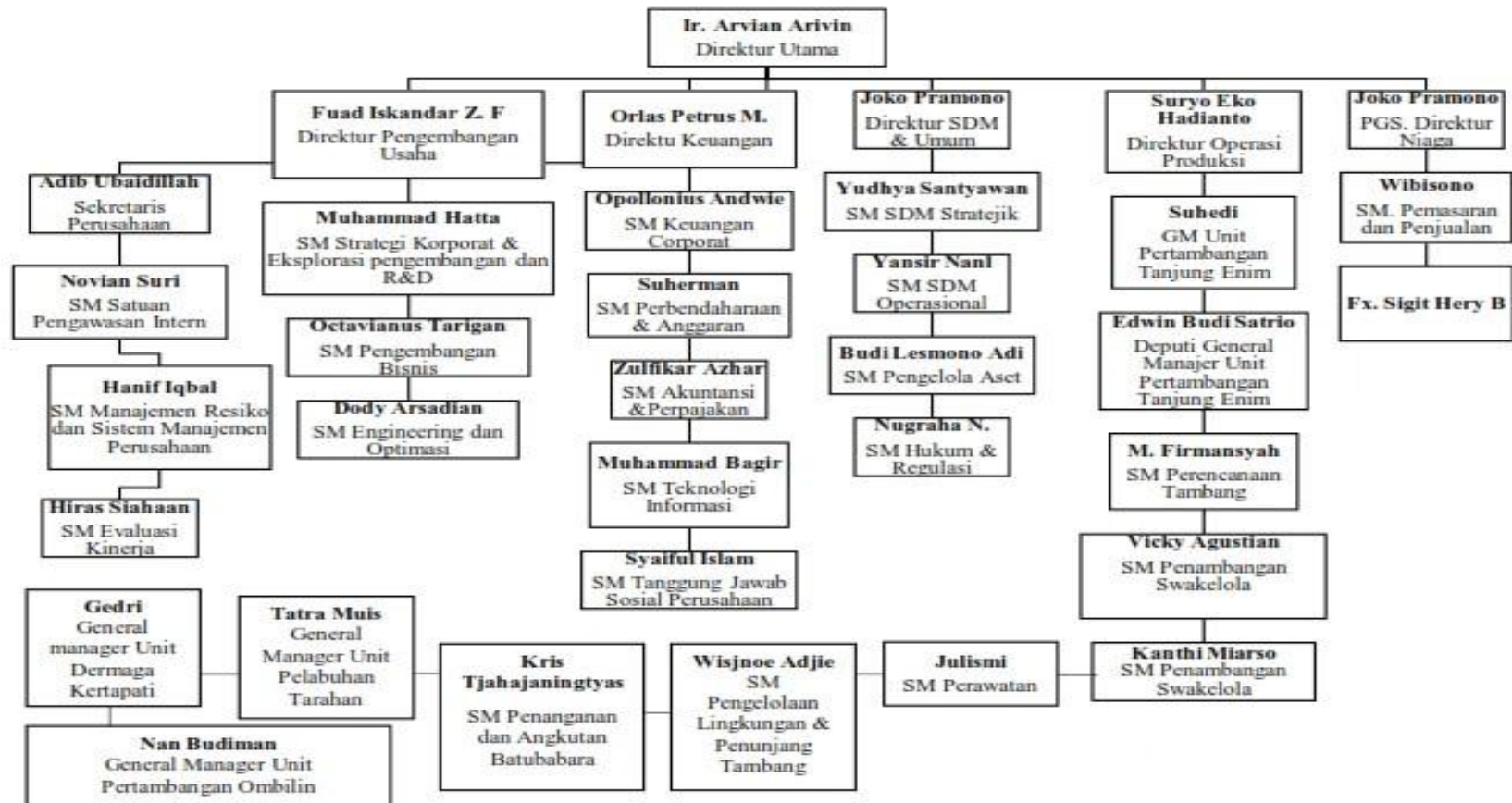
G. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi perusahaan dibuat untuk meningkatkan kinerja dari setiap divisi penyokong dalam suatu perusahaan. Dengan struktur organisasi yang optimal maka diharapkan mampu mendukung pencapaian target disetiap tahunnya. Penyusunan struktur organisasi dibuat berdasarkan spesifikasi dan fungsi kinerja yang ada sehingga dapat dipertanggung jawabkan.

Untuk tugas operasionalnya, pengoperasian PT. Bukit Asam (Persero), Tbk dipimpin oleh Dewan Direksi. Berdasarkan Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa (RUPSLB) tanggal 27 desember 2006, anggota direksi berubah dari lima orang menjadi enam orang, dan dalam organisasi baru ini terdapat dua direktorat yang tugasnya menjadi lebih fokus, yaitu Direktorat Niaga dan Direktorat Pengembangan usaha. Direktur niaga focus pada upaya peningkatan pendapatan dan efisiensi biaya melalui proses pengadaan barang dan jasa berdasarkan prinsip *Good Corporate Governance* (GCG). Direktur

pengembangan usaha fokus pada pengembangan usaha perusahaan dan memberikan jaminan pertumbuhan perusahaan secara jangka panjang.

Struktur Organisasi PT. Bukit Asam (Persero), Tbk dapat dilihat secara rinci pada Gambar 8.

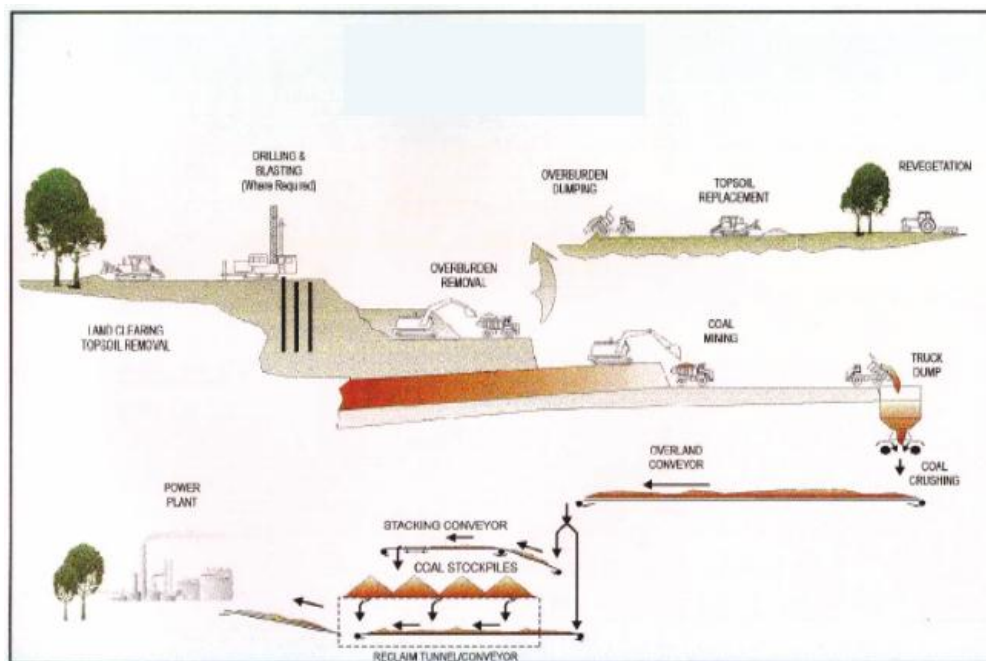


Sumber: Satuan Kerja Perencanaan Operasi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 8. Struktur Organisasi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

H. Kegiatan Penambangan

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam (Persero) Tbk menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode *backfilling*. Metode ini digunakan untuk mengurangi jumlah luasan *disposal area*, dimana material *overburden* akan di *dumping* di lokasi yang batubaranya sudah ditambang. Metode ini juga akan mencegah terbentuknya kolam – kolam besar bekas tambang yang nantinya akan mempengaruhi lingkungan disekitar lokasi penambangan baik disaat berjalannya aktifitas penambangan maupun setelah berakhirnya masa penambangan.



Sumber: Satker Rencana Lingkungan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, 2017

Gambar 9. Kegiatan Penambangan di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

1. Survey dan Pemetaan

Kegiatan ini merupakan faktor penting dalam suatu tambang mulai dari proses awal sampai akhir penambangan, dan merupakan dasar untuk melakukan perencanaan suatu kegiatan penambangan. *Survey*

dilakukan untuk mendapatkan data perubahan situasi dan data pengukuran yang nantinya dibutuhkan untuk keperluan seperti pemetaan, kontur, perhitungan volume *overburden* dan batubara, desain tambang, serta untuk melihat kemajuan dari kegiatan tambang.

2. Proses Land Clearing

Pembabatan adalah kegiatan pembersihan *front* kerja atau tempat kerja dari tumbuh-tumbuhan baik itu semak belukar, pepohonan dan tumbuhan lainnya yang dapat mengganggu proses penambangan atau mengganggu alat-alat mekanis yang bekerja pada lokasi penambangan. Kegiatan land clearing yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam (Persero) Tbk menggunakan alat mekanis seperti *bulldozer*.

3. Pengupasan Tanah Pucuk

Setelah lahan dibersihkan, maka selanjutnya dilakukan penggalian tanah pucuk berupa tanah humus. Material humus ditimbun ditempat terpisah dari material *overburden* karena akan digunakan untuk reklamasi sebagai media tanah.

4. Penggalian, Pemuatan dan Pengangkutan *Overburden*

Kegiatan pemuatan dan pengangkutan *overburden*, pada umumnya dilakukan dengan sistem *conventional* yaitu dengan menggunakan kombinasi antara *excavator* dan *dumptruck*. *Overburden* diberai dahulu dengan bantuan *ripper bulldozer* lalu dimuat dengan *excavator* dan kemudian dilakukan pengangkutan menggunakan *dump truck* untuk diangkut ke *disposal*. Untuk material yang keras dilakukan

peledakan (*Blasting*). Pada *Pit 2* dilakukan blasting agar memudahkan dalam proses penggalian.

Pemuatan dan pengangkutan pada *Pit 2* menggunakan kombinasi antara alat gali – muat dan alat angkut *shovel* PC 3000 dan Belaz HD 75135.



Gambar 10. Penggalian dan Pemuatan Overburden

Proses pengangkutan bertujuan untuk memindahkan *overburden* atau *interburden* hasil penggalian dari *front* penambangan menuju ke *disposal* dengan menggunakan Belaz HD 75135.

5. Penambangan Batubara

Untuk melakukan penambangan batubara (*coal getting*) itu sendiri, terlebih dahulu dilakukan kegiatan *coal cleaning*. Maksud dari kegiatan *coal cleaning* ini adalah untuk membersihkan pengotor yang berasal dari permukaan batubara (*face batubara*) yang berupa material sisa tanah penutup yang masih tinggal sedikit, serta pengotor lain.

Selanjutnya dilakukan kegiatan *coal getting* hingga pemuatan ke alat angkutnya. Untuk lapisan batubara yang keras, maka terlebih dahulu harus dilakukan penggaruan.

6. Reklamasi

Pada tahap ini dilakukan penataan dan perbaikan lahan bekas tambang tersebut sesuai dengan peruntukannya. Agar lahan bekas tambang tersebut dapat dimanfaatkan kembali.

I. Dasar Teori

1. Kegiatan Pemindahan Tanah

Segala macam pekerjaan yang berhubungan dengan kegiatan penggalian (*digging, breaking, loosening*), pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling, transporting*), penimbunan (*dumping, illing*), perataan (*spreading, levelling*) dan pemadatan (*compacting*) tanah atau batuan dengan alat-alat mekanis (alat-alat besar) disebut pemindahan tanah mekanis.

Untuk pemindahan tanah mekanis ini biasa digunakan alat-alat mekanis yang sesuai dengan kemampuan kerja alat-alat mekanis tersebut tetapi akan dibebankan kepada penggunaannya untuk pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan tambang terbuka.

