

TUGAS AKHIR

DESAIN OPTIMALISASI DAN PENJADWALAN PRODUKSI PENAMBANGAN BATUBARA PADA *PIT* GRANIT EXTEND *SEAM* 6 PT. CIPTA BERSAMA SUKSES DESA BEJI MULYO PROVINSI SUMATERA SELATAN

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Dalam Menyelesaikan Program S1 Teknik Pertambangan



Oleh:

RAVILOI MEDRI

18137003/2018

Program Studi : S1 Teknik Pertambangan

Departemen : Teknik Pertambangan

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Desain Optimalisasi dan Penjadwalan Produksi Penambangan Batubara
Pada *Pit* Granit Extend *Seam* 6 PT. Cipta Bersama Sukses
Desa Beji Mulyo Sumatera Selatan

Nama : Ravilqi Medri
NIM/TM : 18137003/2018
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing



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

Mengetahui,

**Ketua Departemen Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**



Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si.
NIP : 19721213 200012 2 001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Ravilqi Medri
NIM/TM : 18137003/2018
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Skripsi di Depan Tim Penguji
Program Studi S1 Teknik Pertambangan Departemen Teknik Pertambangan

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Dengan Judul:

**Desain Optimalisasi dan Penjadwalan Produksi Penambangan Batubara
Pada Pit Granit Extend Seam 6 PT. Cipta Bersama Sukses
Desa Beji Mulyo Sumatera Selatan**

Padang, Maret 2023

Tanda Tangan

Tim Penguji

1. Ketua : Dr. Mulya Gusman, S.T., M.T.
2. Anggota : Tri Gamela Saldy, S.T., M.T.
3. Anggota : Dr. Rudy Anarta, S.T., M.T.

1.

2.

3.

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ravilga Medri
NIM/TM : 2018 / 18137003
Program Studi : Teknik Pertambangan (S1)
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

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

” Desain optimisasi dan penjadwalan produksi penambangan Batubara
pada pit Grant Extend seam 6 PT. Apta Bersama sukses Desa
Beji Mulyo Provinsi Sumatera Selatan.
.....
.....”

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.

Padang, 14 Februari 2023

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan


Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19721213 200012 2 001



BIODATA



I. Data Diri

Nama Lengkap : Ravilqi Medri
NIM/BP : 18137003/2018
Tempat/Tanggal Lahir : Pekonina, 09 Februari 2000
Jenis Kelamin : Perempuan
Nama Ayah : Yanuar Edri
Nama Ibu : Emilda
Jumlah Bersaudara : 4
Alamat Tetap : Jln. Muara Labuh-Padang Aro, No. 40B
Pekonina, Kecamatan Pauh Duo, Kabupaten
Solok Selatan, Sumatera Barat

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SD N 03 Pekonina
Sekolah Menengah Pertama : SMP N 5 Solok Selatan
Sekolah Menengah Atas : SMK N 1 Solok Selatan
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Data Praktek Lapangan

Tempat Penelitian : PT. Cipta Bersama Sukses *Job site* PT.
Bhumi Sriwijaya Perdana *Coal*
Tanggal Penelitian : 29 Juni 2022-29 Agustus 2022

Topik Studi Kasus : **“Desain Optimalisasi Dan Penjadwalan
Produksi Penambangan Batubara Pada
Pit Granit Extend Seam 6 PT. Cipta
Bersama Sukses Desa Beji Mulyo Provinsi
Sumatera Selatan”**

Padang, Maret 2023

Ravilqi Medri
18137003/2018

ABSTRAK

PT. Cipta Bersama Sukses memiliki dua lokasi penambangan *pit* Granit Extend yaitu *seam* 5 dan *seam* 6. Pada tanggal 8 Agustus 2022 terjadi longsor yang menimbun area penambangan *seam* 5 sehingga kegiatan *coal getting* atau produksi batubara tidak dapat dilanjutkan karena kondisi ini dianggap tidak aman dan tidak efisien. Maka rencana penambangan berubah ke area *seam* 6, sehingga diperlukan desain optimalisasi area *seam* 6, perancangan *sequence* bulan September dan Oktober 2022, serta penjadwalan produksi agar kegiatan penambangan terencana dengan baik.

Berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus 2022 area *seam* 6 diperoleh 43.248,117 ton batubara dan 304.293 bcm tanah penutup dan desain *pit* bulan September 2022 diperoleh *overburden* sebesar 306.198 bcm *overburden* dan 93.017,183 ton batubara, sedangkan pada bulan Oktober 2022 diperoleh *overburden* sebesar 323.053 bcm dan 102.160,480 ton batubara.

Untuk mencapai target produksi diperlukan perencanaan produksi yang bertujuan menghitung kebutuhan unit untuk kegiatan penambangan. Berdasarkan analisa, jumlah *fleet* yang dibutuhkan untuk kegiatan *overburden removal* yaitu 6 *fleet* yang terdiri atas 3 *fleet* dengan masing masing 4 unit DT, 1 *fleet* dengan 2 unit ADT dan 2 *fleet* dengan masing masing 3 unit DT. Jumlah produksi *overburden* yaitu 311.026,14 bcm. Sedangkan untuk kegiatan *coal getting* dibutuhkan 1 *fleet* yang terdiri dari 3 unit DT dengan jumlah produksi yaitu 47.795,46 ton.

Kata Kunci : *Coal getting, Design Pit, Optimalisasi, Overburden, Produksi*

ABSTRACT

PT. Cipta Bersama Sukses has two Granit Extend pit mining locations: seam 5 and seam 6. On August 8, 2022 an avalanche occurred which covered the seam 5 mining area so that coal-getting activities or coal production could not be continued. because this condition was considered unsafe and inefficient. Then the mining plan changed to the seam 6 area, So it is necessary to design the optimization of the seam 6 area, design the sequence for September and October 2022, as well as production scheduling so that mining activities are well planned.

Based on the optimization design in August 2022, the seam 6 area obtained 43.248,117 tons of coal and 304.293 bcm of overburden and the pit design in September 2022 obtained overburden of 306.198 bcm overburden and 93.017,183 tons of coal, while in October 2022, overburden was obtained of 323.053 bcm and 102.160,480 tons of coal.

To achieve the production target, production planning is required which aims to calculate unit requirements for mining activities. Based on the analysis, the number of fleets needed for overburden removal activities is 6 fleets consisting of 3 fleets with 4 DT units each, 1 fleet with 2 ADT units and 2 fleets with 3 DT units each. The amount of overburden production is 311.026.14 bcm. Whereas for coal-getting activities, 1 fleet consisting of 3 DT units is needed with a total production of 47.795.46 tons.

Keywords: Coal getting, Optimization, Overburden, Pit Design, Production

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Kesehatan, nikmat iman, nikmat islam, rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar. Shalawat serta salam penulis sampaikan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW yang telah menuntun dan membawa umat manusia dari masa kebodohan ke masa yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Alhamdulillah berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis telah selesai menyusun Tugas Akhir ini untuk memenuhi dan melengkapi syarat-syarat guna mencapai gelar Sarjana (S-1) Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang dengan judul **“Desain Optimalisasi dan Penjadwalan Produksi Penambangan Batubara Seam 6 Pada Pit Granit Extend PT. Cipta Bersama Sukses Desa Beji Mulyo Provinsi Sumatera Selatan”**.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Teristimewa kepada kedua orang tua dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan motivasi, perhatian, dukungan moral, dan material, serta doa yang tulus sehingga dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Bapak Dr. Mulya Gusman, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah mengarahkan penulis sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

