

TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI *MIXER* DAN *MAXIJET* UNTUK DEVELOPMENT
GROUND SUPPORT PADA TAMBANG *GRASBERG BLOCK CAVE (GBC)*
PT.FREEPORT TEMBAGAPURA, PAPUA**



Oleh :

Teguh Indra Putra

BP. 2013 /1306437

Konsentrasi : Tambang Umum

Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan

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

**LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**

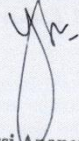
**Optimalisasi Mixer Dan Maxijet Untuk Development Ground Support Pada
Tambang Grasberg Block Cave (GBC) PT. Freeport Tembapura, Papua**

Nama : Teguh Indra Putra
NIM/BP : 2013 /1306437
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 1 November 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Yoszi Mingsi Anaperta, S.T, M.T.

NIP. 19790304 200801 2010

Diketahui Oleh:

**Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan**



Drs. Raimon Kopa, M.T.

NIP. 19580313 198303 1 001

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF TECHNOLOGY AND HIGH EDUCATION
UNIVERSITY OF PADJARAN
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
UNIVERSITY OF PADJARAN

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Teguh Indra Putra
NIM/TM : 2013 /1306437
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik


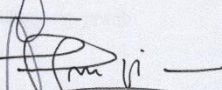
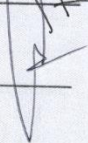
Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Tugas Akhir di Depan Tim Penguji
Program Studi S-1 Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri
Padang dengan Judul:

**Optimalisasi Mixer Dan Maxijet Untuk Development Ground Support Pada
Tambang Grasberg Block Cave (GBC) PT. Freeport Tembapapura, Papua**

Padang, 1 November 2018

Tanda Tangan

Tim Penguji
1. Penguji 1 : Yoszi Mingsi A., ST., MT.
2. Penguji 2 : Drs. Sumarya, MT.
3. Penguji 3 : Mulya Gusman, ST., MT.

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 : Teguh Indra Putra
NIM/TM : 1306437 / 2013
Program Studi : SI
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

„Optimalisasi Mixer dan magnet untuk Development Ground
Support pada Tambang Grasberg block cave (GBC)
PT. Freeport Hembagapura, Papua

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. Ralfon Kopa, M.T.
NIP. 19580313 198303 1 001

Padang,

yang membuat pernyataan,



BIODATA



I. Data Diri

Nama Lengkap : Teguh Indra Putra
TM / NIM : 2013 /1306437
Tempat / Tanggal Lahir : Inderapura, 05 Juli 1994
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Nama Bapak : Fahkrudin
Nama Ibu : Surmayenti,S.Sos
Status : Belum Menikah
Jumlah Bersaudara : 4 Bersaudara
Alamat Tetap : Bukit Bujang-Bujang Kenagarian Muara
Inderapura,Kecamatan Air Pura Kabupaten
Pesisir Selatan, Sumatera Barat
No. Handphone : 085263957523
Email : teguhindraputra12@gmail.com

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SDN 07 Hilalang Panjang
Sekolah Lanjutan Pertama : MTSS Madinah Al Munawwarrah
Sekolah Lanjutan Atas : SMAN 2 Padang
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Tugas Akhir

Tempat Penelitian : PT. Freeport
Judul Penelitian : Optimalisasi Mixer Dan Maxijet Untuk
Development Ground Support Pada
Tambang Grasberg Block Cave (GBC)
PT. Freeport Tembagapura, Papua
Tanggal Sidang Akhir : 1 November 2018

Padang,1 November 2018

Teguh Indra Putra
(2013 /1306437)

ABSTRAK

Teguh Indra Putra: Optimalisasi Mixer Dan Maxijet Untuk Development Ground Support Pada Tambang Grasberg Block Cave (GBC) PT. Freeport Tembagapura, Papua

Salah satu area tambang bawah tanah di PT Freeport Indonesia yang menggunakan metode ambrukan adalah *Grasberg Block Cave (GBC)*. sistem penyanggaan yang digunakan di area tambang bawah tanah GBC adalah beton tembak atau yang lebih dikenal dengan istilah *shotcrete*. Distribusi shotcrete dilakukan dengan alat Mixer sebagai alat angkut dan Maxijet sebagai alat semprot. Target produksi shotcrete perharinya adalah 40m³ sedangkan produksi yang tercapai adalah 33m³. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan upaya mengoptimalkan Mixer dan maxijet agar target produktivitas shotcrete tercapai. Metode untuk mendapatkan upaya optimalisasi dilakukan dengan pengecekan hubungan regresi berganda nilai hubungan *Equipment Availability* terhadap produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet*. Dari hasil regresi dilakukan estimasi waktu kerja yang optimal untuk mencapai target produktivitas shotcrete sebesar 40m³ per hari. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi optimum pada alat Mixer dan Maxijet nilai UA dan PA minimal sebesar 83% agar tercapai produksi shotcrete 40m³/hari. Untuk mencapai nilai UA dan PA 83% sehingga tercapai produksi shotcrete 40m³ per hari jam dibutuhkan kerja real 399 menit hingga 500 menit. Pada kondisi ada perbaikan (repair), untuk mencapai kondisi ideal diperlukan penambahan jam kerja menjadi 720 menit yang awalnya hanya 480 menit. Pada jam kerja rencana 720 menit, minimal jam kerja aktual adalah 500 menit serta standby maksimal 100 menit.

Kata kunci: *Shotcrete, Produktivitas, Equipment Availability*

ABSTRACT

Teguh Indra Putra: *Optimization of Mixer and Maxijet for Development Ground Support at Grasberg Block Cave (GBC) Mine PT. Freeport Tembagapura, Papua*

One of the underground mining areas in PT Freeport Indonesia that uses the collapsing method is the Grasberg Block Cave (GBC). the buffer system used in the GBC underground mining area is concrete firing or better known as shotcrete. Shotcrete distribution is done with the Mixer as a conveyor and Maxijet as a spray tool. The shotcrete production target per day is 40m³ while the production achieved is 33m³. This study aims to provide an effort to optimize Mixer and maxijet so that the shotcrete productivity target is achieved. The method to get the optimization effort is done by checking the multiple regression relationship value of the Equipment Availability relationship to the productivity of the mixer and maxijet tools. From the regression results, it is estimated that the optimal working time to achieve shotcrete productivity target is 40 m³ per day. The results of the analysis show that the optimum conditions in the Mixer and Maxijet devices the UA and PA values are at least 83% in order to achieve 40m³/day shotcrete production. To achieve UA and PA values of 83% so that the production of 40m³ shotcrete per day is needed, it takes real work 399 minutes to 500 minutes. In the case of repair (repair), to achieve ideal conditions required the addition of working hours to 720 minutes which was initially only 480 minutes. During working hours, the plan is 720 minutes, minimum actual working hours are 500 minutes and maximum standby is 100 minutes.

Keywords: *Shotcrete, Produktivitas, Equipment Availability*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Optimalisasi *Mixer* dan *Maxijet* untuk Development *Ground Support* Pada Tambang *Grasberg Block Cave* (GBC) PT .Freeport Tembagapura, Papua ”**.

Laporan ini disusun berdasarkan pengalaman yang didapatkan penulis selama melaksanakan kegiatan PLI di Perusahaan PT. Freeport Indonesia serta yang penulis peroleh dari referensi pustaka dan buku panduan PLI Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Selanjutnya dalam pelaksanaan Kerja Praktek ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat, petunjuk dan kesehatan kepada penulis serta mengingatkan penulis untuk selalu bersyukur terhadap apa yang telah diberi.
2. Teristimewa untuk kedua Orang Tua (Fahkrudin dan Surmayenti) dan keluarga besar yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis serta memberikan dukungan secara moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Praktek Lapangan Industri ini.
3. Riko, S.T, selaku Kepala Short team GBC
4. Khairil Khamsah, S.T selaku kru short team GBC
5. Paul Sigalingging, S.T selaku Pembimbing Lapangan.
6. Bapak Hadi Firdausi selaku Kepala Kru GBC.

7. Seluruh Staff dan Karyawan Satuan Kerja GBC yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan Kerja Praktek ini.
8. Bapak Drs. Raimon Kopa, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
9. Kepada dosen pembimbing Yoszi Mingsih Anaperta, ST., MT.
10. Dan semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan laporan ini yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari kesalahan maka diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun guna penyempurnaan isi dari laporan ini. Semoga laporan ini berguna dan dapat menunjang perkembangan ilmu pengetahuan serta dapat bermanfaat bagi Penulis khususnya juga pembaca pada umumnya.

Padang, 1 November 2018

Teguh Indra Putra
2013/1306437

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	iv
BIODATA.	v
ABSTRAK.	vi
ACTARCT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Deskripsi perusahaan.	5

1. Sejarah Singkat PT. Freeport Indonesia.....	5
2. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	7
3. Iklim dan Curah Hujan.....	9
4. Keadaan Morfologi.	10
5. Keadaan Geologi.....	11
6. Operasi Penambangan.....	13
B. Dasar Teori.....	14
1. Shotcrete.....	14
2. Analisis.....	24
3. Alat Bantu Analisis.....	25
4. Produktivitas.....	27
5. Pemecahan Masalah dan Kontrol Kualitas.....	28
6. Equipment Availability.	31
7. Waktu Edar.....	35
8. Korelasi dan Regresi Linear Sederhana.	35
9. Analisis Regresi Linear Berganda.	37
C. Penelitian yang Relevan.	40
D. Kerangka Konseptual Penelitian.	51
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.	52
A. Jenis Penelitian.....	53
B. Objek Penelitian	53
C. Lokasi Penelitian.	53
D. Instrumen Penelitian.	53

E. Tahapan Penelitian.	54
F. Teknik Pengolahan Data.	55
G. Analisa Hasil Pengolahan Data.	56
H. Kesimpulan dan Rekomendasi.	56
I. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.	57
J. Diagram Alir Penelitian.	58
BAB IV PEMBAHASAN.	59
A. Distribusi <i>shotcrete</i> untuk kegiatan <i>ground support</i> Pada Tambang Grasberg Block Cave (GBC) PT.Freeport.	59
B. Menghitung <i>Equipment Availability</i> yaitu PA (<i>Physical Availability</i>) dan UA (<i>Used of availability</i>) dari <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i>	74
C. Menghitung Produktivitas dari Alat <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i>	79
D. Menganalisis Hubungan <i>Equipment Availability</i> Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i>	83
1. Hubungan UA (<i>Used of Availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) dari Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Mixer</i>	83
2. Hubungan UA (<i>Used of availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) dari Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Maxijet</i>	86
E. Upaya Mengoptimalkan Alat <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i> Dari Segi Waktu Kerja.	89
1. Nilai UA dan PA Optimal.	89
2. Rencana Jam Kerja.	92
BAB V PENUTUP.	95
A. Kesimpulan.	95
B. Saran.	95
DAFTAR PUSTAKA.	96
LAMPIRAN.	97

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Efisiensi Operator	34
Tabel 2. Uraian Kegiatan Penelitian	57
Tabel 3. Ukuran Agregat Berdasarkan ASTM Sieve.....	62
Tabel 4. Nilai Koefisien pada Kondisi Kerja Tertentu.	63
Tabel 5. Distribusi Nilai UA dan PA <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i>	63
Tabel 6. Distribusi Nilai UA dan PA <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i>	77
Tabel 7. Produktivitas Aktual <i>Shotcrete</i>	79
Tabel 8. <i>Cycle Time</i> dan Jam Kerja <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i>	81
Tabel 9. Nilai Koefisien Korelasi Hubungan UA (<i>Used of availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) dari Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Mixer</i>	84
Tabel 10. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Pengaruh UA (<i>Used of availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Mixer</i>	87
Tabel 11. Nilai Koefisien Korelasi Hubungan UA (<i>Used of availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) dTerhadap Produktivitas dari Alat <i>Maxijet</i>	87
Tabel 12. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Pengaruh Hubungan UA (<i>Used of Availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Maxijet</i>	89
Tabel 13. Kombinasi Estimasi Produktivitas Optimum.....	87
Tabel 14. Estimasi Pada Alat <i>Mixer</i> Supaya Tercapai UA dan PA 80%	93
Tabel 15. Estimasi Pada Alat <i>Maxijet</i> Supaya Tercapai UA dan PA 83% .	93