Selain itu penggunaan peralatan mekanis disesuaikan dengan komponen lapangan kerja. Komponen lapangan kerja yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. Jalan-jalan dan sarana pengangkutan yang ada

- b. Tumbuh-tumbuhan
- c. Macam material dan perubahan volumenya
- d. Daya dukung material
- e. Iklim
- f. Ketinggian dari permukaan air laut
- g. Kemiringan, jarak dan keadaan jalan.
- h. Efisiensi kerja
- i. Syarat-syarat penyelesaian pekerjaan
- j. Syarat-syarat penimbunan
- k. Waktu
- l. Ongkos-ongkos produksi

(Prodjosumarto, 1996: 1-10)

Dalam pekerjaan pemindahan tanah, sebelumnya perlu dilakukan *land clearing*. Setelah pekerjaan *land clearing* tersebut selesai, maka proses selanjutnya adalah: pengupasan *top soil* (Lapisan atas) atau *stripping*, penggalian (*excavating*), *hauling*, dan *dumping*.

- a. Pengupasan *Top Soil* (Lapisan Atas) atau *Stripping*

Tanah pucuk (*Top soil*) adalah lapisan tanah pada horizon teratas yang mengandung unsur hara.

Pada pekerjaan-pekerjaan penambangan, seperti penambangan nickel, timah, dan batubara dilaksanakan dengan menyisihkan atau menyimpan *top soil* di suatu tempat, yang nantinya setelah selesai mendapatkan hasil tambang bisa dipakai kembali

untuk reklamasi (*back filling*) sehingga kondisi permukaan tanah bisa dilakukan penanaman kembali (*reboisasi*). Kegiatan untuk mengupas *top soil* tersebut dinamakan *stripping*.

b. Penggalian (*Excavating*)

Excavating adalah suatu kegiatan penggalian material (tanah) yang akan digunakan atau akan dibuang. Hal ini dipengaruhi oleh 3 (tiga) kondisi sebagai berikut:

Kondisi I : Bila tanah biasa (normal), bisa langsung dilakukan penumpukan atau langsung dimuat (*loading*).

Kondisi II : Bila kondisi tanah keras harus dilakukan penggaruan (*ripping*) terlebih dahulu, kemudian dilakukan *stock pilling* dan pemuatan (*loading*)

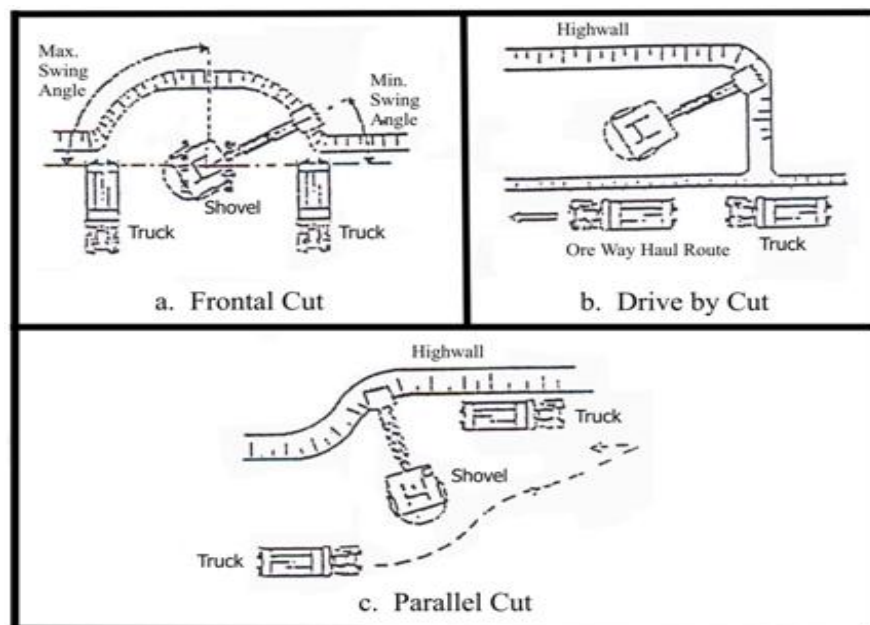
Kondisi III : Bila terlalu keras dimana pekerjaan *ripping* tidak ekonomis (tidak mampu) mesti dilakukan peledakan (*blasting*) guna memecah belahkan material terlebih dahulu sebelum dilakukan *stock pilling* kemudian dilakukan pemuatan (*loading*).

c. Pemuatan (*loading*)

Pemuatan merupakan proses pemuatan material hasil galian oleh alat gali muat yang dimuatkan pada alat angkut. Ukuran dan tipe dari alat muat yang dipakai harus sesuai dengan kondisi lapangan dan keadaan alat angkutnya. (Indonesianto, 2010)

Pola pemuatan yang digunakan tergantung pada kondisi lapangan operasi pengupasan serta alat mekanis yang digunakan dengan asumsi bahwa setiap alat angkut yang datang, mangkuk (*bucket*) alat gali muat sudah terisi penuh dan siap ditumpahkan. Setelah alat angkut terisi penuh segera keluar dan dilanjutkan dengan alat angkut lainnya sehingga tidak terjadi waktu tunggu pada alat angkut maupun alat gali-muatnya.

Pola pemuatan pada operasi pengangkutan di tambang terbuka dikelompokkan berdasarkan posisi *back hoe* terhadap *front* penggalian dan posisi *dump truck* terhadap *back hoe*. Proses pemuatan pada operasi penambangan dapat dibagi tiga macam yaitu *frontal cut*, *parallel cut with drive-by*, dan *parallel cut with turn and back*, seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Sumber: Indonesianto, 2005

Gambar 11. Frontal Cut, Drive By Cut, and Paralel Cut

1) *Frontal cut*

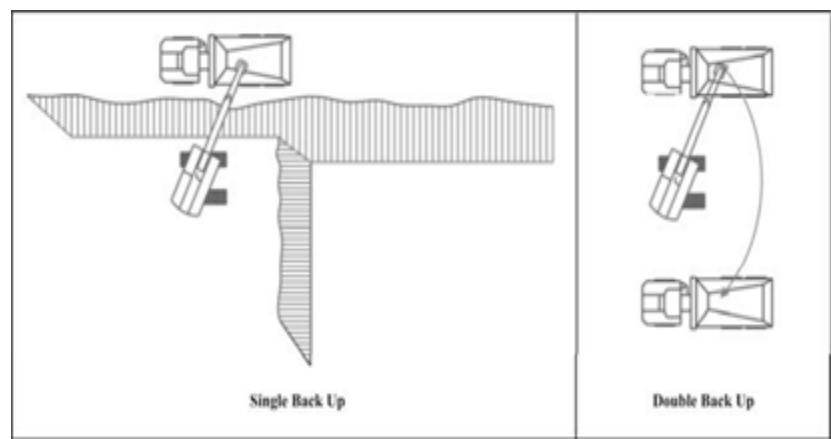
Back hoe berhadapan dengan muka jenjang atau *front* penggalian. Pada pola ini back hoe memuat pertama pada dump truck sebelah kanan sampai penuh dan berangkat, setelah itu dilanjutkan pada *dump truck* sebelah kiri.

2) *Parallel cut with Drive-by*

Back hoe bergerak melintang dan sejajar dengan *front* penggalian. Pola ini ditetapkan apabila lokasi pemuatan memiliki dua akses dan berdekatan dengan lokasi penimbunan. Sudut putar rata-rata lebih besar dari pada sudut *frontal cut*, tetapi waktu tunggu bagi *backhoe* dan *dump truck* lebih kecil dari pada *parallel cut with turn and back*.

3) *Parallel cut with turn and back*

Parallel cut with turn and back terdiri dari dua metode berdasarkan cara pemuatannya, yaitu:



Sumber: Indonesianto, 2005

Gambar 12. *Single Back Up* dan *Double Back Up*

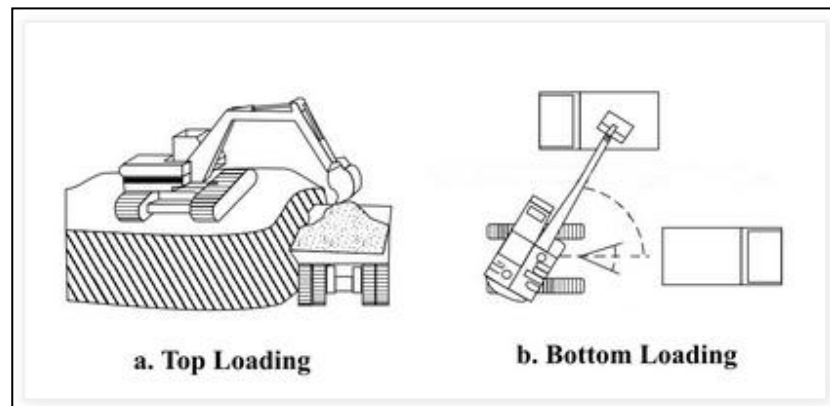
a) *Single stopping*

Dump truck kedua menunggu selagi *back hoe* memuat ke *dump truck* pertama. Setelah *dump truck* pertama berangkat, *dump truck* kedua berputar dan mundur. Saat *dumptruck* kedua diisi, *dump truck* ketiga datang dan menunggu untuk bermanuver dan seterusnya. Di dalam sistem pemuatan batubara dan overburden di Pit 2 operator dominan menggunakan metode *single stopping*. Pemilihan metode *single stopping* dikarenakan sesuai dengan keadaan lapangan.

b) *Double stopping*

Dump truck memutar dan mundur ke salah satu sisi *back hoe* selagi *back hoe* memuati *dump truck* pertama. Begitu *dump truck* pertama berangkat, *back hoe* mengisi *dump truck* kedua. Ketika *dump truck* kedua diisi *dump truck* ketiga datang dan seterusnya.

Pola Pemuatan Berdasarkan Tempat Penempatan Alat Angkut. Pola pemuatan yang didasarkan pada keadaan alat gali muat yang berada di atas atau di bawah jenjang dapat dilihat pada Gambar 13.



Sumber: Indonesianto, 2005

Gambar 13. Top Loading dan Bottom Loading

a) *Top Loading*

Top Loading yaitu metode yang digunakan dimana alat gali muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya di atas jenjang atau alat angkut berada di bawah alat gali muat.

b) *Bottom Loading*

Bottom Loading yaitu metode yang digunakan dimana alat gali muat melakukan penggalian dengan menempatkan dirinya di jenjang yang sama dengan posisi alat angkut.

d. Pengangkutan (*Hauling*)

Pengangkutan material (tanah) oleh alat angkut dilakukan dengan menggunakan *dump truck*, *motor scraper* atau *wheel loader (load and carry)* atau bisa juga dengan bulldozer jika jarak angkut kurang dari 100 meter. Pada *hauling* yang menggunakan *dump truck* biasanya dikerjakan oleh *motor grader*, *bulldozer*, maupun *compactor* dan dibantu oleh *truck water sprayer*.



Gambar 14. Hauling Overburden

e. *Dumping*

Dumping adalah suatu kegiatan pembuangan material (tanah) dari alat angkut. Untuk pekerjaan pertambangan batubara, *dumping* tanah penutup (*overburden*) dibuang ke disposal dan diratakan oleh *bulldozer*.

(Tenriajeng, 2003: 79-80)



Gambar 15. Dumping Overburden

2. Alat Gali Muat

Salah satu tolak ukur yang dapat dipakai untuk mengetahui baik buruknya hasil kerja (keberhasilan) suatu alat pemindahan tanah mekanis termasuk alat-alat muat adalah besarnya produksi yang dapat dicapai oleh alat tersebut. Oleh sebab itu usaha dan upaya untuk dapat mencapai produksi yang tinggi selalu menjadi perhatian yang khusus.