3. Ibu Tri Gamela Saldy, S.T., M.T. selaku Dosen Pembahas I yang telah memberikan masukan dan saran pada Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Rudy Anarta, S.T., M.T. selaku Dosen Pembahas II yang telah memberikan masukan dan saran pada Tugas Akhir ini.
5. Ibu Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si. selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sekaligus sebagai Dosen Penasehat Akademis.
6. Dosen (staf pengajar) dan karyawan Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Bapak Ali Basrah Pulungan, S.T., M.T. selaku Ketua Unit Hubungan Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Bapak Edi Dwi Pawira selaku *Project Manager* PT. Cipta Bersama Sukses
9. Bapak Aris Herdiansyah selaku *Engineering* PT. Cipta Bersama Sukses yang telah banyak memberikan ilmu dan telah bersedia menjadi pembimbing lapangan penulis.
10. Bapak Riki Hermawan selaku Surveyor PT. Cipta Bersama Sukses yang telah membimbing serta mendedikasikan ilmunya sehingga penulis mendapat ilmu lapangan maupun teoritis yang sangat banyak dan tidak ternilai.
11. Seluruh karyawan PT. Cipta Bersama Sukses yang telah berkenan membagi ilmunya kepada penulis.
12. Seluruh rekan-rekan yang telah memberikan semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan, karena itu penulis mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang dapat membangun dari seluruh pihak demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat terutama untuk penulis sendiri, perusahaan dan bagi yang membaca.

Padang, Maret 2023

Ravilqi Medri

18137003/2018

DAFTAR ISI

	Halaman
BIODATA	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Deskripsi Perusahaan	7
1. Deskripsi Perusahaan	7
2. Lokasi dan Kesampaian Daerah	7
3. Keadaan Geologi dan Litologi.....	8
4. Kualitas Batubara.....	10
B. Teori Dasar	11
1. Optimalisasi <i>Pit</i>	11
2. Perencanaan Tambang	11
3. <i>Design</i> Tambang	13
4. Parameter <i>Design</i> Tambang	14
5. Penjadwalan Tambang (<i>Mine Scheduling</i>).....	22
C. Penelitian Relevan.....	29
D. Kerangka Konseptual.....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	40