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Area Operasional PT. Freeport Indonesia	5
Gambar 2. Curah Hujan Gunung Biji Timur (GBT) Tahun 2012	10
Gambar 3. Zona – Zona Tambang PT. Freeport Indonesia.....	13
Gambar 4. Sketsa Tipe Pencampuran Metode <i>Dry Mix Shotcrete</i>	17
Gambar 5. Sketsa Tipe Pencampuran Metode <i>Wet Mix Shotcrete</i>	18
Gambar 6. Kerangka Koseptual Penelitian	59
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian	66
Gambar 8. Rekomendasi Ukuran Agregat untuk <i>Shotcrete</i> Berdasarkan Standar ASTM	22
Gambar 9. Fiber	67
Gambar 10. Mekanisme Penyemprotan <i>Shotcrete</i> yang Benar.....	70
Gambar 11. Pengaruh Sudut Penyemprotan Terhadap <i>Rebound</i>	71
Gambar 12. Alat Angkut <i>Shotcrete Mixer Truck</i>	73
Gambar 13. Alat <i>Maxijet</i> Penyemprot <i>Shotcrete</i>	73
Gambar 14. Distribusi Nilai UA dan PA Alat Mixer.....	77
Gambar 15. Dstribusi Nilai UA dan PA alat Maxijet.	78
Gambar 16. Grafik Produksi Aktual Alat <i>Mixer</i> dan <i>Maxijet</i>	80
Gambar 17. <i>Scatter Plot</i> Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Pengaruh UA (<i>Used of Availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Mixer</i>	85
Gambar 18. <i>Scatter Plot</i> Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Pengaruh UA (<i>Used of Availability</i>) dan PA (<i>Physical Availability</i>) Terhadap Produktivitas dari Alat <i>Maxijet</i>	88
Gambar 19. Grafik UA dan PA Alat <i>Mixer</i> Terhadap Produktivitas.....	90

Gambar 20. Grafik UA dan PA Alat *Maxijet* Terhadap Produktivitas

97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesiikasi Maxijet

Lampiran 2. Spesifikasi Mixer

Lampiran 3. Zona – Zona Tambang PT. Freeport Indonesia

Lampiran 4. Penampang Melintang Blok Cave

Lampiran 5. Kondisi Geologi Blok Cave

Lampiran 6. Hasil Analisis Statistik SPSS IBM 22

Lampiran 7. Data Cycle Time Mixer dan Maxijet

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu area tambang bawah tanah di PT Freeport Indonesia yang menggunakan metode ambrukan adalah *Grasberg Block Cave (GBC)*. Area tambang bawah tanah GBC merupakan area yang saat ini masih dalam tahap *development* yang ditargetkan akan mencapai tahap produksi pada tahun 2019 dengan target produksi 160.000 ton/hari. Pada metode ambrukan, kestabilan lubang bukaan menjadi salah satu faktor penting karena hal ini berhubungan erat dengan keselamatan kerja, baik bagi pekerja tambang maupun bagi peralatan tambang. Untuk meningkatkan stabilitas lubang bukaan, maka dilakukan perkuatan terhadap batuan dengan sistem penyanggaan bawah tanah (*groundsupport*).

Salah satu sistem penyanggaan yang digunakan di area tambang bawah tanah GBC adalah beton tembak atau yang lebih dikenal dengan istilah *shotcrete*. *Shotcrete* merupakan suatu campuran dari semen, pasir, air, dan bahan *additive* yang pembuatannya dilakukan di *batch plant*. Untuk memenuhi kebutuhan *ground support*, khususnya di tambang bawah tanah GBC, maka diperlukan produktivitas dan distribusi *shotcrete* yang baik. *Shotcrete* yang digunakan di lapangan seringkali melebihi volume *shotcrete* hasil estimasi.

Dalam Kegiatan Penyemprotan, keproduktifnya alat merupakan faktor penting dalam kegiatan *support*. Hal ini sangat berpengaruh kepada seberapa besar dapat mengetahui waktu kerja efektif dan produktifnya alat *Maxijet*

target produksi perharinya adalah 40 m³ sedangkan produksi yang tercapai perharinya adalah 33 m³ oleh sebab itu diperlukan upaya optimalisasi *mixer* dan *maxijet* untuk dapat mencapai target produksi yang diberikan.

Namun demikian kenyataan yang terjadi ketika di lapangan bisa lain. Banyak kendala yang mungkin timbul yang dapat menyebabkan tidak produktifnya alat tersebut, sehingga waktu kerja tidak efektif dan tidak produktif. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor yang tidak atau diperhitungkan yang menjadi hambatan di lapangan. Oleh karena itu, Optimalisasi alat diperlukan untuk mempercepat proses support di GBC dan kemampuan kerja alat tersebut di lapangan.

Oleh karena itu, jika permasalahan dapat dihilangkan atau dilakukan usaha-usaha untuk mengurangi permasalahan yang ada sehingga proses support yang diharapkan dapat terpenuhi.

Saat ini PT.Freeport melakukan kegiatan penyagaan di lokasi tambang *Grasberg Block Cave* salah satunya yaitu penyagaan menggunakan *shotcrete* dan alat yang digunakan untuk kegiatan ini adalah *Maxijet* dan *mixer* dan perusahaan juga ada pengurangan jadwal kerja para pekerja tambang bawah tanah dari 6 x 1 dan 6 x 2 dalam satu minggu menjadi 5 x 2 dan 5 x 3 dalam satu minggu. Hal ini menimbulkan hambatan dalam kegiatan penyagaan dengan *shotcrete* yang ada di *Grasberg Block Cave*. Oleh karena itu penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian mengenai kontrol alat untuk development *Ground Support* agar tidak mengurangi kegiatan penyagaan *shotcrete*.

B. Identifikasi Masalah

1. Adanya pengurangan jadwal kerja untuk pekerja tambang bawah tanah.
2. Lokasi kerja yang selalu berubah-ubah setiap hari
3. Kegiatan penyagaan dengan *shotcrete* di lakukan di semua area tambang bawah tanah *grasberg block cave*
4. Tidak tercapainya target produksi *mixer* dan *maxijet*, target seharusnya 40m³ perhari, sedangkan aktual dilapangan hanya 33m³.

C. Batasan Masalah

1. Lokasi penelitian pada tambang *grasberg block cave (GBC) PT.Freeport*
Alat yang digunakan *mixer* dan *maxijet*.
2. Penelitian produktivitas *mixer* dan *maxijet* hanya dilakukan pada shift siang.
3. Perhitungan tidak melibatkan faktor biaya.
4. Data hambatan produktivitas *mixer* dan *maxijet* bersumber dari hasil pengamatan lapangan

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana gambaran kegiatan proses distribusi *shotcrete* untuk kegiatan *ground support* Pada tambang *grasberg block cave (GBC) PT.Freeport*?
2. Berapa *Equipment Availability* yaitu PA (*Physical Availability*) dan UA (*Used of availability*) dari *mixer* dan *maxijet*?
3. Berapakah produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet*?
4. Bagaimana hubungan *Equipment Availability* terhadap produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet*?

5. Bagaimana upaya untuk mengoptimalkan alat *mixer* dan *maxijet* dari segi jumlah alat dan waktu kerja?

E. Tujuan Penelitian

1. Menjelaskan gambaran kegiatan proses distribusi *shotcrete* untuk kegiatan *ground support* Pada tambang *grasberg block cave* (GBC) PT.Freeport.
2. Menganalisis *Equipment Availability* yaitu PA (*Physical Availability*) dan UA (*Used of availability*) dari *mixer* dan *maxijet*.
3. Menganalisis produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet*.
4. Menganalisis hubungan *Equipment Availability* terhadap produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet*.
5. Memberikan upaya untuk mengoptimalkan alat *mixer* dan *maxijet* dari segi waktu kerja.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi mahasiswa: dapat mengaplikasikan ilmu yang didapatkan saat berada dibangku perkuliahan dan bisa nambah pengalaman untuk menjadi seorang analisis.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi pihak PT. Freeport dalam melakukan pengoptimalan produksi perbulannya.
3. Memberikan rekomendasi mengenai pengoptimalan alat dari *mixer* dan *maxijet*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Sejarah Singkat PT. Freeport Indonesia

PT Freeport Indonesia (PTFI) merupakan perusahaan afiliasi dari *Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc.* PT. Freeport Indonesia menambang, memproses, dan melakukan eksplorasi terhadap bijih yang mengandung tembaga, emas, dan perak yang beroperasi di daerah dataran tinggi di Provinsi Papua, Indonesia. PTFI memasarkan produknya ke seluruh penjuru dunia.



Gambar 1. Peta Area Operasional PT. Freeport Indonesia
(Sumber: PT. Freeport Indonesia/PTFI)

Sejarah PT. Freeport Indonesia bermula saat seorang manajer eksplorasi bernama Forbes Wilson dari Freeport Sulphur Company yang berdomisili di Amerika Serikat melakukan ekspedisi pada tahun 1960 dan 1967 ke Irian Jaya (sekarang namanya berubah menjadi Papua) setelah membaca sebuah laporan yang ditemukannya mengenai keberadaan cadangan gunung bijih (*Ertsberg*). Penemuan ini berdasarkan laporan perjalanan seorang ahli geologi asal Belanda yang bernama Jean Jaques

Dozy di Pegunungan Sudirman Irian Jaya dalam laporannya yang berjudul *Leidsche Geologische Mededeelingen* (1936). Tujuan sebenarnya dari perjalanan Jean Jacques Dozy dan rekan-rekannya adalah mendaki Gunung Cartenz yang merupakan salah satu dari puncak tertinggi di rangkaian Pegunungan Sudirman. Selain itu dia membuat catatan dan membawa contoh batuan untuk diteliti Laporan tersebut yang menjadi dasar seorang ahli seperti Forbes Wilson untuk melakukan ekspedisi pada tahun 1960 dan 1967.

PT. Freeport Indonesia Incorporated (PT.FII) sebagai anak perusahaan Freeport McMoran mulai beroperasi di Indonesia berdasarkan Kontrak Karya I yang ditandatangani pada tanggal 7 April 1967 selama 30 tahun dengan pemerintah Indonesia. PT.FII memulai kegiatan eksplorasi di daerah Gunung Biji pada bulan Desember 1967. Eksplorasi studi kelayakan dan *development* dikerjakan selama 5 tahun oleh PT.FII. Konstruksi dalam skala besar dimulai bulan Mei 1970. Pada tahun 1972 PT.FII berhasil mengapalkan konsentrat tembaga pertama dari *Ertsberg*. Tahun 1988 ahli geologi PT.FII kembali menemukan cadangan *Grasberg* yang letaknya hanya beberapa kilometer dari lokasi tambang *Erstberg* dan merupakan cadangan emas terbesar di dunia serta cadangan tembaga nomor tiga terbesar di dunia. Tambang terbuka *Grasberg* akan diperkirakan berhenti beroperasi pada tahun 2016 dan akan digantikan dengan tambang bawah tanah *Grasberg Block Caving* (GBC) yang saat ini

masih dalam tahap *development* yang diperkirakan mulai produksi pada tahun 2016.

Pada tanggal 26 Desember 1991 berdiri PT. Freeport Indonesia Company (PTFI) yang telah berbadan hukum Indonesia dan PT. Freeport Indonesia Incorporated (PTFII) yang sebelumnya berbadan hukum *Deleware* (New Orleans - negara bagian Amerika Serikat) meleburkan diri.

Tanggal 30 Desember 1991 ditandatangani kontrak karya baru antara PT.FI dengan pemerintah Indonesia yang berlaku untuk masa 30 tahun. Kontrak karya baru ini mencakup luas wilayah seluas 10.000 hektar dan wilayah baru untuk eksplorasi seluas 2,5 hektar, serta untuk pembangunan sarana-sarana pendukung.

2. Lokasi dan Kesempaan Daerah

PTFI merupakan perusahaan tambang terbesar di Indonesia dengan luas wilayah Kontrak Karya seluas 2.500.000 hektar. Lokasi PTFI terletak di pegunungan Jayawijaya, Kecamatan Mimika Timur, Kabupaten Timika, Provinsi Papua, berada pada posisi geografis 04° 06' - 04° 012' Lintang Selatan dan 137° 06' – 137° 12' Bujur Timur. Kegiatan operasional PTFI terbentang dari pelabuhan Amamapare sampai ke lokasi penambangan bijih di Grasberg, yang panjangnya lebih kurang 125 km.

Area Operasional PTFI dapat dicapai melalui dua jalur, yaitu jalur laut melalui pelabuhan laut Amamapare (*portsite*) dan jalur udara dengan menggunakan pelabuhan udara Timika. Jalan utama dibangun dengan

lebar 12 m untuk menghubungkan *portsite* dengan pabrik pengolahan di *mile 74* yang berjarak 125 km. Perjalanan ditempuh melalui Timika *Airport*, Kuala Kencana, Tembagapura, dan *Ridge Camp*. Perjalanan dari Timika ke kota Tembagapura (*milepost 68*) dapat ditempuh dalam waktu sekitar 2 jam apabila melalui jalur darat atau dengan menggunakan jalur udara dengan helikopter selama 15 menit.