Untuk pengambilan dan pemuatan material ke atas alat angkut dipergunakan alat-alat muat yang sangat banyak macam-macamnya, karena keadaan lapangan kerjanya pun sangat bermacam-macam. Yang sudah dikenal sampai saat ini adalah:

- a. Power shovel
- b. Dragline
- c. Back hoe
- d. Wheel loader
- e. Track loader/ shovel loader
- f. Hydraulic shovel
- g. Bucket wheel excavator (BWE)
- h. Clamshell/ grab bucket
- i. Overhead shovel loader
- j. Continuous loader

(Pordjosumarto, 1996: 102)

Jenis alat gali muat yang digunakan pada *Pit 2* adalah *Power shovel* yaitu *Shovel* Komatsu 3000E-6, seperti yang terlihat pada gambar 16.



Gambar 16. Alat Gali Muat *Shovel* Komatsu 3000E-6

Dasar pemilihan ukuran dari alat gali dan muat adalah:

- a. Adanya jaminan keselamatan kerja (*safety*)

Maksudnya adalah jaminan keselamatan kerja dari alat, yaitu apakah alat PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) tersebut membahayakan operatornya atau tidak. Misalnya, suatu alat PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) dengan bagian-bagian mesin yang tidak tertutup akan lebih membahayakan daripada alat PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) dengan bagian-bagian mesin yang tertutup.

- b. Ongkos gali dan muat semimum mungkin

Suatu perusahaan pembongkaran/ pemindahan tanah mekanis yang akan memilih peralatan PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) apa yang akan dipakai, terlebih dahulu harus menghitung secara teoritis tentang:

1. Produksinya (out put) atau kapasitas alatnya

2. Biaya pemilikan (cost of owning)

3. Biaya operasi (cost operating)

“*Cost of owning*” + “*Cost Of Operating*” dibagi “*out put*”

alat PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) merupakan ongkos pembongkaran/penggalian tanah per jam atau per ton. Ongkos pembongkaran dari suatu alat PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) yang termurah itulah yang dipilih untuk dipakai.

c. Sinkronisasi dengan alat PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) lain (utamanya keserasian kerja antara alat muat dengan alat angkut)

Adanya sinkronisasi dengan alat-alat PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) lain harus dipertimbangkan, sebab kelancaran pekerjaan PTM (Pemindahan Tanah Mekanis) terdiri dari berbagai kegiatan kerja. Setiap kegiatan mempunyai peralatan dan kegiatan kerja yang berlainan, dengan demikian suatu alat akan mempunyai ketergantungan terhadap alat yang lain. Sinkronisasi dalam hal ini perlu dipikirkan agar ketergantungan kegiatan kerja antara alat satu dengan yang lain dapat lancar, sehingga setiap peralatan kerja dapat bekerja dengan baik dan tidak ada “*idle capacity*”.

d. Penyesuaian dengan Kondisi Kerja

Maksud penyesuaian dengan kondisi kerja adalah agar dalam pemilihan alat gali dan muat disesuaikan dengan:

- 1) Dimana alat tersebut akan dipakai
- 2) Untuk menangani material berapa ton

- 3) Fasilitas-fasilitas kelengkapan lain (perbengkelan)
- 4) Jenis material yang akan ditangani
- 5) Kemampuan operator

(Indonesianto, 2010: 23)

3. Alat angkut

Alat angkut adalah alat yang digunakan untuk memindahkan material hasil penambangan ke tempat penimbunan atau pengolahan.

Pengangkutan batuan, endapan bijih, waste, dan lain-lain merupakan suatu hal yang sangat mempengaruhi operasi penambangan. Untung rugi suatu perusahaan tambang terletak juga pada lancar tidaknya pengangkutan yang tersedia.

Ada bermacam-macam alat angkut yang dapat digunakan untuk kegiatan pemindahan material, yaitu:

- a. Truk jungkit (*dump truck*)
- b. *Power scraper*
- c. *Conveyor*
- d. *Cable way transportation*
- e. Lokomotif dan lori (*mine cars*)
- f. Pompa dan pipa
- g. *Skip*
- h. *Cage*
- i. Tongkang (*barge*) dan kapal tunda (*tugboat*)
- j. Kapal curah (*bulk ore ship*)

Untuk pengangkutan jarak dekat (kurang dari 5 km) dapat dipakai *truck* dan *power scraper*. Untuk pengangkutan jarak sedang (5–20 km) dapat dipakai truk berukuran besar, dan *beltconveyor*. Sedangkan untuk jarak jauh (>20km) dipergunakan kereta api atau pipa. (Prodjosumarto, 1996: 52).

Jenis alat angkut yang digunakan pada *Pit 2* adalah truk jungkit (*dump truck*) *shovel* komatsu 3000E-6, seperti yang terlihat pada gambar 17.



Gambar 17. Rigid Truck Belaz 75135

4. Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

a. Produktivitas Alat Gali Muat (*Excavator*)

Menurut Komatsu (2009: 869) produktivitas alat gali muat dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \times SF, q = q_1 \times K \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam (m³/ Jam)

q	=	Kapasitas produksi per siklus (m^3)
Cm	=	Waktu siklus (detik)
E	=	Efisiensi Kerja
q ₁	=	Kapasitas bucket munjung
K	=	Faktor Pengisian bucket
SF	=	Swell Faktor

b. Produktivitas Alat Angkut (*Dump truck*)

Menurut Komatsu (2009: 877), produktivitas alat angkut (*dump truck*) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = \frac{C \times 60 \times Eff}{Cmt} \times SF \text{ dimana } C = n \times q \times K \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

Q	=	Produksi per jam (m^3 / Jam)
C	=	Kapasitas produksi per siklus dump truck (m^3)
n	=	Jumlah dump truck yang bekerja
q	=	Kapasitas produksi per siklus excavator (m^3)
Cmt	=	Waktu siklus dump truck (detik)
Eff	=	Efisiensi Kerja
K	=	Faktor pengisian bucket
SF	=	Swell Faktor

5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat

Faktor yang mempengaruhi produktivitas adalah segala sesuatu yang memungkinkan untuk mempengaruhi pengaruh kondisi kerja. Salah satu tolak ukur yang dapat dipakai untuk mengetahui baik buruknya hasil

kerja (keberhasilan) suatu alat pemindahan tanah mekanis adalah besarnya produksi yang dapat dicapai oleh alat berat yang digunakan. Oleh sebab itu usaha dan upaya untuk dapat mencapai produksi yang tinggi selalu menjadi perhatian yang khusus (*serious*).

Menurut Ilahi (2013), produktivitas alat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor dari material, faktor pengembangan, faktor pengisian *bucket*, waktu edar, ketersediaan alat mekanis, keadaan jalan angkut, efisiensi kerja, dan waktu kerja efektif.

a. Faktor Material

Jenis dan kondisi material yang akan digali akan berpengaruh pada hasil produksi. Menurut Prodjosumarto artanto (1996: 2-3), karena perbedaan kekerasan dari material yang akan digali sangat bervariasi maka dilakukan pengelompokkan sebagai berikut:

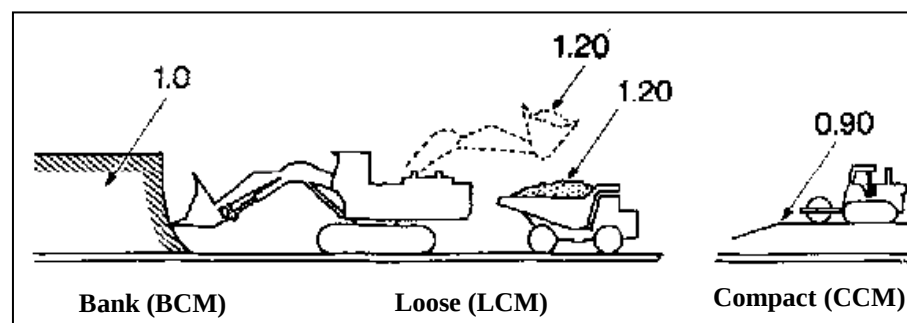
- 1) Lunak (*soft*) atau mudah digali (*easy digging*), misalnya tanah atas atau top soil, pasir (*sand*), lempung pasir (sandy clay), pasir lempungan (*clayed sand*).
- 2) Agak keras atau medium hard digging, misalnya tanah liat atau lempung (*clay*) yang basah dan lengket. Batuan yang sudah lapuk (*weathered rock*).
- 3) Sukar digali atau keras (*hard digging*), misalnya: batu sabak (*slate*), material yang kompak (*compacted material*), batuan sedimen (*sedimentary rock*), konglomerat (*conglomerate*), breksi (*breccia*).

- 4) Sangat sukar digali atau sangat keras (*very hard digging*) atau batuan segar (*fresh rock*) yang memerlukan pemboran dan peledakan sebelum dapat digali, misalnya: batuan beku segar (*fresh igneous rock*), batuan malihan segar (*fresh metamorphic rock*).

b. Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Menurut Tenriajeng (2003:1), Pengembangan material adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume material/ tanah yang diganggu dari bentuk aslinya.

Pengembangan material dibagi menjadi tiga kondisi, seperti gambar berikut (Tenriajeng, 2003: 2):



Sumber: Rochmandi, 1992 (dalam buku pemindahan tanah mekanis: 12)

Gambar 18. Kondisi Pengembangan Material

1) Keadaan Asli (*Bank Condition*)

Keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi dinamakan keadaan asli (bank). Dalam keadaan seperti ini, butiran-butiran yang dikandungnya masih terkonsolidasi dengan baik. Satuan volume material dalam keadaan asli disebut “bank cubic meter” (BCM).

2) Keadaan Gembur (*Loose Condition*)

Material yang telah digali dari tempat aslinya, akan mengalami perubahan volume, yaitu mengembang. Hal ini disebabkan adanya penambahan rongga udara di antara butiran-butiran tanah, sehingga volumenya menjadi lebih besar. Satuan volume material dalam kondisi gembur disebut “loose cubic meter” (LCM).

3) Keadaan Padat (*Compact Condition*)

Keadaan ini dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan (pemampatan). Perubahan volume terjadi karena adanya penyusutan rongga udara di antara partikel-partikel material tersebut, sehingga volumenya menjadi berkurang. Satuan volume material dalam kondisi padat disebut “compact cubic meter” (CCM).

Dalam perhitungan produksi, material yang didorong / digusur dengan blade, material yang dimuat bucket / vessel, ataupun material yang ditebar adalah dalam kondisi gembur. Untuk menghitung suatu volume tanah yang telah diganggu dari bentuk aslinya dengan melakukan penggalian material tersebut, maka perlu dikalikan dengan suatu faktor yang disebut dengan “*faktor konversi*”. Demikian pula untuk material yang mendapat perlakuan pemadatan, sehingga dari gembur menjadi padat.

Material dialam diketemukan dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga hanya sedikit bagian- bagian yang kosong atau ruangan – ruangan yang terisi udara (*voids*) diantara butir – butirnya, lebih – lebih kalau butir – butir itu halus sekali. Akan tetapi bila material tersebut digali dari tempat aslinya, maka akan terjadi pengembangan atau pemuaiian *volume* (*swell*). Jadi 1,00 *cuyd* tanah liat dialam bila telah digali dapat memiliki *volume* kira – kira 1,25 *cuyd*. Ini berarti terjadi penambahan *volume* sebesar 25%, dan dikatakan material tersebut mempunyai faktor pengembangan (*swell Factor*) sebesar 0,80 atau 80%.

Menurut Indonesianto (2010: 8), rumus untuk menghitung *swell factor* adalah:

Rumus SF dan % *Swell* berdasarkan *volume*:

$$SF = \frac{\text{loose weight}}{\text{Weight in Bank}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$\% \text{ Swell} = \frac{\text{Loose olume} - \text{bank volume}}{\text{Bank volume}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Rumus SF dan % *swell* berdasarkan densitas (kerapatan)

$$SF = \frac{\text{Loose Weight}}{\text{Weight in Bank}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

$$\% \text{ Swell} = \frac{\text{Weight in Bank} - \text{Loose weight}}{\text{Weight in bank}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

c. Faktor Isian Mangkuk (*Bucket Fill Factor*)

Faktor isian mangkuk adalah perbandingan antara kapasitas nyata mangkuk alat gali-muat dengan kapasitas baku mangkuk (sesuai spesifikasi) alat gali – muat.

$$Bf = \frac{V_n}{V_s} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

Bf = Faktor isian mangkuk (*bucket fill factor*)

Vn = Kapasitas nyata mangkuk alat gali – muat (m^3)

Vs = Kapasitas baku mangkuk alat gali – muat (m^3)

d. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu Edar (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan alat mulai dari aktivitas pengisian atau pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*) untuk truck dan sejenisnya atau *swing* untuk *back hoe* dan *shovel*, pengosongan (*dumping*), kembali kosong dan mempersiapkan posisi (*manuver*) untuk diisi atau dimuat. Disamping aktivitas-aktivitas tersebut terdapat pula waktu menunggu (*standby time*) bila terjadi antrian untuk mengisi atau memuat. Komponen waktu edar untuk alat dorong, misalnya *bulldozer* adalah waktu dorong material sampai jarak tertentu, waktu kembali mundur, *manuver*, maupun siap dorong kembali.

Waktu Edar (*cycle time*) terdiri dari dua jenis, yaitu waktu tetap (*fixed time*) dan variabel (*variable time*). Jadi waktu edar total adalah penjumlahan waktu tetap dan waktu variabel. Yang termasuk

kedalam waktu tetap adalah waktu pengisian atau pemuatan termasuk *manuver* dan menunggu, waktu pengosongan muatan, waktu membelok dan mengganti gigi dan percepatan, sedangkan yang termasuk waktu variabel adalah waktu mengangkat muatan dan kembali kosong.

1) Waktu edar alat gali muat

Menurut Komatsu (2009: 870), waktu edar alat gali muat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Ct_{gm} = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4 \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

Ct_{gm} = Waktu edar alat gali-muat

Tm_1 = Waktu menggali material

Tm_2 = Waktu putar dengan *bucket* terisi

Tm_3 = Waktu menumpahkan muatan

Tm_4 = Waktu putar dengan *bucket* kosong

2) Waktu edar alat angkut

Menurut Komatsu (2009: 873), waktu edar alat angkut dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Cmt = n \times Cms + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2 \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

Cmt = Waktu edar alat angkut

n = *Number of cycle loader*

D	= Jarak pengangkutan
Cms	= <i>Cycle time</i> alat gali muat
V ₁	= Kecepatan rata-rata truk bermuatan
V ₂	= Kecepatan rata-rata truk kosong
t ₁	= <i>Dumping time</i>
t ₂	= <i>Spotting time</i>

e. Ketersediaan Alat Mekanis

Menurut Prodjosumarto (1996: 176-181), beberapa hal yang menunjukkan keadaan alat mekanis dan efisiensi pada penggunaannya antara lain:

1) *Availability index atau mechanical availability*

Merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$A.I = ((W)/(W+R)) \times 100 \% \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

W = *Working Hours*, atau jumlah jam kerja alat

R = *Repair Hours*, atau jumlah jam perbaikan.

2) *Phisical Availability atau Operational Availability*

Merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan.

Persamaannya adalah:

$$P.A = ((W+S)/(W+R+S)) \times 100 \% \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

S = *Standby Hours* atau jumlah jam dalam suatu alat yang tidak dapat dipergunakan padahal alat itu tidak rusak dan dalam keadaan siap beroperasi.

$W + R + S$ = *Schedule Hours* atau jumlah seluruh jam jalan dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi. Tingkat efisiensi dari sebuah alat mekanis naik jika *angka physical availability* mendekati angka *availability index*.

3) *Use of Availability*

Menunjukkan berapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan.

Persamaannya adalah:

$$U.A = ((W)/(W+S)) \times 100 \% \dots\dots\dots (12)$$

Angka *use of availability* biasanya dapat memperlihatkan seberapa efektif suatu alat yang sedang tidak rusak dapat dimanfaatkan. Hal ini dapat menjadi ukuran seberapa baik pengelolaan (*management*) peralatan yang dipergunakan.

4) *Effective Utilitization*

Menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. *Effective Utilitization* sebenarnya sama dengan pengertian efisiensi kerja.

Persamaannya adalah:

$$EU = ((W)/(W+R+S) \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

- 1) Waktu *repair* (R) yaitu waktu perbaikan pada saat jam operasi berlangsung.
- 2) Waktu *stanby* (S) yaitu alat yang tidak dipakai pada hal alat tidak rusak sedangkan tambang sedang beroperasi.
- 3) Waktu kerja (W) yaitu waktu yang tersedia di perusahaan, waktu alat yang digunakan alat untuk berproduksi sampai akhir operasi.

Dalam waktu produktitas terdapat beberapa variable waktu meliputi:

- 1) Waktu *effektif* (We) yaitu waktu yang benar-benar digunakan oleh alat untuk berproduksi.
- 2) Waktu *delay* (Wd) yaitu waktu kerja tetapi terdapat hambatan dan hambatan itu dapat dihindari.
- 3) Waktu *Idle* (Wi) yaitu waktu kerja tetapi terdapat hambatan dan hambatan itu tidak dapat dihindari.

g. Efisiensi Kerja

Menurut Hadi (2015), “Efisiensi kerja digunakan untuk mengetahui sejauh mana efisiensi alat dan efektivitas penggunaan waktu.”

Menurut Subhan, “Efisiensi kerja merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja (waktu kerja efektif) dengan waktu kerja yang tersedia.”

Produktivitas kerja dari suatu alat yang diperlukan merupakan standar dari alat tersebut bekerja dalam kondisi ideal dikalikan suatu faktor dimana faktor tersebut merupakan faktor efisiensi kerja. Efisiensi sangat tergantung kondisi kerja dan faktor alam lainnya seperti keadaan topografi, keahlian operator, pemilihan standar perawatan dan lain-lain yang berkaitan dengan pengoperasian alat.

Pada kenyataan yang sebenarnya sulit untuk menentukan besarnya efisiensi kerja tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapatlah ditentukan faktor efisiensi yang mendekati kenyataan.

h. Waktu Kerja Efektif

Menurut Hadi (2015), “Waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang benar-benar digunakan oleh alat mekanis untuk produksi. Adapun hambatan yang terjadi terdiri dari hambatan-hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari dari alat muat maupun alat angkut.”

i. Faktor Keserasian Alat(*Match Factor*)

Untuk mendapatkan hubungan kerja yang serasi antara alat gali-muat dan alat angkut, maka produktivitas alat gali-muat harus sesuai dengan produktivitas alat angkut. Faktor keserasian alat gali-

muat dan alat angkut didasarkan pada produktivitas alat gali-muat dan produktivitas alat angkut, yang dinyatakan dalam *Match factor* (MF).

Menurut Indonesianto (2010: 52) Secara perhitungan teoritis, produktivitas alat gali muat haruslah sama dengan produktivitas alat angkut, sehingga perbandingan antara alat angkut dan alat gali-muat mempunyai nilai satu, yaitu:

Produktivitas alat angkut = produktivitas alat gali muat

1 = produktivitas alat angkut/produktivitas alat gali muat

$$MF = \frac{\text{banyak pengisian} \times \text{jumlah alat angkut} \times \text{waktu edar alat muat}}{\text{jumlah alat gali muat} \times \text{waktu edar alat angkut}} \dots (14)$$

Keterangan:

MF = *Match Factor* atau faktor keserasian

CT = Cycle Time

Menurut Prodjosumarto (2000: 207), bila hasil perhitungan diperoleh:

- (1) $MF < 1$, artinya alat muat bekerja kurang dari 100%, sedang alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.
- (2) $MF = 1$, artinya alat muat dan angkut bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut.
- (3) $MF > 1$, artinya alat muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut.

6. Perhitungan Produksi Alat-alat Mekanis dengan Perhitungan Langsung (*Direct Computation*)

Produksi alat – alat mekanis dapat dihitung dengan beberapa cara tergantung dari ketelitian yang dikehendaki, yang umum dipergunakan adalah:

a. Perhitungan Langsung (*Direct Computation*)

Perhitungan Langsung (*Direct Computation*) yaitu suatu cara dalam memperhatikan tiap-tiap faktor yang mempengaruhi produktivitas untuk menentukan volume asli (pay load) atau ton yang dihasilkan oleh masing-masing alat yang digunakan. Cara ini ternyata yang paling teliti dari yang lainnya, karena semua kondisi yang mungkin dihadapi sudah diperhitungkan berdasarkan data lapangan yang tersedia.

1) *Tabular Method*

Tabular Method yaitu suatu cara perhitungan dengan mempergunakan keterangan-keterangan data yang berbentuk Tabel-tabel yang khas untuk masing-masing alat dan diambil dari pengalaman-pengalaman sebelumnya yang memiliki sifat pekerjaan yang kira-kira serupa. Kadang-kadang juga dilengkapi dengan data berupa grafik dan diagram yang diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan oleh pabrik pembuat alat-alat tersebut.

Pada cara ini semua pekerjaan sifatnya disama ratakan sehingga variabel yang selalu dimiliki oleh tiap proyek yang

jarang dapat disamakan dengan keadaan lain yang dianggap sama. Sebenarnya hal itu tidak benar, oleh sebab itu cara ini menjadi kurang teliti meskipun cara perhitungan lebih sederhana.

2) *Slide Rule Method*

Slide Rule Method merupakan cara perhitungan dengan memakai *manufacture eartmoving calculatore* dan tidak lain dari slide rule khusus yang dibuat untuk tiap-tiap alat dengan memasukkan semua prinsip perhitungan yang dipergunakan pada cara perhitungan langsung. Perhitungan menjadi sangat sederhana dan cepat tetapi hasilnya kurang teliti dan kadang-kadang terlalu berlebih-lebihan. Bila cara ini dipakai dengan mempergunakan data untuk pekerjaan yang bersangkutan, akan diperoleh ketelitian yang kira-kira sama dengan cara kedua.

3) Perhitungan Perkiraan (*Guesstimating*)

Hampir sama dengan cara pertama hanya bagian-bagian yang dianggap tidak begitu penting diabaikan atau disederhanakan sehingga perhitungan-perhitungannya menjadi lebih mudah dan singkat. Hal itu pada umumnya dilakukan dengan mengabaikan beberapa perhitungan yang teliti dan sebagai gantinya diambil angka rata-rata berdasarkan pertimbangan yang menghitungnya.

7. Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

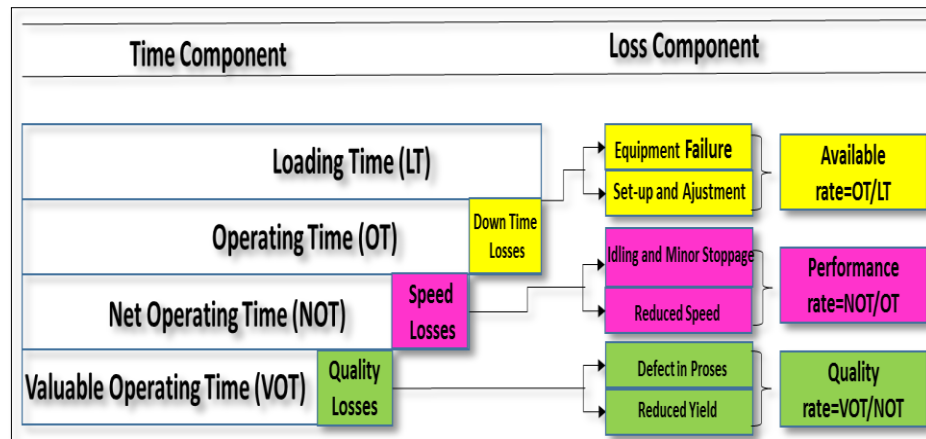
Menurut Mohammadi et al, (2017: 107-113), OEE merupakan ukuran menyeluruh mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin/peralatan dan kinerja secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu untuk ditingkatkan produktivitas maupun efisiensi mesin/peralatan.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur dalam penerapan metode *Total Productive Maintenance*. *Overall Equipment Effectiveness* berguna untuk menjaga mesin atau peralatan tetap dalam kondisi ideal dengan menghapuskan *Six Big Losses* pada mesin atau peralatan. *The Six Big Losses* merupakan penyebab peralatan produksi tidak beroperasi dengan normal (Denso, 2006), yaitu: *Start up Loss*, *Set up or Adjustment Loss*, *Cycle Time Losses*, *Speed Loss*, *Breakdown Loss* dan *Defect Loss*.