Untuk sampai ke lokasi pengamatan, yaitu tambang bawah tanah *Grasberg Block Cave* (GBC) dapat menggunakan kendaraan kecil (LV) dan bus dari kota Tembagapura dengan menempuh perjalanan sejauh 10 km. Perjalanan ditempuh dalam waktu sekitar 30 menit, kemudian masuk melalui *ARD Portal* atau terowongan Ali Budiardjo (*AB Tunnel*) sebagai akses masuk menuju tambang bawah.

Secara garis besar area kontrak karya PTFI dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu:

a. Daerah *Lowland*

Lowland adalah daerah dataran rendah dengan ketinggian antara 10 sampai 2000 meter di atas permukaan air laut (mdpl) yang meliputi pelabuhan Amamapare (*portsite*), perumahan karyawan, dan kantor administrasi di Kuala Kencana, serta beberapa lokasi pendukung lainnya (bengkel, pelabuhan udara, pelabuhan laut, daerah penimbunan kargo, dan pompa bahan bakar).

b. Daerah *Highland*

Highland adalah daerah dataran tinggi dengan ketinggian antara 2000 sampai 4200 mdpl yang meliputi perumahan karyawan di *Hidden Valley (mile post 66)*, kantor administrasi di Tembagapura (*mile post 68*), *Ridge Camp*, *AB Tunnel (mile post 72)*, pabrik pengolahan bijih (*mile post 74*), *MLA Portal*, *Amole Portal*, area tambang bawah tanah, dan area tambang terbuka Grasberg.

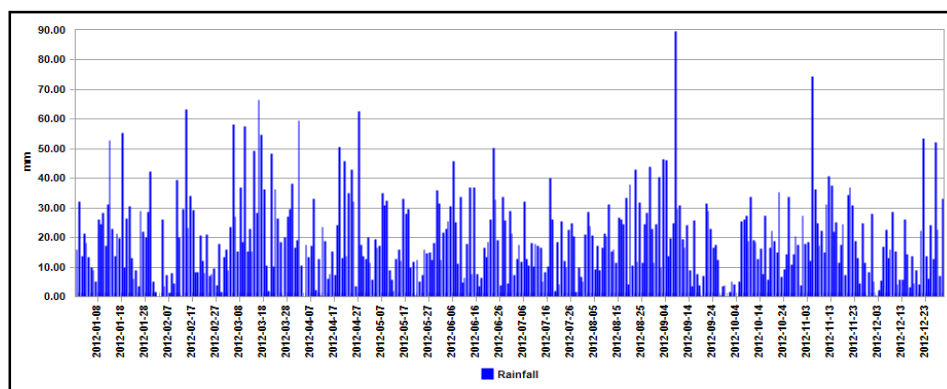
3. Iklim dan Curah Hujan

Secara umum wilayah kerja PTFI mempunyai iklim tropis, tetapi kondisi iklim sebenarnya berubah secara bervariasi sesuai dengan perubahan terhadap ketinggian. Secara umum daerah *lowland* dan daerah sepanjang pantai memiliki iklim yang panas, basah dan lembab, sedangkan daerah dataran tinggi memiliki iklim yang basah, dan dingin. Temperatur udara rata – rata bervariasi antara 7⁰C pada daerah pemantauan alat meteorologi tertinggi sampai sekitar 35⁰C pada pelabuhan Amamapare. Temperatur bulanan rata – rata hampir selalu konstan, yang merupakan karakteristik dari iklim tropis.

Di daerah sekitar Timika dan Tembagapura adalah 18,6⁰C. Dengan curah hujan tertinggi pada bulan Maret dengan intensitas 84,84mm dan curah hujan terendah pada bulan Februari dengan intensitas 41,68 mm.

Di daerah Tembagapura umumnya merupakan daerah penambangan. Suhu udara cukup dingin berkisar antara 3⁰C sampai 20⁰C

kadang-kadang juga berada dibawah 0° , berkabut, dengan intensitas hujan yang sangat tinggi. Pada musim-musim tertentu kadang juga turun hujan salju pada daerah tambang terbuka grasberg. Hal tersebut bertolak belakang dengan kondisi daerah *Lowland* (Portsite, Timika, dan Kuala Kencana) yang mempunyai suhu yang cukup panas yaitu berkisar 19°C dan 38°C . Curah hujan di daerah penambangan yang dipantau dari stasiun GBT (Gunung Bijih Timur) berkisar antara 16 – 81,6 mm/bulan dan hari hujan berkisar antara 9 – 31 hari hujan/bulan.



Gambar 2. Curah Hujan Gunung Bijih Timur (GBT) Tahun 2012

(Sumber: UG Mine Geology & Hydrology Dept. PTFI, 2012)

4. Keadaan Morfologi

Topografi pada daerah Kontrak Karya PT. Freeport Indonesia sangat bervariasi mulai dari daerah pantai dan rawa sampai dengan daerah yang berketinggian 4200 m dpal. Pada area penambangan merupakan daerah yang tidak rata dan bergunung-gunung, karena terletak di daerah pegunungan Sudirman atau dataran tinggi dengan ketinggian antara 2000 m sampai 4200 m dpal. Daerah dataran rendah mempunyai ketinggian antara 10 m sampai 2000 m dpal yang meliputi pelabuhan Amamapare, Timika dan Kuala Kencana.

Secara garis besar keadaan morfologi daerah penambangan sangat variatif, dimana pada daerah pelabuhan merupakan daerah rawa dan pantai yang dikelilingi oleh hutan bakau. Meninggalkan daerah pelabuhan, ketinggian semakin besar dan rawa bakau sedikit demi sedikit menjadi rawa nipa atau sagu. Memasuki area pedalaman terdapat dataran dengan ketinggian 350 m sampai 500 m dpl yang ditumbuhi oleh hutan lebat. Pada daerah ini mulai terlihat pegunungan dengan bentuk jurang yang terjal.

Mendekati daerah Tembagapura dengan ketinggian sekitar 2000 m dpl terdapat banyak jurang dan dinding batuan yang terjal, bentuk air terjun yang besar maupun kecil dan lembah-lembah yang curam. Jika memasuki daerah penambangan dengan ketinggian sekitar 2800 m sampai 4000 m dpl, pada permukaannya hampir tidak ditemui adanya pohon namun hanya tanaman perdu, rumput dan lumut. Hal ini disebabkan karena cuaca yang sangat dingin dan terkadang diselimuti salju.

5. Keadaan Geologi

1) Geologi Regional

Secara umum, kondisi geologi di area penambangan PT. Freeport Indonesia termasuk ke dalam zona penyusupan (*subduction*). Area tersebut berada pada batas tumbukan antara lempeng Australia dan lempeng Indo - Pasifik yang bergerak ke arah barat daya. Hasil dari tumbukan lempeng - lempeng tersebut

mengakibatkan pengangkatan dan deformasi pada lantai samudera secara cepat pada batas kontinen. Pengangkatan tersebut membentuk pulau New Guinea dan rangkaian pegunungan Jayawijaya dengan tinggi puncak 5000 m dpal.

Penyusupan lempeng yang terjadi mengakibatkan pengangkatan batuan sedimen (karbonatan), kemudian diintrusi oleh magma pada batas tepi lempeng. Intrusi magma tersebut menghasilkan batuan beku kompleks yang berkomposisi *intermediate (dioritic)*. Pada akhirnya, proses geologi ini menghasilkan mineralisasi kompleks (*skarn*) dalam bentuk zona-zona di sepanjang batas zona intrusi. Gambaran umum letak zona-zona di atas dapat dilihat pada Gambar 2.3. Zona-zona tersebut meliputi:

a) *Zona Grasberg*

Zona ini berupa tubuh intrusi dengan bijih berupa *Cu-Au Porphyry* dan beberapa *Au-Skarn*.

b) *Zona Ertsberg*

Zona *Ertsberg* terbentuk dalam tubuh *skarn* dengan komposisi mineral *Ca-Mg* silikat.

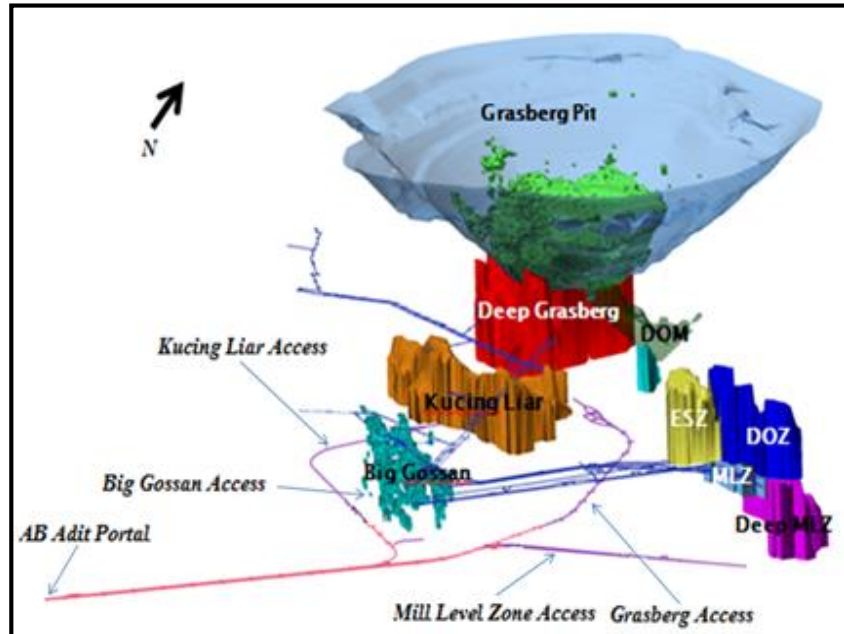
c) *Zona Gunung Bijih*

(1) *Zona Gunung Bijih Timur*

(2) *Zona Mineralisasi Bijih dalam atau Deep Ore Mineralizes (DOM)*

(3) Zona Bijih Menengah atau *Intermediate Ore Zone* (IOZ)

(4) Zona Bijih Dalam atau *Deep Ore Zone* (DOZ)



Sumber : UG Mine Geology Dept. PTFI, 2016

Gambar 3. Zona – Zona Tambang PT. Freeport Indonesia

6. Operasi Penambangan

Operasi penambangan PTFI yang berada di Papua dan terletak di daerah terpencil (*remote area*) ini terdiri dari tambang terbuka Grasberg yang berada di ketinggian 3300 sampai 4200 mdpl dan tambang bawah tanah yang berada di ketinggian 2510 sampai 3580 mdpl. Pada tahun 2018 ditargetkan produksi bijih utama akan dihasilkan dari tambang bawah tanah *Grasberg Block Cave* (GBC) menggantikan *Grasberg Open Pit* yang akan berhenti berproduksi. Tambang bawah tanah yang berada di PTFI dibagi menjadi beberapa area, yaitu GBC, *Deep Ore Zone* (DOZ), *Big Gossan*, *Deep Mill Level Zone* (DMLZ), dan Kucing Liar.

Beberapa area tambang bawah tanah sudah dalam tahap produksi, sementara yang lainnya masih dalam tahap *development*. DOZ dan *Big Gossan* adalah daerah yang sudah berproduksi, sementara itu, GBC dan DMLZ masih dalam tahap *development*. Hampir semua tambang bawah tanah yang ada di PT Freeport Indonesia menggunakan metode *block caving*, terkecuali *Big Gossan* yang menggunakan metode *stopping*.

B. Dasar Teori

1. *Shotcrete*

a. Pengertian *Shotcrete*

Beton tembak atau lebih dikenal dengan istilah *shotcrete* adalah suatu sistem penyanggaan yang menggunakan campuran antara semen, air, agregat dan *aditive* yang kemudian disemprotkan dengan menggunakan alat bantu ke dinding dan atap terowongan. Agregat untuk *shotcrete* biasanya berukuran relatif lebih kecil (ukuran *sieve*: 0,125 mm–8 mm) daripada agregat yang biasa dipergunakan untuk beton. *Shotcrete* dirancang untuk dapat menahan gaya yang bekerja pada batuan yang disebabkan oleh lubang bukaan. Pada *shotcrete*, penambahan material tertentu (misalnya: *fiber*), diharapkan juga bisa bertahan terhadap *tension stress*.

Dari sifat-sifat yang dimilikinya, *shotcrete* mempunyai beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan sistem penyanggaan dari kayu atau baja, antara lain adalah tidak ada ruang kosong pada dinding terowongan dan waktu pelaksanaan lebih singkat. Dalam mengatasi

sifat dari *shotcrete* yang mempunyai kuat tarik rendah, maka sebagai sistem penyangga *shotcrete* dikombinasikan dengan *weldmesh*, *splitsets*, atau *rock bolt* sehingga membentuk satu kesatuan yang disebut beton bertulang (*reinforced*). Selain itu, juga dapat ditunjang dengan adanya kombinasi ketebalan *shotcrete* yang disemprotkan sesuai dengan kekuatan batuan yang ada.