Konsep OEE adalah untuk mengukur kinerja mesin atau peralatan yang digunakan di industri dengan mempertimbangkan berbagai kerugian produksi. OEE dapat diperoleh dengan mengalikan antara *availability*, *performance*, dan *quality rate*. Seperti pada persamaan di bawah ini

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality Rate \dots\dots\dots(15)$$

Konsep ini mempertimbangkan *six big losses* untuk menghitung *availability*, *performance*, *quality rate* seperti terlihat di Gambar 19.



Sumber: Mohammadi, 2017

Gambar 19. Konsep OEE menurut Nakajima

Dari gambar diatas terlihat jelas bahwa komponen waktu dari setiap sisitem operasi memiliki tiga kerugian yaitu *downtime*, *speed* dan *quality losses*. Dari gambar dan persamaan diatas OEE juga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$OEE = \frac{\text{Valuable Operating Time}}{\text{Loading Time}} \dots\dots\dots (16)$$

Overall Equipment Effectiveness bertujuan mengevaluasi kinerja suatu peralatan yang digunakan pada industri. Berikut adalah beberapa parameter yang akan diolah pada metode ini (Mousa et al 2017, 109) :

a. *Total Calender Time*(TT)

Waktu kalender maksudnya adalah waktu tersedia yang dimiliki setiap harinya pada saat pengamatan seperti contohnya suatu peralatan beroperasi 8 jam per *shift* dan terbagi menjadi 3 *shift* maka dalam maka dalam sehari selama 24 jam.

b. *Planned Shutddown Time (PSDT)*

Waktu yang telah direncanakan pada suatu peralatan untuk tidak beroperasi karena hal-hal berikut:

Administrative time (ADT) Ini mencakup semua shutdown yang direncanakan terkait dengan administrasi/manajemen, Seperti, libur resmi, shutdown karena cuaca, bencana alam, change shift, pengisian bahan bakar, kebutuhan pribadi dari operator administratif diperbolehkan dll.

Improvemont time (IMT) ini adalah waktu yang dihabiskan untuk penelitian dan pengembangan (R & D), dan kegiatan untuk meng-upgrade peralatan, yang tidak perlu mesin untuk beroperasi.

Routine maintenence time (RMT) adalah bagian penting untuk mengurus layanan rutin dan perbaikan kecil tidak dilaporkan, jika diperlukan sama sekali. RMT dilakukan sesuai rekomendasi dari produsen. Tujuan dari pemeliharaan adalah bermanfaat untuk mempertahankan atau mengurangi kerusakan pada alat.

c. *Planned Operating Time (POT)*

Planned Operating Time adalah waktu yang dijadwalkan seberapa lama mesin beroperasi, atau ddikenal juga dengan waktu pemuatan.

d. *Breakdown Time (BDT)*

Breakdown Time adalah dimana suatu peralatan tidak operasi dikarenakan kerusakan atau gangguan , *breakdown time* bukan hanya waktu pada saat memperbaiki tetapi juga seperti aktu tunda pada saat

perawatan mesin yang direncanakan (*planned maintenance*), serta *corrective maintenance* kemudian mendeteksi atau mengevaluasi kemungkinan terjadinya kerusakan dan kesalahan berdasarkan strategi perawatan. *Time based maintenance* (TBM) dilakukan pada waktu yang telah dijadwalkan yang disebut sebagai perawatan preventive, kemudian *condition based maintenance* (CBM) atau perawatan berdasarkan kondisi setelah suatu perawatan telah dilakukan menunjukkan bahwa kondisi suatu peralatan menurun maka akan dilakukan CBM. *Condition based maintenance*, pada dasarnya adalah perawatan setelah kegagalan, hal ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada alat dengan memperbaiki dan mengembalikan peralatan dengan prosedur penggantian, disebut juga dengan pemeliharaan yang tidak direncanakan. Ketika hal ini dilakukan kerusakan yang terjadi tidak dapat diprediksi atau dikontrol.

e. *Available Time* (AT)

Available Time adalah waktu kerja tersedia untuk beroperasi, dan masih memperhitungkan waktu *breakdown time*.

f. *Non Utilization Time* (NUT)

Non Utilization Time adalah waktu dimana suatu peralatan telah tersedia tetapi masih tidak bekerja selama jam tersedia karena suatu kondisi mengakomodasikan *repair/breakdown time* (IT) serta *set-up and adjustment*, dimana *repair/breakdown time* adalah waktu yang

dianggap peralatan yang tersedia dan siap beroperasi tapi tidak terlibat dalam produksi bukan karena suatu kerusakan tetapi seperti adanya suatu pengusuran, listrik mati.

g. *Utilization Time (UT)*

Utilization time adalah waktu ketika peralatan sedang beroperasi dan melakukan produksi.

h. *Speed Loss (SL)*

Menurut Mohammadi dan Rai, 2015 *Speed loss* adalah kehilangan kecepatan atau penurunan kecepatan bisa dikatakan kenaikan siklus waktu atau *cycle time*. Bisa juga dikatakan perbedaan waktu aktual dengan yang telah direncanakan. Jika *speed loss* terjadi menyebabkan pengurangan waktu pemanfaatan atau *utilization time* dan pada akhirnya berdampak pada EOT (*Effective Operating Time*) dan akan menunjukkan penurunan *output*/produksi.

i. *Bucket Capacity Utilization Loss(BL)*

Bucket Capacity Utilization Loss maksudnya adalah perhitungan perbedaan output aktual dan yang direncanakan per siklus atau *cycle time* adapun persamaanya adalah sebagai berikut

$$Opc = BC \times fp \times fs \dots\dots\dots (17)$$

Dimana: Opc = *Planned output per cycle time* (m^3)

BC = *bucket Capacity* (m^3)

fp = *planned bucket fill facktor*

fa = *planned swell facktor*

kemudian *bucket fill facktor* dapat diperoleh dengan :

$$\text{Bucket fill facktor} = \frac{\text{volume of msterisn in the bucket}}{\text{bucket capacity}} \dots\dots\dots (18)$$

Bucket fill facktor tergantung pada ukuran *bucket* dan bentuk, kemampuan menggali material, pengisian *bucket*, fragmentasi (ukuran), bentuk partikel dan distribusi material di dalam *bucket*)

Swell factor (s) adalah material yang telah mengembang setelah dilakukannya peledakan atau penggalian, *swell factor* di definisikan sebagai volume (m³). Bobot yang sama dari material sebelum dan setelah peledakan yang diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$s = \frac{\text{volume of material before blasting (bank volume)}}{\text{volume of equal weight of material after blasting (loose volume)}} \dots\dots(19)$$

Swell facktor tergantung pada sifat material (lengket, ber air, ukuran fragmentasi, bentuk dan ukuran material)

Kemudian selanjutnya untuk menghitung *output* aktual per siklus yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Oac = BC \times fa \times sa \dots\dots\dots (20)$$

Dimana: Oac = *Output actual* persiklus

BC= *bucket capacity*

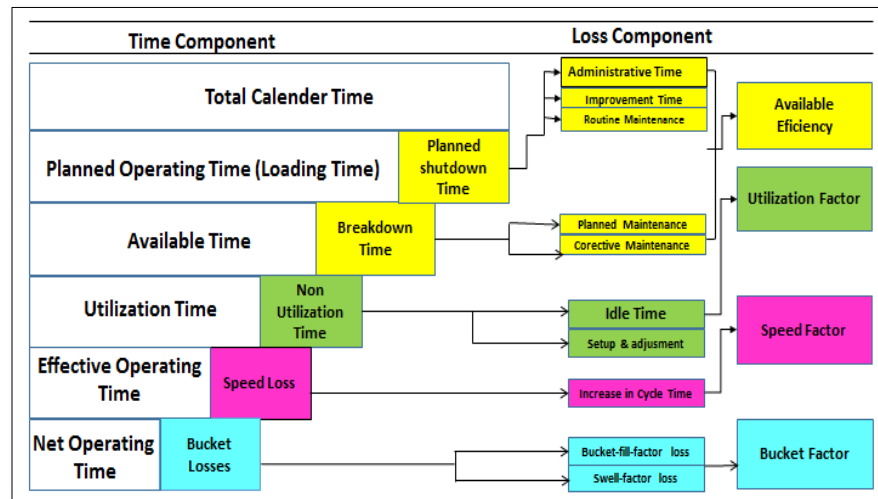
fa = *actual bucket capacity*

sa = *actual swell facktor*

j. *Net Operating Time*(NET)

Net Operating Time adalah waktu dimana *bucket* dibawa dalam kondisi terisi penuh kemudian dikurangkan dengan waktu *bucket losses* atau *bucket* kondisi kurang penuh.

Kemudian sejalan dengan konsep Nakajima 1988, secara keseluruhan efektivitas peralatan didefinisikan sebagai *availability, utilization, speed and bucket facttors*. Komponen OEE dan semua kerugian waktu dapat dilihat pada Gambar 20.



Sumber: Mohammadi, 2017

Gambar 20. Komponen OEE

Berikut adalah faktor yang akan dihitung pada komponen OEE:

a. *Availability Factor (A)*

Ketersediaan alat maksudnya diakaikan denagan suatu peralatan yang beroperasi dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = \frac{AT}{TT} \dots \dots \dots (21)$$

Dimana: AT = *Available time*

TT = *Total calender Time*

b. *Utilizaton Factor (U)*

Maksudnya adalah pemanfaatan menandakan penggunaan produktif jam tersedia, dapat dihitung dengan persamaan:

$$U = \frac{UT}{AT} \dots\dots\dots (22)$$

Dimana : UT = *utilization time*

AT = *available time*

c. *Speed Factor (S)*

Faktor kecepatan adalah rasio waktu siklus yang direncanakan dengan waktu siklus aktual, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{CTp}{CTa} \dots\dots\dots (23)$$

Dimana: Ctp = *planned cycle time*

Cta = *actual cycle time*

d. *Bucket Factor (B)*

Yaitu menandakan penggunaan produktif kapasitas *bucket*, kuantitas *bucket* yang dimuat secara aktual dibandingkan dengan output aktual

$$B = \frac{Oac}{Opc} \dots\dots\dots (24)$$

e. *OEE of Equipment*

$$OEE = A \times U \times S \times B \dots\dots\dots (25)$$

Dari persamaan diatas didapatkan

$$OEE = \frac{AA}{TT} \times \frac{UT}{AT} \times \frac{EOT}{UT} \times \frac{NOT}{EOT} = \frac{NOT}{TT} \dots\dots\dots (26)$$

Untuk menghitung produksi pada waktu tertentu dapat digunakan rumus :

$$O = Opc \times \frac{TT \times 3600}{CTp} \times OEE \dots\dots\dots (27)$$

Maka diperolehlah O yaitu output produksi dalam jangka waktu tertentu (m^3)

8. Diagram Fishbone

Menurut Murnawan dan Mustofa (2014: 31-34), diagram tulang ikan atau fishbone diagram adalah salah satu metode/ tool di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga ini disebut dengan diagram Sebab-Akibat atau *cause effect diagram*. Penemunya adalah seorang ilmuwan Jepang pada tahun 60-an. Bernama Dr. Kaoru Ishikawa, ilmuwan kelahiran 1915 di Tokyo Jepang yang juga alumni teknik kimia Universitas Tokyo. Sehingga sering juga disebut dengan diagram ishikawa. Metode tersebut awalnya lebih banyak digunakan untuk manajemen kualitas. Yang menggunakan data verbal (*non-numerical*) atau data kualitatif. Dr. Ishikawa juga ditengarai sebagai orang pertama yang memperkenalkan 7 alat atau metode pengendalian kualitas (7 tools). Yakni *fishbone diagram*, *control chart*, *run chart*, *histogram*, *scatter diagram*, *pareto chart*, dan *flowchart*.