Adapun keuntungan dari penggunaan *shotcrete* yaitu sebagai berikut:

- 1) Sebagai material yang tahan terhadap tekanan, *shotcrete* mempunyai kekuatan yang tinggi dan relatif ekonomis.
- 2) Bahan penyusunnya (semen, material, air) dapat dengan mudah diperoleh dalam jumlah banyak.
- 3) *Shotcrete* dapat diterapkan dengan mudah pada bermacam-macam kondisi batuan.
- 4) Dalam aplikasinya (percampuran, pergerakannya, penuangannya) dapat dilakukan secara mekanis sehingga menghemat biaya.
- 5) Material ini mempunyai ketahanan yang baik terhadap api, tidak terbakar.
- 6) Karena akan menciptakan permukaan yang halus, hambatan udara dapat dikurangi.
- 7) Tidak terpengaruh oleh cuaca dan mempunyai umur pakai yang panjang.

Sementara itu, kerugian dari penggunaan *shotcrete* yaitu sebagai berikut:

- 1) Mempunyai ketahanan yang rendah terhadap tarikan, sehingga dalam kondisi terdapat tarikan, perlu diperkuat dengan baja.
- 2) *Shotcrete* dapat pecah secara tiba-tiba tanpa adanya tanda terlebih dahulu, sehingga menyulitkan selama pengawasannya
- 3) *Shotcrete* yang sudah pecah tidak dapat digunakan lagi, tidak seperti penyangga dengan bahan yang terbuat dari baja atau kayu.

Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh *shotcrete* yaitu:

- 1) *Shotability*, yaitu kemampuan untuk dapat melekat di atas dengan kemungkinan kecil untuk dapat lepas.
- 2) Kekuatan awal (*early strength*) sebesar 1 MPa umumnya memerlukan waktu (*setting time/curing time*) 2–8 jam.
- 3) Harus mampu mencapai kekuatan akhir yang diinginkan, yaitu 40 MPa dalam waktu 28 hari dengan komposisi dosis *accelerator* tertentu.

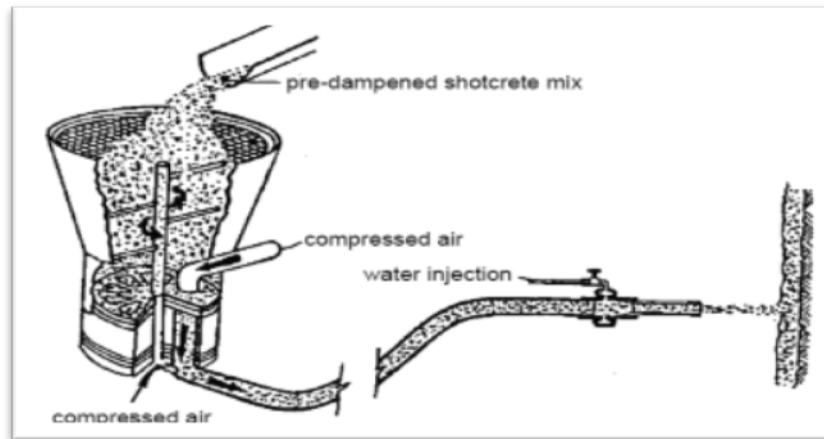
b. Metode Pembuatan *Shotcret*

Shotcrete yang merupakan campuran dari semen, air, agregat, dan *aditive* dapat dibuat dengan dua metode, yaitu sebagai berikut:

1) *Dry Mix Shotcrete*

Metode ini adalah suatu cara dimana agregat kering dicampur dengan semen dan kemudian dialirkan melalui selang dengan kecepatan konstan ke *nozzle*. *Accelerator* berupa bubuk tepung,

tidak menggunakan *accelerator* cair. *Accelerator* tersebut dicampurkan dengan air pada saat dialirkan ke *nozzle*.



Sumber: PT. Freeport Indonesia (PTFI)

Gambar 4. Sketsa Tipe Pencampuran Metode *Dry Mix Shotcrete*

Adapun keuntungan dari *dry mix shotcrete*, yaitu sebagai berikut:

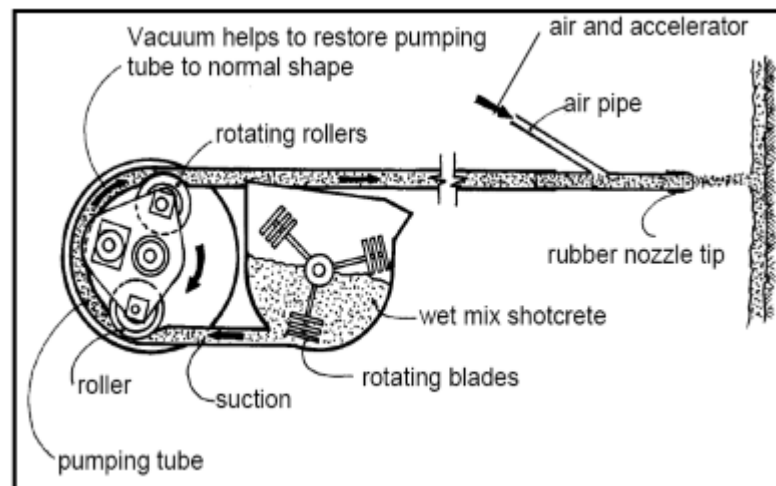
- a) Peralatan ringan, produksi dapat dihentikan seketika tanpa menyebabkan kehilangan material.
- b) Lebih mudah dibersihkan.
- c) Memungkinkan jika kegiatan transportasi yang digunakan cukup panjang atau perbedaan elevasinya cukup tinggi.

Sementara itu, adapun kerugian dari *dry mix shotcrete*, yaitu sebagai berikut:

- a) Konsumsi udara bertekanan tinggi.
- b) *Rebound* tinggi, terutama jika menggunakan *fiber*.
- c) Debu yang dihasilkan banyak, akibatnya buruk bagi kesehatan.

2) *Wet Mix Shotcrete*

Metode ini adalah suatu cara dimana air, agregat, dan semen yang telah ditakar, dicampur dan dialirkan melalui selang ke tabung untuk kemudian dipompa secara mekanis melalui *nozzle* ke permukaan batuan. *Accelerator* ditambahkan pada saat campuran dialirkan ke tabung. Keuntungan cara ini adalah perbandingan air semen (*w/c ratio*) dapat dikontrol dengan ketat.



Sumber: PT. Freeport Indonesia (PTFI)

Gambar 5. Sketsa Tipe Pencampuran Metode *Wet Mix Shotcrete*

Adapun keuntungan dari *wet mix shotcrete*, sebagai berikut:

- 1) Proporsi campuran lebih mudah dikontrol dengan tepat dan akurat.
- 2) Kapasitas tinggi.
- 3) *Rebound* rendah.
- 4) Cocok jika menggunakan *plastic fiber*.
- 5) Debu yang dihasilkan rendah.

Adapun Kerugian dari *wet mix shotcrete*, sebagai berikut:

- 1) Peralatan yang digunakan berukuran besar dan harganya mahal.

2) Sensitif terhadap material-material campuran.

c. Pencampuran *shotcrete*

Adukan untuk *shotcrete* sendiri harus memenuhi dua syarat, yaitu kemampuan ditembakkan (*shootability*) dan kemampuan dipompa (*pumpability*). *Shootability* adalah kemampuan menempel pada permukaan hingga ketebalan tertentu, sehingga membutuhkan kekentalan tinggi, sedangkan *pumpability* adalah kemampuan mengalir yang baik sehingga membutuhkan kekentalan rendah.

Metode pencampuran *shotcrete* ada dua, yaitu campuran kering dan campuran basah. Campuran kering dilakukan dengan memasukkan material pembuat beton (semen dan agregat) ke mesin dan dilewatkan dalam pipa bertekanan. Untuk hidrasinya, air ditambahkan di nozzle.

Berbeda dengan campuran kering, pada campuran basah semua material dimasukkan ke dalam mesin termasuk air selanjutnya dipompa. Pada bagian nozzle disemprot dengan angin. Kedua metode tersebut menggunakan tambahan zat, seperti akselerator dan plasticizer. *Shotcrete* sendiri biasanya ditambahkan serat fiber agar lebih kuat dan ukuran jaring kawat disesuaikan ukuran agregat.

Keawetan dan kualitas *shotcrete* bergantung pada faktor kadar semen dalam adukan dan kepadatan dinding. Kadar semen tinggi umumnya berkisar antara 350-410 kg semen per m³ dan harus memenuhi syarat *pumpability* dan *shootability*. Kepadatan dinding dipengaruhi kadar udara yang masuk adukan saat ditembakkan.

Semakin tinggi kadar udara semakin rendah kekuatan beton yang dihasilkan.

d. Pelaksanaan *shotcrete*

Pekerjaan *shotcrete* tidak boleh dilakukan saat hujan atau diperkirakan hujan dan dipersiapkan penutup permukaan bila hujan. Apabila terkena air hujan, permukaan *shotcrete* akan terkikis sehingga harus dilakukan pembongkaran dan penempatan *shotcrete* ulang.

Berdasarkan sumber maka toleransi untuk pekerjaan *shotcrete* yaitu:

- 1) Posisi horizontal dari wiremesh dan tulangan dari gambar rencana maksimum + 10 mm.
- 2) Jarak baja tulangan nail terhadap baja tulangan nail sebelahnya maksimum 25 mm.
- 3) Overlap tulangan terhadap yang disyaratkan – 25 mm.
- 4) Ketebalan *shotcrete* dari dimensi yang direncanakan – 10 mm.

Agregat yang digunakan dalam *shotcrete* harus memenuhi persyaratan kekuatan dan durabilitas. Dua jenis agregat yang digunakan yaitu:

- 1) Agregat normal yang penggunaannya seperti yang tercantum dalam ASTM C 33.
- 2) Agregat ringan yang penggunaannya seperti yang tercantum dalam ASTM C 330.

Sebelum konstruksi dilaksanakan dilakukan pencampuran *shotcrete* terlebih dahulu. Pencampuran *shotcrete* menggunakan perbandingan berat atau volume dan harus disetujui oleh pengguna jasa. Proporsi campuran harus sesuai dengan yang disyaratkan oleh pekerjaan umum, misalnya rasio air semen kurang dari 0.45, kandungan udara berada dalam rentang 7 s.d. 10 % dan tidak diperlukan kandungan udara dalam campuran kering.

Persyaratan lain terkait dengan kekuatan dan durabilitas yaitu, umur 3 hari *shotcrete* harus mencapai kekuatan 14 MPa dan umur 28 mencapai 28 MPa. Pengujian dilakukan pada tiga benda uji yang diambil dari panel uji prakonstruksi atau dari dinding *shotcrete* harus sama atau lebih dari 85% kuat tekan yang disyaratkan dengan setiap benda tidak kurang dari 75% kuat tekan yang disyaratkan sesuai ACI 506.2.

Setelah pencampuran, tahap pelaksanaan dimulai dengan persiapan permukaan lereng. Pada tahap ini intinya adalah membersihkan lereng dari material-material yang mengganggu, seperti lumpur, percikan semen, dan material lain yang mengganggu ikatan *shotcrete* dan membuat lemah. Selain itu menjaga agar tidak terjadi retakan atau kerusakan tanah.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan drainase pada lereng. Tujuannya adalah menjaga aliran air baik yang direncanakan maupun yang sudah ada di alam. Wire mesh dipasang kemudian dengan harapan

shotcrete menjadi lebih kuat sebagai penutup lereng galian dan meminimalisasi kemungkinan terjadinya retakan.

Sesuai syarat shootability maka ketebalan *shotcrete* harus disesuaikan. Cara menentukan ketebalan, salah satunya dengan alat bantu seperti benang. Benang dipasang kencang, lurus dan ditempatkan sedemikian rupa agar memungkinkan dilakukan pengencangan kembali serta harus dilepas setelah selesai. Penempatan *shotcrete* dilakukan dari bawah ke atas untuk mencegah terjadinya rebound yang berlebihan. Hal yang perlu dikendalikan diantaranya teknis nozzle, tekanan udara, dan kecepatan penempatan untuk mencegah terjadinya *shotcrete* yang tidak merata, menumpuk, atau basah, yang membuat *shotcrete* melorot.

Perbaikan permukaan dilakukan pada bagian *shotcrete* yang tidak rapi. Caranya adalah dengan menyikat permukaan menggunakan sikat besi untuk membersihkan material lepas atau dengan tembakan air bertekanan. Untuk *shotcrete* yang cacat misalnya karena tidak sesuai spesifikasi maka cara yang harus dilakukan adalah dengan penempatan *shotcrete* tambahan atau pembongkaran.

Setelah pelaksanaan *shotcrete* selesai maka yang dilakukan selanjutnya adalah perawatan. Perawatan disini dimaksudkan agar permukaan *shotcrete* dalam keadaan basah dan menjaga supaya permukaan tidak terkikis oleh aliran air.

Pengendalian mutu juga dilakukan dengan mengambil core dari dinding yang dikonstruksi. Pengambilan ini harus dilakukan oleh

personil yang berpegalaman dan dibawah pengawasan oleh Direksi Pekerjaan.

e. Kelebihan dan kekurangan

Shotcrete bisa digunakan di berbagai tipe batuan kecuali pasir, mudah dioperasikan karena hanya butuh 1 orang operator, dapat menggeras dengan sangat cepat. di beberapa percobaan *shotcrete* bahkan dapat mengeras hanya dalam waktu 1 jam, dengan penggunaan campuran tambahan. Selain itu kekuatan tarik lenturnya akan mencapai kira-kira 30%- 50% dari compressive strength setelah 1-2 hari.

Shotcrete juga tidak punya kecenderungan untuk runtuh secara massal jika proses penyemprotannya benar, yaitu disemprot secara merata dan memutar, sehingga tidak menimbulkan penumpukan terutama pada bagian dinding. Hal ini akan membuat pekerja merasa aman.

Tapi *shotcrete* lebih mahal daripada yang lain. Karena berbahan beton biasa maka mempunyai kelemahan seperti sifat beton juga. misalnya tidak dapat digunakan lagi jika pecah atau runtuh. Selain itu, *shotcrete* tidak memberi tanda apabila kan mengalami kegagalan karena sifat beton yang getas.

Jika diaplikasikan pada konstruksi sipil, seperti bangunan *shotcrete* akan sangat cocok untuk memperkuat lapisan luar dinding, cocok untuk bunker militer, ruang operasi medis, gudang bahan peledak/bahan yang mudah terbakar. Karena sifat *shotcrete* yang akan

semakin mengeras seiring dengan naiknya temperature. Tapi *shotcrete* tidak cocok pada terowongan tanah biasa, karena *shotcrete* tidak bisa memperkuat dinding tanah biasa. diperlukan permukaan yang lebih stabil dan keras. *Shotcrete* punya ketahanan yang kuat terhadap air, setelah *shotcrete* mengeras/mengalami hidrasi.

2. Analisis

Dalam Kamus Bahasa Indonesia Kontemporer karangan Peter Salim dan Yenni Salim (2002) menjabarkan pengertian analisis sebagai berikut:

- a. Analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa (perbuatan, karangan dan sebagainya) untuk mendapatkan fakta yang tepat (asal usul, sebab, penyebab sebenarnya, dan sebagainya).
- b. Analisis adalah penguraian pokok persoalan atas bagian-bagian, penelaahan bagian-bagian tersebut dan hubungan antar bagian untuk mendapatkan pengertian yang tepat dengan pemahaman secara keseluruhan.
- c. Analisis adalah penjabaran (pembentangan) sesuatu hal, dan sebagainya setelah ditelaah secara seksama.
- d. Analisis adalah proses pemecahan masalah yang dimulai dengan hipotesis (dugaan, dan sebagainya) sampai terbukti kebenarannya melalui beberapa kepastian (pengamatan, percobaan, dan sebagainya).

- e. Analisis adalah proses pemecahan masalah (melalui akal) ke dalam bagian-bagiannya berdasarkan metode yang konsisten untuk mencapai pengertian tentang prinsip-prinsip dasarnya.

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia karangan Suharso dan Ana Retnoningsih (2005), analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan dan sebagainya) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab musabab, duduk perkara dan sebagainya).

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Departemen Pendidikan Nasional (2005) menjelaskan bahwa analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya.

3. Alat Bantu Analisis

a. Flow Map

Flow map adalah penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan prosedur dari suatu program. *Flow map* berguna untuk membantu analisis dan *programmer* untuk memecahkan masalah ke dalam segmen yang lebih kecil dan menolong dalam menganalisis alternatif pengoperasian.

b. Diagram Konteks

Diagram konteks merupakan diagram yang mengandung satu proses yang menggambarkan hubungan keterkaitan antara sistem dengan pihak-pihak di luar lingkungan sistem dan posisi sistem di dalam lingkungan tersebut. Pihak-pihak tersebut merupakan pihak-pihak yang membutuhkan informasi dan data dari sistem ataupun pihak-pihak

yang menjadi sumber informasi dan data bagi sistem. Hubungan keterkaitannya digambarkan sebagai aliran informasi dan data yang masuk ke dalam sistem dan keluar dari sistem.

c. *Data Flow Diagram (DFD)*

DFD adalah sebuah teknik grafik yang menggambarkan aliran data dan transformasi yang digunakan sebagai perjalanan data dari masukan menuju ke keluaran. DFD dapat diartikan juga sebagai model jaringan dari sebuah sistem. DFD dapat menggambarkan proses-proses yang terjadi dan aliran data diantaranya.

DFD sering digunakan untuk menggambarkan suatu sistem yang telah ada atau sistem baru yang akan dikembangkan secara logika tanpa mempertimbangkan lingkungan fisik di mana data tersebut mengalir atau lingkungan fisik di mana data tersebut disimpan. Secara umum DFD dapat diartikan sebagai salah satu *tools* untuk analisis sistem yang dapat bermanfaat untuk menggambarkan proses, aliran data, *entity* yang terlibat serta *data store* yang digunakan dalam sistem yang dipelajari.

Dengan menuangkan hasil analisis ke dalam DFD, seorang analis dapat memahami sistem yang sedang dipelajari dengan mudah dan baik.

Dalam DFD terdapat beberapa aturan dasar penyusunan DFD yang dapat membantu untuk mempermudah penggambaran diagram arus data, diantaranya:

- 1) Setiap data yang dihasilkan atau keluar dari proses harus didasarkan pada data yang masuk ke proses tersebut.
- 2) Semua aliran data yang dihasilkan harus diberi nama, nama yang diberikan harus mencerminkan aliran data antara proses, *data store* dan *entity* yang ada.
- 3) Hanya data yang diperlukan untuk melakukan suatu proses saja yang harus digunakan sebagai input suatu proses.
- 4) Suatu proses harus tergantung pada input dan output yang masuk ke dalam proses itu saja, tidak perlu memperhatikan apa yang terjadi pada proses lainnya.
- 5) Setiap proses yang ada harus merupakan proses yang berjalan terus menerus, setiap proses harus diasumsikan siap menangani fungsi atau kerja setiap proses.

4. Produktivitas

a. Pengertian Produktivitas

Pengertian produktivitas menurut beberapa ahli:

a) Dewan Produktivitas Nasional

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai dengan keseluruhan sumberdaya yang dipergunakan.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Jumlah hasil keluaran} - \text{keluaran}}{\text{jumlah masukan} - \text{masukan yang dipakai}}$$

b) Wabster

Produktivitas adalah tingkat keefektifan dari manajemen industri dalam penggunaan fasilitas-fasilitas untuk produksi.

c) John Kendrick

Produktivitas adalah hubungan antara keluaran dari barang-barang dan pelayanan dengan masukan-masukan dari sumberdaya manusia dan bukan manusia, yang digunakan dalam proses produksi.

d) Sumanth (1976)

Produktivitas total merupakan rasio dari keluaran nyata dengan masukan nyata.

e) R. Saint-Paul (Asian Productivity Congress, 1980)

Hubungan antara kualitas yang dihasilkan dengan jumlah kerja yang dilakukan untuk mencapainya.

Adapun rumus untuk menghitung produktivitas alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = 60/CT \times Kt \times PA \times UA \times \text{jam kerja}$$

Dimana:

CT= Cycle time (Detik)

Kt= Faktor pengisian (m^3)

PA= *Physical Availability*

UA= *Use of Availability*

5. Pemecahan Masalah dan Kontrol Kualitas

Dalam manajemen tambang, seperti halnya pada manajemen umumnya, perumusan akar masalah menjadi titik awal dari pencarian solusi. Maka dalam teknik delapan langkah pemecahan masalah dikembangkan tiga bentuk tahapan besar dari proses pengambilan keputusan yang meliputi:

a. Identifikasi masalah, meneliti apa dan bagaimana masalah yang timbul

- b. Pengembangan alternatif-alternatif perbaikan atau pemecahan masalah, yang mungkin dapat dilakukan untuk memecahkan masalah
- c. Pemilihan alternatif yang terbaik, yang dilakukan berdasarkan kriteria yang dipergunakan

Kemudian ditambah dengan langkah evaluasi atas keputusan, yaitu sejauh mana hasil perbaikan dapat memecahkan masalah, setelah diimplementasikan. Kendala lain yang kemudian timbul adalah tentang alat bantu yang dapat dipergunakan secara tepat untuk menganalisis masalah dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu diciptakan alat-alat bantu berikut ini yang dapat dipergunakan secara mudah namun tepat untuk membantu pelaksanaan langkah pemecahan masalah. Alat bantu yang dikembangkan ialah tujuh alat pengendali kualitas yaitu:

- a. Lembar periksa (*Checksheet*)

Alat ini berupa pencatatan data secara mudah dan sederhana sehingga menghindari kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi dalam pengumpulan data tersebut. Umumnya lembar periksa ini berisi pertanyaan-pertanyaan yang dibuat sedemikian rupa sehingga pencatat cukup memberikan tanda pada kolom yang telah tersedia dan memberikan keterangan seperlunya.

- b. Diagram batang (*Histogram*)

Diagram batang berfungsi untuk menggambarkan bentuk distribusi sekumpulan data yang biasanya berupa karakteristik mutu. Diagram ini dapat dibuat dengan cara membentuk terlebih dahulu tabel

frekuensinya, kemudian diikuti dengan perhitungan statistis, baru kemudian memplot data ke dalam diagram histogram. Hasil plot data akan memudahkan dalam menganalisis kecendrungan sekelompok data.

c. Diagram pareto

Suatu diagram atau grafik yang menjelaskan hirarki dari masalah-masalah yang timbul, sehingga berfungsi untuk menentukan prioritas penyelesaian masalah. Urutan-urutan prioritas perbaikan untuk mengatasi permasalahan dapat dilakukan dengan memulai pada masalah dominan yang diperoleh dari diagram pareto ini. Setelah diadakannya perbaikan dapat dibuat diagram pareto baru untuk membandingkan dengan kondisi sebelumnya.

d. Diagram tebar (*scatter diagram*)

Suatu diagram yang menggambarkan hubungan antara dua faktor dengan memplot data dari kedua faktor tersebut pada suatu grafik. Dengan diagram ini kita dapat menentukan korelasi antara suatu sebab dengan akibatnya. Perhitungan korelasi dapat dilakukan dengan menggunakan regresi atau dengan metode nilai tengah. Ada beberapa jenis korelasi yang dapat terlihat dari diagram tebar ini, yaitu:

- 1) Korelasi positif (*positive correlation*), jika nilai faktor penyebab bertambah besar, nilai faktor akibat juga bertambah besar (nilai koefisien korelasi mendekati positif 1)

- 2) Mungkin korelasi positif (*positive correlation may be present*), jika terdapat kecenderungan korelasi positif tetapi memiliki sebaran data yang besar (nilai koefisien korelasi kecil tetapi masih positif)
- 3) Korelasi negatif (*negative correlation*), jika terdapat kecenderungan korelasi negatif tetapi memiliki sebaran data yang besar (nilai koefisien korelasi kecil dan negatif)
- 4) Tak berkorelasi (*no correlation*), jika sebaran data sangat besar (nilai koefisien korelasi mendekati 0)

e. Grafik dan peta kendali

Grafik adalah suatu bentuk yang terdiri dari garis-garis yang menghubungkan dua besaran tertentu. Grafik terdiri dari tiga jenis, yaitu garis, batang dan lingkaran.

6. *Equipment Availability*

a. *Mechanical Availability* (MA)

Mechanical Availability (MA) merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan.

Persamaan untuk *Mechanical Availability* adalah sebagai berikut:

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\%$$

Dimana:

W= *Working hours* dimulai dari operator berada di satu alat dan alat tersebut berada dalam kondisi *operable* (mesin dan bagian-bagian siap dipakai operasi). *Working hours* ini termasuk *delay time*.

Delay time meliputi kehilangan waktu saat menuju tempat kerja, *moving time*, waktu untuk lubrikasi, pengisian bensin dan pemeliharaan alat, kehilangan waktu dikarenakan kondisi cuaca, waktu-waktu *safty meeting*.