Dikatakan *Fishbone Diagram* (Tulang Ikan) karena memang berbentuk mirip dengan tulang ikan yang moncong kepalanya menghadap ke kanan. Diagram ini akan menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan, dengan berbagai penyebabnya. Efek atau akibat dituliskan sebagai moncong kepala. Sedangkan tulang ikan diisi oleh sebab-sebab sesuai dengan pendekatan permasalahannya. Dikatakan diagram *Cause and effect* (Sebab dan Akibat) karena diagram

tersebut menunjukkan hubungan antara sebab dan akibat. Berkaitan dengan pengendalian proses statikal, diagram sebab-akibat dipergunakan untuk menunjukkan faktor-faktor penyebab (sebab) dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab itu.

Fungsi dasar diagram Fishbone (Tulang Ikan)/ *Cause and Effect* (Sebab dan Akibat)/ Ishikawa adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya . Sering dijumpai orang mengatakan “penyebab yang mungkin” dan dalam kebanyakan kasus harus menguji apakah penyebab untuk hipotesa adalah nyata, dan apakah memperbesar atau mengurangnya akan memberikan hasil yang diinginkan.

Dengan adanya diagram Fishbone (Tulang Ikan)/ *Cause and Effect* (Sebab dan Akibat)/ Ishikawa ini sebenarnya memberi banyak sekali keuntungan bagi dunia bisnis. Selain memecahkan masalah kualitas yang menjadi perhatian penting perusahaan.

Masalah – masalah klasik lainnya juga terselesaikan. Masalah – masalah klasik yang ada di industri manufaktur khususnya antara lain adalah :

- a. Keterlambatan proses produksi
- b. Tingkat defect (cacat) produk yang tinggi
- c. Mesin produksi yang sering mengalami trouble

- d. Output lini produksi yang tidak stabil yang berakibat kacaunya plan produksi
- e. Produktivitas yang tidak mencapai target
- f. complain pelanggan yang terus berulang

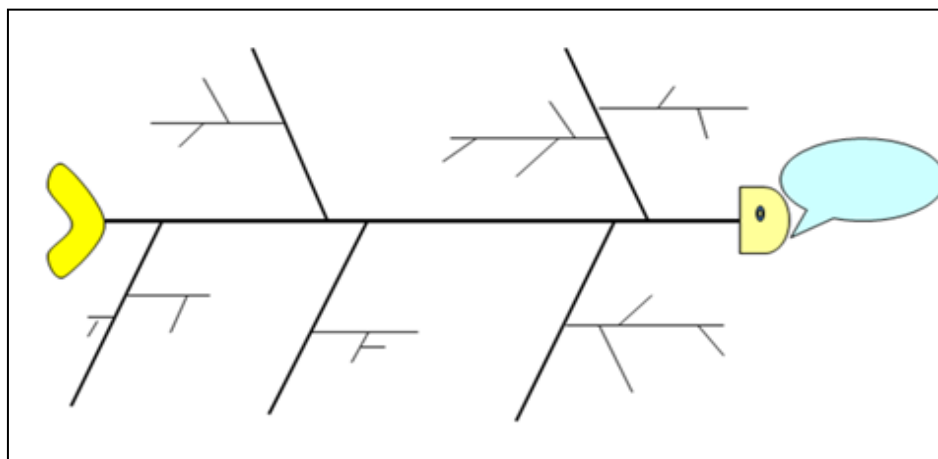
Pada dasarnya diagram Fishbone (Tulang Ikan)/ *Cause and Effect* (Sebab dan Akibat)/ Ishikawa dapat dipergunakan untuk kebutuhan-kebutuhan berikut :

- a. Membantu mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah
- b. Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah
- c. Membantu dalam penyelidikan atau pencarian fakta lebih lanjut
- d. Mengidentifikasi tindakan (bagaimana) untuk menciptakan hasil yang diinginkan
- e. Membahas issue secara lengkap dan rapi
- f. Menghasilkan pemikiran baru

Penerapan diagram Fishbone (Tulang Ikan)/ *Cause and Effect* (Sebab dan Akibat)/ Ishikawa ini dapat menolong kita untuk dapat menemukan akar “penyebab” terjadinya masalah khususnya di industri manufaktur dimana prosesnya terkenal dengan banyaknya ragam variabel yang berpotensi menyebabkan munculnya permasalahan. Apabila “masalah” dan “penyebab” sudah diketahui secara pasti, maka tindakan dan langkah perbaikan akan lebih mudah dilakukan. Dengan diagram ini, semuanya menjadi lebih jelas dan memungkinkan kita untuk dapat

melihat semua kemungkinan “penyebab” dan mencari “akar” permasalahan sebenarnya.

Ada banyak bentuk dasar Diagram Fishbone (Tulang Ikan)/ *Cause and Effect* (Sebab dan Akibat)/ Ishikawa yang dapat dijadikan acuan. Ada yang penggambaran Cause ditulis di tulang ikan sebelah kiri dan Effect di kepala ikan, namun ada pula yang sebaliknya. Diagram *fishbone* dapat dilihat pada Gambar 21 berikut.



Sumber: Murnawan dan Mustofa, 2014

Gambar 21. Contoh Diagram Fishbone

Fungsi dasar *fishbone* adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya. *Fishbone* memberikan keuntungan terutama bagi perusahaan.

Kelebihan *fishbone* ini adalah dapat menjabarkan setiap masalah yang terjadi dan setiap organisasi terlibat dalam memberikan saran yang menjadi penyebab masalah tersebut, sedangkan kekurangan dari *fishbone* ini kemampuan manajemen dalam menjabarkan masalah-masalah menjadi terbatas.

9. Analisis Regresi Linear Berganda

Menurut Iqbal (2001: 269), regresi linear berganda adalah regresi dimana variabel terikatnya (Y) dihubungkan/dijelaskan lebih dari satu variabel, mungkin dua, tiga, dan seterusnya variabel bebas (X_1 , X_2 , X_3 , ..., X_n) namun masih menunjukkan diagram hubungan yang linear.

Penambahan variabel bebas ini diharapkan dapat lebih menjelaskan karakteristik hubungan yang ada walaupun masih saja ada variabel yang terabaikan.

a. Model regresi linear berganda

Bentuk umum persamaan regresi linear berganda dapat dituliskan sebagai berikut.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_kX_k + e \dots \dots \dots (28)$$

Keterangan:

Y	= variabel terikat
a, b_1 , b_2 , b_3 , ..., b_k	= koefisien regresi
X_1 , X_2 , X_3 , ..., X_k	= variabel bebas
e	= kesalahan pengganggu (<i>disturbance term</i>), artinya nilai-nilai dari variabel lain yang tidak dimasukkan dalam persamaan. Nilai ini biasanya tidak dihiraukan dalam perhitungan.

b. Regresi berganda dengan dua variabel bebas

Nilai duga dari Y (prediksi Y) dapat dilakukan dengan mengganti variabel-variabel X -nya dengan nilai-nilai tertentu.

Jika sebuah variabel terikat dihubungkan dengan dua variabel bebas maka persamaan regresi linear bergandanya dituliskan:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \dots\dots\dots (29)$$

Keterangan:

Y = variabel terikat (nilai duga Y)

X_1, X_2 = variabel bebas

a, b_1, b_2 = koefisien regresi linear berganda

a = nilai Y , apabila $X_1 = X_2 = 0$

b_1 = besarnya kenaikan/penurunan Y dalam satuan, jika X_1 naik/turun satu satuan dan X_2 konstan

b_2 = besarnya kenaikan/penurunan Y dalam satuan, jika X_2 naik/turun satu satuan dari X_1 konstan

$+$ atau $-$ = tanda yang menunjukkan arah hubungan antara Y dan X_1 atau X_2

b_1 dan b_2 disebut juga sebagai koefisien regresi parsial (*partial coefficient regression*) dan sering dituliskan sebagai $b_1 = b_{01.2}$ dan $b_2 = b_{02.1}$.

Nilai dari koefisien a, b_1, b_2 dapat ditentukan dengan beberapa cara seperti berikut ini:

1. Metode kuadrat terkecil (*least squared*)

$$b_1 = \frac{(\sum x_2^2)(\sum x_1 y) - (\sum x_2 y)(\sum x_1 x_2)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2} \dots\dots\dots (30)$$

$$b_2 = \frac{(\sum x_1^2)(\sum x_2 y) - (\sum x_1 y)(\sum x_1 x_2)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2} \dots\dots\dots (31)$$

$$a = \frac{\sum Y - b_1 \sum x_1 - b_2 \sum x_2}{n} \dots\dots\dots (32)$$

dimana:

$$(\sum x_1^2) = (\sum x_1^2) - \frac{(\sum x_1)^2}{n} \dots\dots\dots (33)$$

$$(\sum x_2^2) = (\sum x_2^2) - \frac{(\sum x_2)^2}{n} \dots\dots\dots (34)$$

$$\sum y^2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \dots\dots\dots (35)$$

$$\sum x_1 y = \sum x_1 y - \frac{(\sum x_1)(\sum y)}{n} \dots\dots\dots (36)$$

$$\sum x_2 y = \sum x_2 y - \frac{(\sum x_2)(\sum y)}{n} \dots\dots\dots (37)$$

$$\sum x_1 x_2 = \sum x_1 x_2 - \frac{(\sum x_1)(\sum x_2)}{n} \dots\dots\dots (38)$$

2. Persamaan normal

$$\sum y = an + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 \dots\dots\dots (39)$$

$$\sum x_1 y = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1 x_2$$

$$\sum x_2 y = a \sum x_2 + b_1 \sum x_1 x_2 + b_2 \sum x_2^2 \dots\dots\dots (40)$$

c. Korelasi linear berganda

Korelasi linear berganda merupakan alat ukur mengenai hubungan yang diantara variabel terikat (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$). Dengan korelasi linear berganda ini, keeratan atau kuat tidaknya hubungan (kuat, lemah, atau tidak

ada hubungan sama sekali) antara variabel-variabel tersebut dapat diketahui.

Untuk korelasi linear berganda yang melibatkan dua prediktor (X_1 dan X_2) maka rumus koefisien penentunya (KP) atau koefisien determinasi dituliskan sebagai berikut:

$$KP \text{ atau } R^2 = \frac{b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y}{\sum y^2} \dots\dots\dots (41)$$

Keterangan:

b_1 = koefisien regresi X_1

b_2 = koefisien regresi X_2

$x_1 y$ = deviasi dari $X_1 Y$

$x_2 y$ = deviasi dari $X_2 Y$

y^2 = deviasi dari Y

Maka, rumus untuk menghitung Koefisien korelasinya adalah

$$R = \sqrt{R^2} \text{ atau } R = \sqrt{KP} \dots\dots\dots (42)$$

d. Uji F

Uji F digunakan untuk mengetahui apakah variabel-variabel *independent* secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel *dependent*. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05. Untuk menghitung Uji F dapat menggunakan rumus :

$$F \text{ hitung} = \frac{R^2(n-m-1)}{m.(1-R^2)} \dots\dots\dots (43)$$

Keterangan:

n = Jumlah responden

m = Jumlah variabel bebas

Kaidah pengujian signifikansi:

Jika $F_{hitung} > T_{tabel}$, maka tolak H_0 (signifikan)

Jika $F_{hitung} < T_{tabel}$, maka tolak H_a (tidak signifikan)

Menghitung F_{tabel} dapat di hitung menggunakan rumus:

$$F_{tabel} = F(1 - \alpha) \dots\dots\dots (44)$$

e. *Standard Error* Pendugaan

Untuk mengetahui penyimpangan data disekitar model, perlu di ukur *standard error* pendugaannya. Rumus *standard error* pendugaan adalah:

$$Se = \frac{\sqrt{\sum(Y - Y')^2}}{n-3} \dots\dots\dots (45)$$

$$Se = \frac{\sqrt{\sum Y^2 - a \sum Y - b_1 \sum X_1 Y - b_2 \sum X_2 Y}}{n-3} \dots\dots\dots (46)$$

10. Biaya produksi alat mekanis

Biaya yang dikeluarkan untuk membuat suatu produk baik berupa barang ataupun jasa merupakan salah satu unsur penting dalam pengelolaan perusahaan sebab biaya sangat menentukan keuntungan yang akan diperoleh perusahaan.

Untuk menentukan biaya alat yang diperlukan dalam suatu operasi yang menggunakan alat-alat mekanis, perlu diperhitungkan biaya tetap dan biaya variabel pada alat tersebut. Biaya tetap merupakan biaya kepemilikan dan biaya *variable* pada alat merupakan biaya operasi alat.

a) Biaya kepemilikan (*Owning cost*)

Biaya tetap alat merupakan biaya produksi alat yang termasuk kedalam satu komponen biaya kepemilikan yang dikeluarkan untuk keperluan pemilikan alat, yang dipergunakan untuk kegiatan operasional penambangan.

Biaya ini harus diusahakan untuk bisa kembali dalam jangka waktu tertentu dengan cara memperoleh produksi dari peralatan tersebut. Biaya kepemilikan bertambah tanpa memperdulikan terpakai atau tidaknya alat tersebut, sehingga alat tersebut harus dimanfaatkan semaksimal mungkin. Biaya ini adalah jumlah antara - biaya penyusutan alat (depresiasi) dan bunga modal (*interest*), asuransi (*insurance*), dan pajak (*taxes*).

b) Biaya Operasi (*Operating Cost*)

Biaya operasi alat adalah biaya yang berkaitan dengan pengoperasian suatu peralatan. Biaya operasi hanya terjadi saat peralatan tersebut digunakan, sehingga biaya operasi tidak akan dikeluarkan bila alat dalam keadaan tidak beroperasi. Biaya ini meliputi biaya bahan bakar, biaya pergantian ban (untuk alat beroda ban), biaya perlengkapan khusus (untuk alat yang dilengkapi dengan perlengkapan khusus seperti *ripper tip*, *blade bulldozer*, dll), biaya reparasi, biaya roda rantai, dan biaya operator.

(Ekky S et al, 2017)

G. Penelitian Yang Relevan

Untuk menghindari duplikasi, peneliti melakukan penelusuran terhadap penelitian-penelitian terdahulu. Dari hasil penelusuran penelitian terdahulu, diperoleh beberapa masalah yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Evaluasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Pada PT. Pama Persada Nusantara Distrik KCMB. Penelitian ini dilakukan oleh Hambali dkk, Mahasiswa jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Hasil dari penelitiannya adalah untuk mencapai target produksi masing-masing front membutuhkan tambahan masing-masing 1 unit alat gali muat. Sedangkan pada front yang belum juga mencapai target produksi yaitu dengan melakukan langkah perbaikan yang terjadi karena kendala operasional seperti wait equipment, dusty dan wait operator.
2. Analisis Perbandingan Biaya Penggunaan Alat Angkut RDT TereX TR60 dengan RDT Euclid R60 Pada Penambangan *Overburden* di Pit E Utara PT. Karbindo Abesyapradhi. Penelitian ini dilakukan oleh Prismark Dhonald Mirzha, Mahasiswa Program Studi Strata-1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Hasil dari penelitiannya adalah alat angkut RDT Euclid R60 lebih menguntungkan daripada RDT TereX TR60.
3. Evaluasi Biaya Operasi (Operating Cost) Alat Gali – Muat dan Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT. Lola Lauttimur Kampung Joglo

Desa Cipinang Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini dilakukan oleh Achmad Taufik dkk, Mahasiswa Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung. Hasil dari penelitiannya adalah biaya operasi alat gali – muat dan alat angkut dipengaruhi beberapa faktor: kedisiplinan operator dalam menjalankan alat perlu diperhatikan agar produksi dan biaya tidak membengkak. Kondisi kerja dan jalan hauling berpengaruh terhadap waktu operasi penambangan. Produksi alat gali – muat dan alat angkut meningkat setelah memakai waktu kerja produktif yang ideal.

4. Evaluasi Produktivitas Alat Gali – Muat dan Angkut pada Penambangan Batubara di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Penelitian ini dilakukan oleh Hendi Prasetya dkk, Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung. Hasil dari penelitiannya adalah: 1) Produksi alat mekanis untuk penambangan batubara pada kondisi awal dengan 1 unit alat gali – muat Excavator Volvo EC 460 BLC adalah 93.230,94 ton/bulan dan 5 unit Dump Truck Nissan CWB DT 45 adalah 93.206,87 ton/bulan. 2) dengan mengoptimalkan kerja alat gali – muat dan angkut yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas adalah dengan perbaikan efisiensi kerja, maka efisiensi kerja dengan metode Westinghouse untuk alat gali – muat adalah sebesar 51,79% menjadi 55,93% sedangkan untuk alat angkut 66,31% menjadi 71,58% dan penambahan jumlah kapasitas alat angkut dari 8 kali pengisian menjadi 9 kali pengisian. 3) Setelah dilakukan

perbaikan efisiensi kerja maka produktivitas alat muat Exavator Volvo EC 460 BLC meningkat dari 93.230,94 ton/bulan menjadi 100.674,08 ton/bulan sedangkan Dump Truck Nissan CWB DT 45 meningkat dari 93.206,87 ton/bulan menjadi 100.638,81 ton/bulan. Setelah dilakukan penambahan jumlah pengisian dan perawatan jalan angkut produktivitas alat angkut meningkat dari 100.638,81 ton/bulan menjadi 119.925,12 ton/bulan.

5. Analisis Perhitungan Biaya Penambangan Batu Silika Pada Departemen Tambang PT. Semen Padang. Penelitian ini dilakukan oleh Prasticia Chandra Dewi, Mahasiswa Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Hasil dari penelitiannya adalah: 1) Hasil perhitungan diperoleh harga pokok produksi untuk batu silika Rp.53.851,00 per ton. Biaya bahan baku tidak termasuk kedalam penentuan harga produk ini karena penambangan batu kapur tidak membutuhkan bahan-bahan peledak. 2) Harga pokok produksi yang diterapkan oleh perusahaan sebesar Rp.58.000,- per ton. Harga ini berbeda dengan hasil perhitungan, hal ini karena masih terdapat beberapa unsur biaya lain yang tidak diperhitungkan.
6. Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Tanah Penutup Batubara di Banko Barat Pit 1 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk UPTE. Penelitian ini dilakukan oleh Wahyu Aryando dkk, Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”

Yogyakarta. Hasil dari penelitian ini adalah upaya peningkatan produktivitas alat dapat dilakukan dengan cara: 1) Mengurangi dan menghilangkan hambatan-hambatan yang dapat dihindari sehingga efisiensi kerja rata-rata dapat meningkat dan produktivitas juga meningkat sehingga produksi dapat tercapai, 2) Produktivitas alat juga meningkat setelah dilakukan penambahan curah muat sebanyak 8 kali.

7. Kajian Teknis Produksi Alat Gali – Muat dan Alat Angkut untuk Memenuhi Target Produksi Pengupasan *Overburden* Penambangan Batubara PT. Citra Tobindo Sukses Perkasa Kabupaten Sarolangon Provinsi Jambi. Penelitian ini dilakukan oleh Genta Dwi Pramana dkk, Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Hasil dari penelitiannya adalah: upaya yang dapat dilakukan agar target produksi pengupasan *overburden* dapat tercapai ada beberapa alternatif. Alternatif pertama yaitu perbaikan waktu edar yang dapat dilakukan dengan memperbaiki kondisi yang ada di lapangan, seperti memperbaiki pola pemuatan, memperlebar kondisi jalan angkut dan memperbaiki tempat kerja alat. Alternatif kedua yaitu dengan melakukan peningkatan terhadap waktu kerja efektif. Target produksi dapat tercapai setelah dilakukan perbaikan pada kedua alternatif tersebut.
8. Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan *Overburden* di Tambang Batubara PT. Rian Pratama Mandiri Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan. Penelitian

ini dilakukan oleh Ardyan Febrianto dkk, Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Hasil dari penelitiannya adalah: faktor teknis yang mempengaruhi produksi adalah kondisi kerja, volume penggalian serta pemuatan, efisiensi operasi dan keserasian kerja alat. Rekomendasi yang diberikan untuk meningkatkan produksi yaitu perbaikan geometri jalan dan area pemuatan yang tidak sesuai standar, penambahan jumlah curah *bucket* pada material *claystone* dari 4 curah menjadi 5 curah, mengurangi hambatan kerja mekanis dan operasi, dan penambahan jumlah alat angkut masing-masing satu unit pada *fleet* 1 dan *fleet* 3. Produksi pengupasan berdasarkan simulasi dengan teori antrian akan meningkat menjadi 520,38 BCM/jam dengan angka keserasian kerja alat pada *fleet* 1 1,01, *fleet* 2 0,97 dan *fleet* 3 0,91.

9. Kajian Teknis Alat Muat dan Alat Angkut untuk Pencapaian Target Produksi Batugamping Sebesar 24.500 Ton/Hari Pada *Crusher* Tuban 1 PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan oleh Avellyn Shinthya Sari dkk, Dosen dan Mahasiswa Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama. Hasil dari penelitiannya adalah dengan penambahan waktu efektif untuk alat muat *Komatsu* PC 400 dari sebelumnya sebesar 74,28% menjadi 86,11% meningkat sebesar 1.541,63 ton/hari menjadi 11.218,47 ton/hari. Kemudian untuk alat angkut *dumptruck scania* P-360 adalah dengan

penambahan waktu efektif dari 73,33% menjadi 88,22% produksi meningkat 1.906,31 ton/hari menjadi 11.295,61 ton/hari.

10. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut untuk memenuhi target produksi 780.000 Ton/Bulan di PT. Semen Padang Indarung Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan oleh Rifani Faisal dkk, Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Hasil dari penelitiannya adalah kemampuan produksi alat mekanis meningkat setelah dilakukan peningkatan waktu kerja efektif, penambahan jumlah pengisian material ke bak truck dan penambahan alat angkut. Sehingga kemampuan produksi meningkat dari 680.638,68 ton/bulan menjadi 907.195,41 ton/bulan.
11. Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali – Muat (*Excavator*) dan Alat Angkut *Dump Truck*) Pada Pengupasan Tanah Penutup Bulan September 2013 di Pit 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Penelitian ini dilakukan oleh Riki Rizki Ilahi dkk, Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Hasil dari penelitiannya adalah: 1) Setelah dilakukannya upaya optimasi dengan cara meningkatkan efisiensi kerja, ketercapaian produksi mengalami peningkatan yang cukup besar yaitu 872.080,59 BCM (121,12%) atau dengan selisih 152.080,59 BCM dari target produksi bulan September 2013. 2) Tingkat keserasian kerja *excavator* dan *dumptruck* dalam proses pengupasan tanah penutup pada Pit 3 Barat Tambang Banko Barat dari

pengamatan lapangan dari 6 unit *excavator* Caterpillar 385 yang dikombinasikan dengan 30 unit *dump truck* Caterpillar HD 773 E diperoleh angka keserasian kerja sebesar 1,02. Dengan angka keserasian kerja yang lebih dari satu ($MF > 1$) dari semua kombinasi *excavator* dan *dump truck* adalah sebesar 0,255 menit (15,30 detik).