R= *Repair hours* atau waktu yang digunakan untuk *actual repair*, *waiting for repair*, *waiting for part*, waktu yang hilang untuk perawatan.

b. *Physical Availability* (PA)

Physical Availability merupakan catatan mengenai fisik dari alat yang sedang dipergunakan. Persamaan untuk *Physical Availability* adalah sebagai berikut:

$$PA = \frac{W + S}{W + R + S} \times 100\%$$

Dimana:

S= *Standby hours* adalah waktu dimana alat siap pakai, tetapi karena satu dan yang lain hal tidak dipergunakan ketika operasi penambangan sedang berlangsung. Perlu diingat bahwa *off shift* tidak diperhitungkan sebagai *standbay time*.

W+R+S = Jumlah seluruh jam jalan dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.

c. *Use of Availability* (UA)

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

Persamaan untuk *Use of Availability* adalah sebagai berikut:

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100\%$$

Dari *Use of Availability* dapat diketahui seberapa efektif suatu alat yang tidak sedang rusak dapat dimanfaatkan. Hal ini dapat menjadi ukuran seberapa baik pengelolaan (*management*) peralatan yang dipergunakan.

d. *Effective Utilization* (UE)

Menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U = \frac{W}{W + R + S} \times 100\%$$

e. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan waktu kerja efektif terhadap waktu yang tersedia. Waktu yang digunakan adalah waktu untuk produksi berarti ada kehilangan waktu yang disebabkan oleh adanya hambatan - hambatan selama jam kerja.

Pada umumnya efisiensi kerja dipengaruhi oleh keahlian operator, keadaan peralatan, keadaan medan kerja, cuaca dan keadaan material. Adapun hambatan yang tidak bisa dihindari seperti melumasi kendaraan, memperbaiki kerusakan kecil, memindahkan peralatan dan

mempersiapkan front kerja. Efisiensi kerja selalu berubah – ubah tergantung dari faktor – faktor di atas dan jarang sekali waktu yang ada digunakan dengan sebenar – benarnya.

Tabel 1. Efisiensi Operator

Klasifikasi	Efisiensi Operator (5%)
Baik sekali	>83
Baik	75 - 82
Cukup	65 - 74
Buruk	<64

Sumber: Partanto, P Ir "Pemindahan Tanah Mekanis"

Dengan menghitung hambatan tersebut maka jam kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$W_e = W_p - (W_n + W_u)$$

Keterangan:

W_e = Waktu efektif

W_p = Waktu kerja produktif

W_n = Waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor alat

W_u = Waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor manusia

Waktu produksi efektif yang diperoleh digunakan untuk menghitung efisiensi kerja dengan persamaan:

$$E = \frac{W_e}{W_p} \times 100\%$$

Keterangan:

E = Efisiensi

W_e = waktu efektif

W_p = waktu produktif

7. Waktu Edar (Cycle Time)

Menurut Darmansyah Nabar (1998: 68), waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu yang diperlukan untuk merampungkan satu siklus pekerjaan. Waktu siklus (*cycle time*) terdiri dari dua jenis, yaitu waktu tetap (*fixed time*) dan waktu tidak tetap (*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.

8. Korelasi dan Regresi Linier Sederhana

a. Variabel bebas dan variabel terikat

Variabel bebas (*independent variable*) adalah variabel yang nilai-nilainya tidak bergantung pada variabel lainnya, biasanya disimbolkan dengan X. Variabel itu digunakan untuk meramalkan nilai variabel yang lain. Variabel terikat (*dependent variable*) adalah variabel yang nilai-nilainya bergantung pada variabel lainnya, biasanya disimbolkan dengan Y. Variabel itu merupakan variabel yang diramalkan nilainya.

b. Analisis korelasi sederhana

Korelasi merupakan istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar variabel. Analisis korelasi adalah cara untuk

mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar variabel misalnya hubungan dua variabel. Korelasi yang terjadi antara dua variabel dapat berupa korelasi positif, korelasi negatif, tidak ada korelasi, ataupun korelasi sempurna.

c. Persamaan regresi linier dari Y terhadap X

Persamaan regresi linier dari Y terhadap X dirumuskan:

$$Y = a + bX$$

(Sumber: M. Iqbal Hasan, 2001)

Keterangan:

Y = Variabel terikat

X = Variabel bebas

a = intersep

b = koefisien regresi/slop

d. Koefisien korelasi linier sederhana

1) Pengertian koefisien korelasi

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

2) Koefisien korelasi pearson

Koefisien korelasi pearson adalah indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel yang datanya berbentuk data interval atau ratio. Disimbolkan dengan "r".

Koefisien korelasi ditentukan dengan dua metode yaitu:

3) Metode *least square*

Koefesien korelasi linier dengan metode least square dirumuskan:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Sumber: M. Iqbal Hasan, 2001

4) Metode *product moment*

Koefesien korelasi (r) dengan metode product moment dirumuskan:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum X^2 \cdot \sum y^2}}$$

Sumber: M. Iqbal Hasan, 2001

Keterangan:

r = koefesien korelasi

x = devisiasi rata-rata variabel X

y = devisiasi rata-rata variabel Y

9. Analisis Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh antara variabel bebas (X1 dan X2) dengan variabel terikat (Y) yang menggunakan rumus regresi linier berganda. Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat, apakah masing-masing variabel bebas berhubungan positif atau negatif dan memprediksi perubahan variabel terikat akibat pengaruh dari nilai variabel bebas.

Permasalahan analisis regresi yang melibatkan hubungan dari dua atau lebih variabel bebas. Analisis regresi mampu memberi informasi

kepada para manajer sehingga mereka dapat mengevaluasi dan mengubah strategi yang sedang diterapkannya.

Uji regresi berganda digunakan untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebas minimal dua atau lebih. Uji regresi ganda adalah alat analisis peramalan nilai pengaruh dua variabel bebas atau lebih terhadap satu variabel terikat (untuk membuktikan ada atau tidaknya hubungan fungsional atau hubungan kausal antara dua variabel bebas atau lebih, (X_1) (X_2) (X_3) ... (X_n) dengan satu variabel terikat.)

a. Model regresi linier berganda

Model populasi regresi linier berganda adalah:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i$$

Sumber: Dergibson Siagian Sugiarto, 2002

X_1, X_2, \dots, X_n adalah himpunan variabel kontrol (variabel independen)

α dan β_i adalah parameter yang nilainya tidak diketahui sehingga diduga menggunakan statistik sampel.

ε_i adalah komponen sisaan yang tidak diketahui nilainya (acak) model populasi regresi berganda ini diduga dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (Least square method).

Prinsip metode kuadrat terkecil adalah meminimumkan selisih kuadrat antara Y-observasi dan Y-dugaan. Model sampel linier sederhananya adalah:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Sumber: Dergibson Siagian Sugiarto, 2002

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas

X_i = Variabel bebas

a = Penduga bagi α intersep (titik potong)

b_i = Penduga bagi β_i

b. Regresi berganda dengan dua variabel bebas

Model populasi regresi berganda dua variabel bebas:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Sumber: Buchari Alma, 2012

Nilai-nilai dari persamaan regresi ganda untuk dua variabel bebas dapat ditentukan sebagai berikut:

$$b_1 = \frac{(\sum x_2^2)(\sum x_1y) - (\sum x_1x_2)(\sum x_2y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1x_2)^2}$$

Sumber: Buchari Alma, 2012

$$b_2 = \frac{(\sum x_1^2)(\sum x_2y) - (\sum x_1x_2)(\sum x_1y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1x_2)^2}$$

Sumber: Buchari Alma, 2012

$$a = \frac{\sum y}{n} - b_1 \frac{\sum x_1}{n} - b_2 \frac{\sum x_2}{n}$$

Sumber: Buchari Alma, 2012

c. *Standard Error* Pendugaan

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

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

Sumber: Dergibson Siagian Sugiarto, 2002

$$S_e = \frac{\sqrt{\sum Y^2 - a\sum Y - b^1\sum X^1Y - b_2\sum X_2Y}}{n - 3}$$

Sumber: Dergibson Siagian Sugiarto, 2002

C. Penelitian yang Relevan

1. Evaluasi Kinerja Crushing Plan Batuan Andesit dalam Upaya Meningkatkan Kapasitas Produksi di PT. Ansar Terang Crushindo Oleh Danny P. Mahendri

Pabrik peremuk (Crushing Plant) adalah suatu unit pengolahan yang terdiri dari berbagai macam alat dimana terdapat beberapa rangkaian kegiatan yang bersifat kontinu dan bertujuan untuk mereduksi ukuran material. Proses penghancuran tersebut merupakan tahapan awal dan paling penting dalam proses kominusi. Analisis kinerja crushing plant terhadap produktivitas alat berdasarkan parameter-parameter yang didapat di lapangan bertujuan untuk mengetahui pencapaian kinerja alat terhadap target yang ditentukan oleh perusahaan untuk nantinya akan dilakukan perbaikan-perbaikan sehingga target yang ditetapkan oleh perusahaan bisa dicapai. Beberapa masalah yang terjadi di crushing plant saat proses pengolahan berlangsung berdampak langsung terhadap produksi crushing plant tersebut, dampak yang sangat fatal yaitu target produksi yang tidak tercapai dimana produksi crushing plant saat ini sebesar 174,346 ton/jam sedangkan target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan adalah 200 ton/jam. Pada tahap primary crusher shift 1 diperoleh hasil Mechanical Availability (MA) = 98,61%, Physical Availability (PA) = 98,91%, Use of Availability (UA) = 77,95%, Effective of Utilization (EU) = 77,11%. Primary crusher shift 2 Mechanical Availability (MA) = 98,43%,

Physical Availability (PA) = 98,63%, Use of Availability (UA) = 86,93%, Effective of Utilization (EU) = 85,74%. dan Production rate index (PRI) = 88,91%. Pada tahap secondary I crusher shift 1 dihasilkan Mechanical Availability (MA) = 98,65%, Physical Availability (PA) = 98,8%, Use of Availability (UA) = 98,55%, Effective of Utilization (EU) = 96,27%. Secondary I crusher shift 2 Mechanical Availability (MA) = 98,91%, Physical Availability (PA) = 99,03%, Use of Availability (UA) = 88,24%, Effective of Utilization (EU) = 87,39% dan Production rate index (PRI) = 61,56%. Selanjutnya pada tahap secondary II crusher shift 1 diperoleh hasil Mechanical Availability (MA) = 98,53%, Physical Availability (PA) = 98,71%, Use of Availability (UA) = 87,8%, Effective of Utilization (EU) = 86,67%, secondary II shift 2 Mechanical Availability (MA) = 98,68%, Physical Availability (PA) = 98,62%, Use of Availability (UA) = 85,91%, Effective of Utilization (EU) = 85,72% dan Production rate index (PRI) = 76,11%.

2. Analisa Kemampuan Kerja Alat Angkut untuk Mencapai Target Produksi *Overburden* 240.000 BCM Perbulan di *Site Project* Darmo PT. Ulina Nitra Tanjung Enim Sumatera Selatan Oleh Hariz Subhan dkk.

Pengupasan lapisan tanah penutup di site project Darmo PT.

Ulina Nitra, dilakukan pada lapisan *Overburden* berupa lempung dan disertai dengan material tanah biasa. PT. Ulina Nitra bekerjasama dengan PT. Menambang Muara Enim sebagai pihak kontraktor untuk melakukan proses stripping *overburden* dan coal getting. Target pengupasan *overburden* adalah sebesar 240.000 bcm/bulan, dengan jumlah alat gali-

muat dan alat angkut yang ada serta waktu kerja yang ada yaitu 19,86 jam perhari. Berdasarkan hasil pengolahan data pada bulan Oktober 2013, pengupasan overburden hanya mencapai 225.252,99 bcm/bulan, terjadi penurunan ketercapaian produksi dari target yang telah ditetapkan. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu evaluasi kinerja alat gali muat dan alat angkut guna mengetahui penyebab terjadinya ketidak tercapaian volume pengupasan overburden di PT. Ulima Nitra. Untuk mencapai target produksi perbulannya, 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 sistem antrian yang digunakan pada produksi overburden serta kondisi permukaan kerja. Setelah dilakukan evaluasi dan perhitungan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi produksi dump truck. Didapatkan peningkatan produksi dan dapat memenuhi target perbulan perusahaan yaitu sebesar 286.796,59 bcm/bulan yang berarti naik 61.643,60 bcm/bulan dari produksi aktual pada bulan oktober sebesar 225.252,99 bcm/bulan.

3. Evaluasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Pada Pt Pama Persada Nusantara Distrik Kcmb Oleh Hambali dkk.

Target produksi overburden yang direncanakan oleh PT Pama Persada Nusantara Distrik KCMB di beberapa bulan sebelumnya belum tercapai. Masalah ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah perbaikan dan perawatan alat-alat berat yang dipakai oleh PT Pama

Persada Nusantara Distrik KCMB kadang memakan waktu yang lama. Namun di luar hal-hal tersebut dalam pengoperasiannya ada beberapa faktor yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi overburden. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan cara menghitung produksi alat gali muat dan alat angkut serta menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya produksi alat gali muat dan alat angkut dalam pencapaian target pemindahan overburden dan melakukan simulasi perbaikan untuk meningkatkan produksi alat. Berdasarkan simulasi yang dilakukan untuk mencapai target produksi masing-masing front membutuhkan tambahan masing-masing 1 unit alat gali muat. Dengan tambahan unit tersebut produksi pada front EX1072 menjadi 298,195.96 BCM dan pada front EX1073 menjadi 269,032.65 BCM. Simulasi produksi untuk alat angkut pada front EX1073 dapat dilakukan dengan melakukan langkah perbaikan yang terjadi karena kendala operasional seperti wait equipment, dusty dan wait operator. Setelah dilakukan perbaikan total produksi menjadi 202,210.18 BCM.

4. Evaluasi Crushing Plant dan Alat Support untuk Pengoptimalan Hasil Produksi di Pt Binuang Mitra Bersama Desa Pualam Sari, Kecamatan Binuang Oleh Imam dkk.

Target produksi crushing plant pada PT Binuang Mitra Bersama adalah 350 ton/jam. Namun target produktivitas yang ditargetkan sering tidak tercapai permasalahan yang dihadapi dalam suatu pengolahan batubara adalah adanya penundaan waktu baik yang dapat dihindari maupun tidak. Contoh seperti alat pengolahan batubara yang sedang breakdown, hopper penuh, sedang hujan, dan atau alat

pengolahan batubara sedang maintenance. Terhadap keadaan ini tentunya diperlukan optimalisasi untuk mendapatkan waktu kerja yang produktif yang diinginkan. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung kapasitas produktivitas masing-masing komponen pada coal processing plant.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis factor-faktor pendukung produktivitas unit crushing plant seperti cycle time alat pengumpan, spesifikasi unit crusher dan belt conveyor, kondisi aktual lapangan penyebab loss time seperti idle dan delay, serta breakdown time selama Bulan Februari Tahun 2016.

Setelah dilakukan penelitian kegiatan crushing plant untuk evaluasi pengoptimalan hasil produksi aktual unit crushing plant pada PT. Binuang Mitra Bersama maka perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui tingkat pencapaian target produksi seperti produktivitas dari alat cycle time alat pengumpan, unit crusher, dan belt conveyor. Berdasarkan data aktual didapatkan perhitungan produktivitas crushing plant sebesar 326,33 ton/jam. Berdasarkan data aktual produksi pada bulan Februari, belum tercapai sehingga perlu dilakukannya evaluasi serta langkah optimasi agar target tercapai. Melalui simulasi penambahan dump truck dan penambahan kapasitas muatan material batubara terhadap dump truck maka target produksi pada bulan Februari akan terpenuhi sebesar 375 ton/jam.

5. Evaluasi Waktu Dumping dan Manuver ke Primary Crusher Pada Tambang Emas Batu Hijau, Prov. Nusa Tenggara Barat Oleh Robi Mardiyani Safitri dkk.

Waktu dumping dan manuver merupakan bagian terpenting dari cycle time jika waktu dumping dan manuver besar maka cycle time juga akan besar artinya produksi akan berkurang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi data dumping dan manuver ke primary crusher. Metode penelitian yang digunakan yakni dengan mengevaluasi data historikal selama tahun 2016 untuk mengetahui sejauh mana plan sudah tercapai kemudian dilakukan pengambilan data terbaru di lapangan kuantitatif dan kualitatif untuk pemecahan masalah bagi perusahaan. Data yang dibutuhkan adalah data waktu dumping dan manuver (queue time, backing time dan tipping time) serta event yang biasa terjadi. Dari hasil penelitian total waktu selama tahun 2016 adalah 3,07 menit diatas plan 1,45 menit. Total ada 11.809 kali haul truck dumping dengan plan dumping dan manuver yang tercapai sebesar 10,54%, lose time 69,76 % dan high lose time sebesar 19,71%. Komponen berpengaruh yakni backing dengan frekwensi 168 dan rata-rata 1,45 menit, tipping frekwensi 149 dan rata-rata 1,19 menit dan queue frekwensi 1 dan rata-rata 0,4 menit. Data terbaru yang biasa terjadi di lapangan menghasilkan rata-rata 2,48 menit, total ada 228 kali event yang mempengaruhi keseluruhan waktu dumping dan manuver. Rekomendasi plan baru bagi perusahaan dari data terbaru di lapangan menghasilkan waktu secara normal berada di 1,78 menit. Plan bisa dipercepat menjadi 1,58 menit berdasarkan jumlah

record truck terbanyak atau menjadi 1,45 menit sesuai plan dengan meminimalisir event-event yang menyebabkan waktu dumping dan manuver menjadi besar.

6. Evaluasi Jumlah Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Serta Perhitungan Bahan Bakar untuk Memproduksi 300.000 Ton/Bulan Batu Granit di PT. Trimegah Perkasa Utama Kepulauan Riau Oleh Jahar Lembadah Ilham dkk.

Berkembangnya industri pembangunan sekarang ini menyebabkan naiknya permintaan konsumen terhadap batu granit sebagai bahan galian industri. Oleh karena itu produsen batu granit terus menerus meningkatkan produksinya. PT. Trimegah Perkasa Utama sebagai produsen terbesar batu granit di Kepulauan Karimun menargetkan produksi sebesar 300.000 ton/bulan batu granit menggunakan 2 unit alat gali-muat dan 8 unit alat angkut dengan total waktu 20 jam pada 2 shift kerja. Dari hasil pengamatan, didapatkan jumlah produksi sebesar 222.897 ton/bulan dengan waktu efektif kerja sebesar 13,96 jam/hari, sedangkan target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan sebesar 300.000 ton/bulan. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi jumlah alat mekanis yang digunakan untuk memproduksi batu granit dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas kerja. Hasil perhitungan produktivitas setelah dilakukan upaya peningkatan waktu kerja sebesar 15,96 jam/hari dan penambahan alat sebanyak 1 unit alat gali-muat dan 2 unit alat angkut diperoleh produktivitas sebesar 322.294 ton/bulan batu granit.

7. 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 Oleh Riki Rizki Ilahi dkk.

PT Bukit Asam menargetkan peningkatan volume penjualan batubara tahun 2014 sebesar 24,56 juta ton, naik 38% (6,76 juta ton) dibandingkan rencana volume penjualan tahun 2013 sebesar 17,8 juta ton. Salah satu Pit yang dimiliki oleh PT. Bukit Asam (Persero) Tbk adalah Pit 3 Banko Barat. Target produksi pengupasan tanah penutup pada Pit 3 Barat pada bulan September 2013 adalah sebesar 720.000 BCM, dan pada akhir September kombinasi kerja antara bulldozer, excavator dan dump truck yang beroperasi dapat menghasilkan ketercapaian produksi nyata sebesar 747.188 BCM. Namun terdapat beberapa faktor yang menyebabkan tidak optimalnya efektifitas dan efisiensi kerja dari excavator dan dump truck sehingga ketercapaian produksi tidak maksimal. Sehingga diperlukan adanya optimasi terhadap waktu kerja efektif, yaitu dengan cara memperkecil waktu hambatan yang tidak direncanakan agar produksi dapat meningkat. Secara teoritis ketercapaian produksi pada Pit 3 Banko Barat adalah sebesar 780.975,79 BCM/bulan, kemudian dilakukan perbaikan pada waktu kerja efektif. Perbaikan pada waktu kerja efektif dapat meningkatkan ketercapaian produksi menjadi 872.080,59BCM/bulan (121,12%) dari target produksi, dan dengan keserasian kerja alat sebesar 1,02.

8. Optimalisasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Pada PT. Semen Bosowa Kabupaten Marosprovinsi Sulawesi Selatan Oleh Arif Nurwaskito dkk.

Alat muat dan alat angkut adalah alat yang sangat berpengaruh dalam mencapai target produksi. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui produktivitas dan fakto-faktor yang mempengaruhi produktivitas dari alat muat dan alat angkut agar tercapai target produksi. Metode pengambilan data penelitian yang peneliti gunakan yaitu deskriptif kuantitatif, data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data efisiensi kerja, fill factor, swell factor, cycle time, produktivitas alat muat, dan produktivitas alat angkut kemudian disintesa untuk memperoleh nilai produktivitas. Kemampuan produksi yang ditentukan dengan perhitungan secara teoritis adalah $436,551 \text{ Ton/Jam} \times 7 \text{ jam} = 3.055,857 \text{ Ton/shift}$, karena dalam sehari terdapat 3 shift maka produksi yang dihasilkan dalam satu hari adalah $3.055,857 \text{ Ton/shift} \times 3 \text{ shift} = 9.167,571 \text{ Ton/hari}$. Fakto- faktor penghambat antara lain kondisi jalan hauling yang memiliki medan mendaki dan berkelok- kelok, antrian di area stockpile, keserasian alat muat dan alat angkut yang kurang ideal, dan pola pemuatan. Adapun cara yang perlu dilakukan untuk memenuhi target produksi pelebaran jalan, perubahan Pola pemuatan, keserasian alat muat dan alat angkut, blasting yang dilakukan menghasilkan material-material yang mudah diolah oleh crusher agar tidak terjadi antrian di area stockpile. Target produksi tidak tercapai hanya menghasilkan 9.167,671 Ton/hari dimana target produksi yang ditargetkan adalah

10.000 Ton/hari, perlunya pelebaran jalan sebejar 6 meter agar dapat bekerja secara optimal, perubahan pola pemuatan dari bottom loading menggunakan double back up, hasil blasting harus menghasilkan material yang mudah di olah crusher agar alat angkut tidak bertumpuk di area stockpile dan dapat bekerja secara optimal.

9. Variabel yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Angkutan Batubara Yang Melalui Kota Banjarmasin Oleh Yunik Bachtiar dkk.

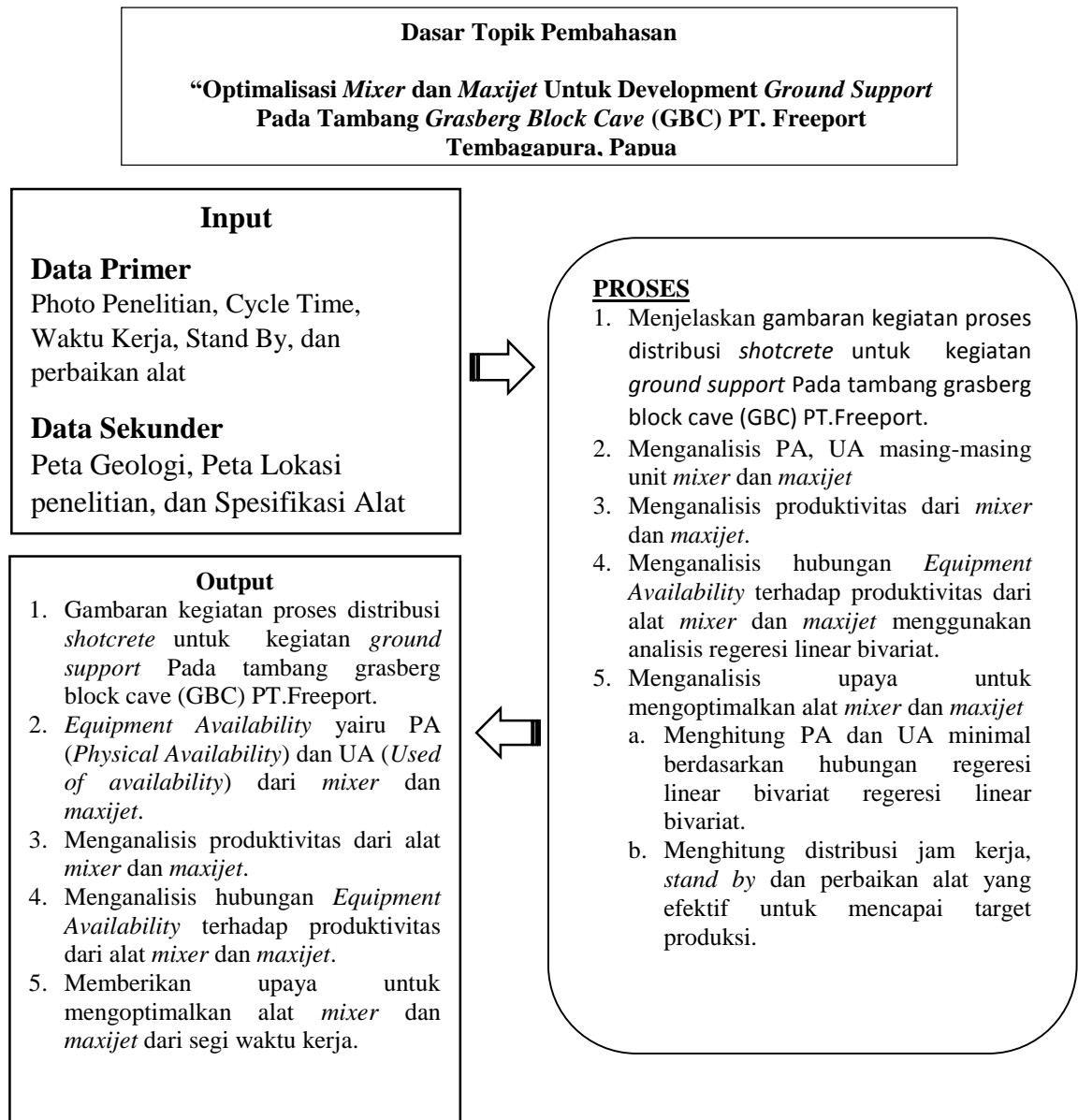
Banyak faktor yang mempengaruhi pengemudi untuk memilih rute yang terbaik untuk perjalanannya. Dengan alasan ini, pengemudi truk yang membawa batubara di daerah Banjarmasin harus memilih rute mana yang memberi mereka manfaat yang paling besar untuk mengangkut batubara tersebut dari tambang menuju ke lokasi *stockpile*. Studi ini bertujuan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas truk-truk yang mengangkut batubara yang melalui jaringan jalan di Kota Banjarmasin. Hasil studi ini menunjukkan bahwa hanya waktu tempuh dan jenis kendaraan yang secara signifikan mempengaruhi produktivitas truk-truk tersebut.