12. Analisa Kemampuan Kerja Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Overburden 240.000 BCM Perbulan Di Site Project Darmo PT. Ulima Nitra Tanjung Enim Sumatera Selatan. Penelitian ini dilakukan oleh Hariz Subhan, Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Hasil dari penelitiannya adalah: 1) Pada *site project* Darmo produksi aktual dilapangan yang dicapai pada bulan Oktober 2013 sebesar 225.152,99 BCM/bulan. 2) Perlu dilakukan kajian terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan kerja dari alat angkut, seperti waktu kerja efektif, kesediaan kerja alat angkut, kondisi jalan angkut produksi (geometri jalan), dan system antrian yang digunakan pada produksi overburden serta kondisi permukaan kerja. 3) Setelah dilakukan evaluasi terhadap beberapa faktor yang mempengaruhi produksi alat angkut. Maka secara teoritis didapatkan peningkatan kapasitas produksi *dump truck* dan dapat memenuhi target perbulan yang telah ditetapkan perusahaan yaitu sebesar 286.796,59 BCM/bulan.
13. Optimasi Produksi Dump Truck Volvo FM 440 Dengan Metode Kapasitas Produksi dan Teori Antrian Di Lokasi Pertambangan Batubara. penelitian ini dilakukan oleh Alloysius Vendhi Prasmor,

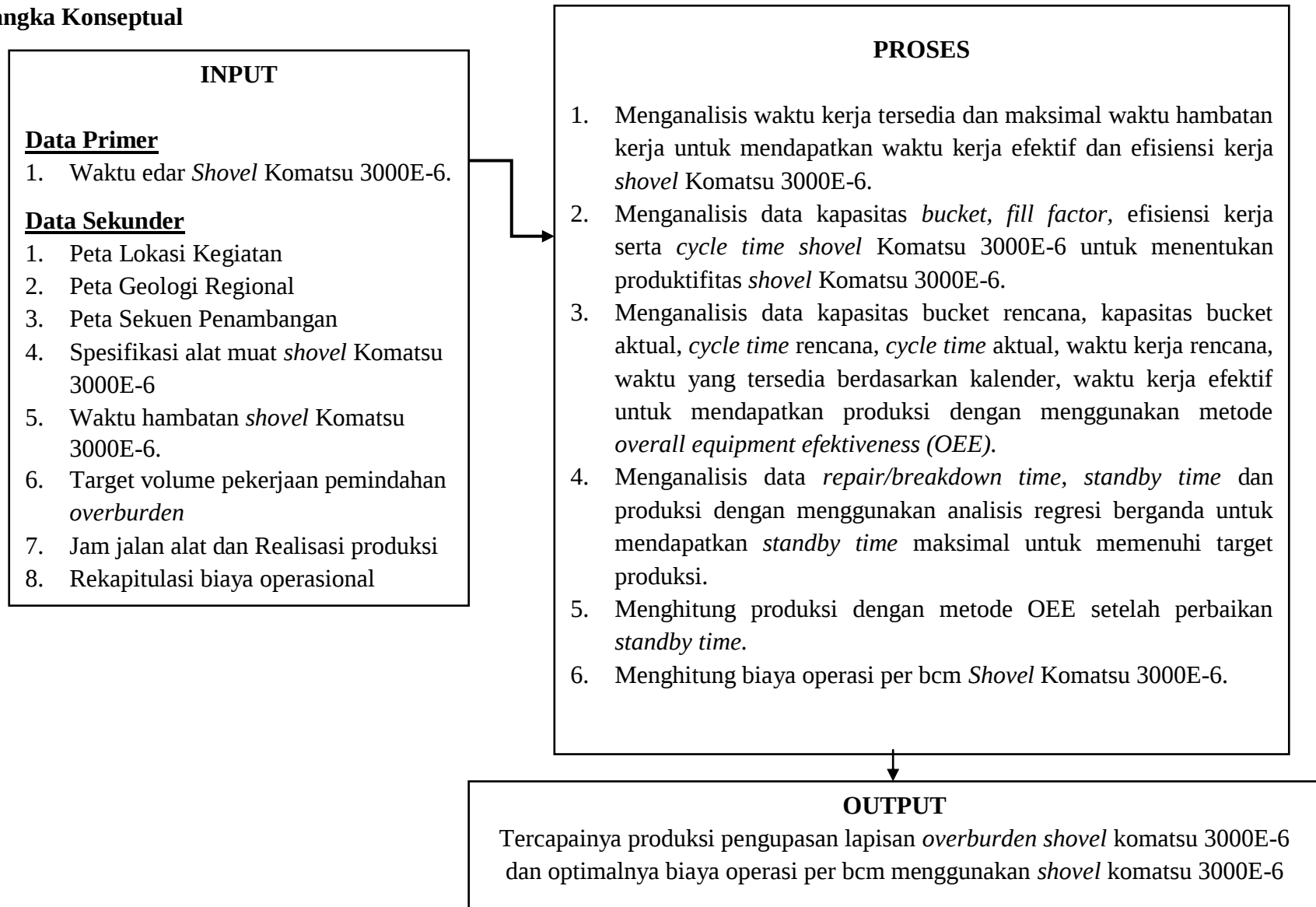
Mahasiswa Jurusan Teknik Industri, Universitas Mercu Buana. Hasil penelitiannya adalah jumlah dump truck yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas produksi adalah 30 unit sedangkan berdasarkan teori antrian adalah 20 unit.

14. Rencana Penggantian Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Berdasarkan Kajian Teknis dan Ekonomi pada Penambangan Andesit di PT. Panghegar Mitra Abadi, Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini dilakukan oleh Shendy Bayu Widhiyansah, mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung. Hasil dari penelitiannya adalah berdasarkan *Present Worth Cost*, direkomendasikan untuk tetap menggunakan alat muat yang ada, sedangkan untuk alat angkut lebih baik mengganti dengan alat angkut yang baru.
15. Pengukuran Nilai OEE Sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur pada Lini Produksi pada *Stamping Production Division* Sebuah Industri Otomotif. Penelitian ini dilakukan oleh Betrianis dan Robby Suhendra, mahasiswa Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Hasil dari penelitiannya adalah pencapaian nilai OEE lini-H secara rata-rata adalah sebesar 38,9%, permasalahan utama yang terjadi pada lini-H yang menyebabkan rendahnya pencapaian nilai OEE adalah rendahnya nilai *availability ratio*, rata-rata sebesar 51,23%. Rendahnya nilai pencapaian *availability ratio* dari *equipment losses* yang ada setengahnya (50%) diakibatkan oleh *planned downtime* dan *trouble*

quality, dan usaha perbaikan terhadap permasalahan yang ada (rendahnya pencapaian nilai OEE) difokuskan pada penanganan secara komprehensif terhadap faktor penyebab *trouble quality* secara umum maupun teknis.

16. *Performance Evaluation of Bucket Based Excavating, Loading and Transport (BELT) Equipment – an OEE Approach*. Penelitian ini dilakukan oleh mahasiswa Teknik Pertambangan, Universitas Islam Azad. Hasil dari penelitiannya adalah analisis OEE dari hasil penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan dan rendahnya kecepatan yang menyebabkan rendahnya nilai OEE dan dari pengukuran lapangan *bucket fill factor*, sebagaimana diatur dalam norma-norma perhitungan produksi, perlu secara kritis ditinjau ulang.

H. Kerangka Konseptual



BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Untuk efektivitas alat gali muat yaitu:
 - a. Persentase *Mechanical Availability* masing-masing alat muat sangat baik.
 - b. Persentase *Use Availability* masing-masing alat muat masih rendah.
 - c. Persentase *Effectivity utilization* masing-masing alat muat masih rendah.
2. Produktivitas aktual alat gali muat *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003 pada bulan Agustus 2017 berturut-turut adalah 704,23 Bcm/Jam, 677,59 Bcm/Jam, 709,23 Bcm/Jam dari produktivitas yang direncanakan adalah 720 Bcm/Jam.
3. Setelah dilakukan perhitungan dengan metode *Overall Equipment Efektiveness* diperoleh hasil produksi *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 berturut-turut sebesar 264.087,12 Bcm, 240.069,47 Bcm, dan 253.335,92 Bcm dari target produksi satu unit *shovel* komatsu 3000E-6 275.000 Bcm.
4. Hasil perhitungan produksi dengan metode *Overall Equipment Efektiveness* setelah dilakukannya perbaikan waktu kerja dengan mengurangi waktu *standby* masing-masing alat gali muat dan meningkatkan jam operasi maka diperoleh produksi *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 berturut-turut sebesar 393.057,82

Bcm, 364.053,37 Bcm, dan 353.644,89 Bcm dari target produksi satu unit *shovel* komatsu 3000E-6 275.000 Bcm.

5. Nilai OEE masing-masing alat gali muat *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 masih sangat rendah berturut-turut sebesar 48%, 46%, dan 47%. Ini artinya nilai OEE masing-masing alat belum mencapai nilai OEE standar kelas dunia yaitu $\geq 85\%$, dapat disimpulkan bahwa keadaan masing-masing alat kurang baik.
6. Biaya operasi per bcm dengan menggunakan *shovel* komatsu 3000E-6 di Pit 2 Tambang Banko Barat aktual adalah Rp. 1.656/bcm, sedangkan setelah dilakukan peningkatan produksi biaya operasi per bcm menjadi Rp. 1.344.

B. Saran

1. Perlunya mengurangi *standby time* masing-masing unit *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 berturut-turut 48,83 hrs, 82 hrs, 64,83 hrs untuk meningkatkan produksi pengupasan *overburden*.
2. Perlunya meminimalisir *standby time* yang disebabkan oleh manusia pada alat gali muat *shovel* komatsu 3000E-6 dengan cara meningkatkan kesadaran akan kedisiplinan terhadap waktu kerja yang telah ditetapkan.
3. Perlunya meningkatkan efisiensi kerja agar biaya operasi per bcm berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryando, Wahyu. et al. 2016. *Kajian teknis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Tanah Penutup Batubara di Banko Barat Pit 1 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk UPTE.*Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1 No. 2.
- Betrianis, Robby. 2005. *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness sebagai Dasar Usaha Perbaiki Proses Manufaktur pada Lini Produksi.* Jurnal Teknik Industri.Vol.7, NO. 2, Desember 2005: 91-100
- Pramana, Genta Dwi. et al. 2015. *Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut untuk Memenuhi Target Produksi Pengupasan Overburden Penambangan Batubara PT. Citra Tubiondo Sukses Perkasa Kabupaten Sarolangon Provinsi Jambi.* Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1 No. 2.
- Faisal, Rifani. et al. 2015. *Kajian Teknis Produksi Alat muat dan Alat Angkut untuk Memenuhi Target Produksi 780.000 Ton/Bulan di PT. Semen Padang Indarung Sumatera Barat.* Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1 No. 2.
- Febrianto, Ardyan. et. al. 2016. *Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Di Tambang Batubara PT. Rian Pratama Mandiri Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan.* Jurnal Teknologi Pertambangan. Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1 No. 2.
- Hadi, Eko Rahmad. et. al. 2015. *Kajian teknis alat muat dan alat angkut untuk mengoptimalkan produksi pengupasan lapisan tanah penutup di Pit UW PT. Borneo Alam Semesta Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan.* Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1 No.1.
- Hasan, H. 2008. *“Penggunaan Ripper dalam Membantu Excavator pada Pengupasan Overburden Tanpa Peledakan.* Jurnal “APLIKA” Vol. 8 No.1.
- Ilahi, Riki Rizki, et al. 2013. *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali-Muat (Excavator) dan Alat Angkut (Dump truck) Pada Pengupasan Tanah Penutup Bulan September 2013 di Pit 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk UPTE.*
- Indonesianto, Yanto. 2010. *Pemindahan Tanah Mekanis.* Yogyakarta:Teknik PertambanganUPNVeteran.
- Mohammadi, Mousa, et al. 2017. *Performance Evaluation of Bucket Based Excavating, Loading and Transport (Belt) Equipment-An OEE Approach.* DOI 10.1515/amsc-2017-0008.
- Murnawan, Heri & Mustofa. 2014. *Perencanaan Produktivitas Kerja dari Hasil Evaluasi Produktivitas dengan Metode Fisbone di Perusahaan Percetakan Kemasan PT.X.* Jurnal Teknik Industri HEURISTIC Vol. 11 No. 1.