10. Optimasi Geometri Peledakan untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan *Diggability* Dalam Pemenuhan Target Produktivitas *Ore* Di *Pit* Durian Barat dan *Pit South* Osela *Site* Bakan Pt J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara Oleh Milia Putri

Pemeraian batuan merupakan salah satu tahapan yang sangat penting dalam operasi penambangan. Metode pemeraian batuan yang umum digunakan adalah peledakan yang bertujuan untuk memberai batuan sesuai ukuran fragmentasi yang telah direncanakan. Keefektifan kegiatan

peledakan menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan kegiatan pemuatan (*loading material*) yang sangat mempengaruhi ketercapaian target produktivitas penambangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi geometri peledakan optimum untuk meminimalisir persentase jumlah *boulder* sehingga kegiatan pemuatan (*loading material*) menjadi lebih efektif dan target produktivitas tercapai. Studi kasus penelitian dilakukan pada 8 blok peledakan di *Pit Durian Barat* dan 8 blok peledakan di *Pit South Osela* yang keduanya berada di PT J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara Indonesia. Data penelitian terdiri dari fragmentasi peledakan, *digging time*, *cycle time*, *digging rate*, dan produktivitas penambangan *ore*. Metode penelitian dilakukan dengan estimasi geometri peledakan menurut teori R.L. Ash dan C.J. Konya, pemodelan statistik, serta uji *trial and error*. Dari analisis data yang dilakukan, untuk mencapai target produktivitas penambangan sebesar 700 bcm/jam maka persentase jumlah *boulder* adalah 3 %, *digging time* 7 detik, *cycle time* 15 detik, dan *digging rate* 750 bcm/jam pada *Pit Durian Barat*, sementara pada *Pit South Osela* persentase jumlah *boulder* 3 %, *digging time* 6 detik, *cycle time* 14 detik, dan *digging rate* 800 bcm/jam. Untuk meminimalisir persentase jumlah *boulder* maka perlu dilakukan revisi geometri peledakan berdasarkan teori C.J. Konya dengan reduksi ukuran *boulder* sebesar 4,26 s.d. 5,10 % dengan peningkatan produktivitas sebesar 141 s.d. 215 bcm/jam, dengan demikian target produktivitas *ore* dapat tercapai.

D. Kerangka Konseptual Penelitian



Gambar 6. Kerangka Koseptual Penelitian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian eksperimen, dimana menurut Sugiyono (2012:7) metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Sugiyono (2012) mengatakan bahwa metode kuantitatif sering juga disebut metode tradisional, positivistik, ilmiah (scientific) dan metode discovery. Metode kuantitatif dinamakan metode tradisional, karena metode ini sudah cukup lama digunakan sehingga sudah mentradisi sebagai metode untuk penelitian.

Metode kuantitatif disebut sebagai metode ilmiah (scientific) karena metode ini telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkrit, empiris obyektif, terukur, rasional, dan sistematis. Metode ini juga disebut metode discovery karena dengan metode ini dapat ditemukan dan dikembangkan sebagai iptek baru. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik.

Sudarwan Danim (2002:35) penelitian kuantitatif merupakan studi yang diposisikan sebagai bebas nilai (value free) dengan kata lain, penelitian

kuantitatif sangat ketat menerapkan prinsip-prinsip objektivitas itu diperoleh antara lain melalui penggunaan instrument yang telah di uji validitas dan reliabilitasnya.

B. Objek Penelitian

Adapun yang menjadi objek penelitian adalah optimalisasi produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet*, maka penulis menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan produktivitas dari masing-masing *mixer* dan *maxijet* dan memberikan saran bagaimana upaya terhadap pengoptimalan target produktivitas masing-masing *mixer* dan *maxijet* PT. Freeport unit *grasberg block cave* (GBC).

C. Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian berada di PT. Freeport Indonesia. Secara administrasi lokasi penelitian berada di pegunungan Jayawijaya, Kecamatan Mimika Timur, Kabupaten Timika, Provinsi Papua, berada pada posisi geografis $04^{\circ} 06' - 04^{\circ} 012'$ Lintang Selatan dan $137^{\circ} 06' - 137^{\circ} 12'$ Bujur Timur. Kegiatan operasional PTFI terbentang dari pelabuhan Amamapare sampai ke lokasi penambangan bijih di Grasberg, yang panjangnya lebih kurang 125 km.

D. Instrumen Penelitian

Adapun instrumen penelitian yang digunakan selama melakukan kegiatan adalah form daily production *mixer* dan *maxijet*, kamera, alat tulis kerja, dan komputer.

E. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kajian Pustaka

a. Tahap Pendahuluan

Pada kajian pustaka ini beberapa teori yang dipelajari adalah:

- 1) Deskripsi umum perusahaan
- 2) Teori produktivitas alat
- 3) Teori analisa data statistik

b. Observasi Lapangan

Kegiatan ini dilakukan selama satu minggu pada area grasberg block cave untuk melihat permasalahan aktual yang ada di lapangan.

c. Perumusan Masalah

Rumusan masalah disusun berdasarkan observasi lapangan dan data daily production *mixer* dan *maxijet* untuk menjawab permasalahan dan menemukan solusi terhadap kegiatan pada area grasberg block cave berikutnya dalam mencapai target perusahaan.

d. Tahap Pengambilan Data

1) Data Primer

Data primer adalah data yang didapat dari hasil pengamatan langsung dilapangan. Dalam penelitian ini yang menjadi data primer adalah sebagai berikut:

- a) Foto-foto yang penulis ambil selama penelitian di PT. Freeport.
- b) Cycle time *mixer* dan *maxijet*.

c) Waktu kerja, *stand by* dan perbaikan alat

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada di PT Freeport Indonesia, dalam penelitian ini yang menjadi data sekunder adalah sebagai berikut:

- a) Data target produksi *mixer* dan *maxijet*
- b) Peta Topografi
- c) Peta Geologi
- d) Foto lokasi Tambang

F. Teknik Pengolahan Data

Teknik yang dilakukan dalam analisis data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah.

Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data, dikarenakan penelitian terdiri dari beberapa variabel, maka data harus dikelompokkan sesuai dengan tahapan pengerjaannya.

Adapun tahapan perhitungan yang digunakan dalam pengolahan data antara lain:

1. Menghitung *daily distribusi* waktu unit seperti working hours, delay time dan breakdown untuk masing-masing unit *mixer* dan *maxijet*.
2. Menghitung PA, UA masing-masing unit *mixer* dan *maxijet*

3. Menghitung produktivitas dan hambatan yang mempengaruhi dari *mixer* dan *maxijet*.
4. Menganalisis hubungan *Equipment Availability* terhadap produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet* menggunakan analisis regresi linear bivariat.
5. Menganalisis upaya untuk mengoptimalkan alat *mixer* dan *maxijet*
 - a. Menghitung PA dan UA minimal berdasarkan hubungan regresi linear bivariat regresi linear bivariat.
 - b. Menghitung distribusi jam kerja, *stand by* dan perbaikan alat yang efektif untuk mencapai target produksi.

G. Analisa Hasil Pengolahan Data

Teknik yang dilakukan dalam analisis data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga keduanya dapat pendekatan penyelesaian masalah. Hasil pengolahan data akan dianalisa untuk selanjutnya dapat dihasilkan suatu rekomendasi.

H. Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan koreksi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti. Kesimpulan ini merupakan suatu hasil akhir dari semua aspek yang telah dibahas. Sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan dan rekomendasi yang dapat digunakan oleh perusahaan.

I. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di Site Bakan PT. Freeport, Tembagapura, Provinsi Papua, dimana uraian kegiatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uraian Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Minggu ke-							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Orientasi Lapangan								
2	Pengamatan Lapangan								
3	Pengumpulan Data Lapangan								
4	Penyusunan Laporan dan Presentasi								

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Distribusi shotcrete untuk ground support di blok Cave tamang PT. Freeport menggunakan alat mixer sebagai pengangkut dan Maxijet sebagai alat penyemprot pada dinding.
2. Hasil hitungan menunjukkan bahwa dari 20 pengambilan data lapangan nilai Rata-rata UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) untuk alat mixer masing-masing adalah 53,50% dan 98,75%. Sedangkan rata-rata UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) untuk alat Maxijet masing-masing adalah 49,73% dan 97,72%
3. Nilai produktivitas mixer dan maxijet masing-masing dengan menerapkan jam kerja sebesar 480 menit adalah 75,70m³/hari dan 47,24m³/hari.
4. Kondisi optimum menunjukkan pada alat Mixer dan Maxijet nilai UA dan PA minimal sebesar 83% agar tercapai produksi *shotcrete* 40m³/hari. Untuk mencapai nilai UA dan PA 83% sehingga tercapai produksi *shotcrete* 40m³ per hari jam dibutuhkan kerja real 399 menit hingga 500 menit. Pada kondisi ada perbaikan (*repair*), untuk mencapai kondisi ideal diperlukan penambahan jam kerja menjadi 720 menit yang awalnya hanya 480 menit. Pada jam kerja rencana 720 menit, minimal jam kerja aktual adalah 500 menit serta *standby* maksimal 100 menit.

B. Saran

Untuk mencapai target produktivitas *shotcrete* 40m³/hari maka PT. Freeport perlu meningkatkan jam kerja real alat Mixer dan Maxijet.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, Yunik dkk. 2010. Variabel yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Angkutan Batubara Yang Melalui Kota Banjarmasin. *Jurnal Transportasi* Vol. 10 No. 1 April 2010: 77-86.
- Danny P. Mahendri. 2017. Evaluasi Kinerja Crushing Plan Batuan Andesit dalam Upaya Meningkatkan Kapasitas Produksi di PT. Ansar Terang Crushindo. ISSN: 2460-6499, Volume 3, No.1, Tahun 2017.
- Hambali, dkk. 2017. Evaluasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Pada Pt Pama Persada Nusantara Distrik Kcmb. *JURNAL HIMASAPTA*, Vol. 2, No. 1, April 2017 : 9 – 13.
- Ilahi, Riki Rizki. 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. *Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya*.
- Imam, dkk. 2017. Evaluasi Crushing Plant dan Alat Support untuk Pengoptimalan Hasil Produksi di Pt Binuang Mitra Bersama Desa Pualam Sari, Kecamatan Binuang. *JURNAL HIMASAPTA*, Vol. 2, No. 2, Agustus 2017: 21 – 26.
- Ilham, Jahar Lembadah dkk. Evaluasi Jumlah Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Serta Perhitungan Bahan Bakar untuk Memproduksi 300.000 Ton/Bulan Batu Granit di PT. Trimegah Perkasa Utama Kepulauan Riau. *Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya*.
- Indonesianto, Yanto. 2014. Pemindahan tanah mekanis. UPN, Yogyakarta.
- Nurwaskito, Arif dkk. Optimalisasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Pada PT. Semen Bosowa Kabupaten Maros provinsi Sulawesi Selatan. *Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia*
- Putri, Milia. 2018. Optimasi Geometri Peledakan untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan *Diggability* Dalam Pemenuhan Target Produktivitas *Ore* Di *Pit Durian Barat* dan *Pit South Osela Site* Bakan Pt J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. *Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang*.