A. Jenis Penelitian	40
B. Tahapan Penelitian	40
1. Studi Literatur.....	40
2. Persiapan Data	40
3. Teknik Analisa Data	42
4. Instrumen Penelitian	43
C. Waktu dan Tempat Penelitian	44
1. Waktu Penelitian.....	44
2. Tempat Penelitian	44
D. Diagram Alir Penelitian.....	45
BAB IV HASIL PENELITIAN	46
A. Hasil Penelitian	46
1. Desain Optimalisasi	46
2. Volume Batubara dan <i>Overburden</i> Tertambang	53
3. <i>Sequence</i> September dan Oktober 2022.....	54
4. Penjadwalan Produksi.....	57
B. Pembahasan....	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Longsoran <i>Seam 5</i> Tanggal 8 Agustus 2022	2
Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah Penelitian.....	8
Gambar 3. Bagian Bagian Bench	17
Gambar 4. Lebar Jalan Angkut Kondisi Jalan Lurus	20
Gambar 5. Lebar Jalan Angkut Kondisi Jalan Menikung/Berbelok	21
Gambar 6. Kerangka Konseptual	39
Gambar 7. Peta <i>Pit</i> Design Bulan Agustus 2022 Sebelum Optimalisasi	46
Gambar 8. Peta Situasi 8 Agustus 2022 <i>Pit</i> Granit Extend	48
Gambar 9. Peta LOM PT. Cipta Bersama Sukses Tahun 2022	49
Gambar 10. Peta Desain Optimalisasi Bulan Agustus 2022.....	53
Gambar 11. Peta <i>Sequence</i> Bulan September 2022	54
Gambar 12. Peta <i>Sequence</i> Bulan Oktober 2022	55
Gambar 13. Peta Section	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai Ringkasan Uji Kualitas Batubara PT. BSPC	10
Tabel 2. Koordinat Situasi PT. Cipta Bersama Sukses	47
Tabel 3. Rekomendasi Geoteknik	50
Tabel 4. <i>Cycle time</i> Alat Gali Muat	57
Tabel 5. <i>Cycle time</i> Alat Angkut.....	57
Tabel 6. Target Produksi bulan Agustus 2022.....	67
Tabel 7. Penggunaan Alat.....	67
Tabel 8. Rencana Kerja di <i>Pit</i> Granit Extend <i>Seam</i> 6 Bulan Agustus 2022.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Peta Geologi PT. Bhumi Sriwijaya Perdana *Coal*
- Lampiran 2.** Peta Topografi PT. Bhumi Sriwijaya Perdana *Coal*
- Lampiran 3.** Peta Situasi *Pit* Granit Extend
- Lampiran 4.** Volume *Coaldan Overburden* Bulan Agustus
- Lampiran 5.** Volume *Coaldan Overburden* Bulan September
- Lampiran 6.** Volume *Coaldan Overburden* Bulan Oktober
- Lampiran 7.** Data *Cycle time Excavator* CAT330GC
- Lampiran 8.** Data *Cycle time* DT Hino 280JD
- Lampiran 9.** Data *Cycle time* DT Hino 260JD *Overburden*
- Lampiran 10.** Data *Cycle time Excavator* Hitachi ZX350H-5G *Coal getting*
- Lampiran 11.** Data *Cycle time* DT Hino 260JD *Coal getting*
- Lampiran 12.** Data *Cycle time Excavator* Hitachi ZX350H-5G
- Lampiran 13.** Data *Cycle time* DT Hino 260JD *Coal getting*
- Lampiran 14.** *Bucket fill factor*
- Lampiran 15.** *Swell factor*
- Lampiran 16.** Data Produksi *Coal getting* PT. CBS Tanggal 8 Agustus 2022
- Lampiran 17.** Data Produksi Pengupasan OB PT. CBS Tanggal 8 Agustus 2022
- Lampiran 18.** Data Hambatan Jam Kerja Bulan Agustus 2022
- Lampiran 19.** Kemampuan Produksi Perbulan PT. Cipta Bersama Sukses
- Lampiran 20.** Spesifikasi Alat ADT Volvo A40F
- Lampiran 21.** Spesifikasi Alat DT Hino FM 260JD
- Lampiran 22.** Spesifikasi Alat DT Hino FM 280JD
- Lampiran 23.** Spesifikasi Alat *Excavator* CAT 330GC
- Lampiran 24.** Spesifikasi Alat *Excavator* Hitachi ZX350H-5G

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Batubara merupakan bahan galian yang tidak dapat diperbaharui kembali. Dengan kata lain, industri penambangan batubara selalu berhadapan dengan keterbatasan. Keterbatasan yang dimaksudkan antara lain seperti batas penambangan, kualitas batubara, harga batubara serta keamanan saat dilaksanakannya penambangan dan keterjagaan lingkungan. Menanggapi segala keterbatasan tersebut, digunakanlah konsep optimalisasi *pit*.

Optimalisasi merupakan proses pencarian nilai terbaik atas suatu fungsi objektif pada suatu masalah hingga dihasilkan nilai optimal. Optimalisasi dapat digunakan untuk mencapai efektivitas dan efisiensi dari target yang diinginkan. Optimalisasi penambangan dalam kegiatannya tentu memerlukan rencana kegiatan yang mencakup desain penambangan, alat yang digunakan serta analisis biaya sehingga kegiatan dapat dilaksanakan sesuai dengan kaidah pertambangan yang baik.

PT. Cipta Bersama Sukses memiliki dua lokasi penambangan yaitu *Pit Granit* dan *Pit Granit Extend*. Pada *Pit Granit* sudah dilakukan kegiatan penambangan dan sudah mencapai final *pit* pada awal tahun 2021. Sedangkan pada *Pit Granit Extend* sedang dilakukan penambangan pada *Seam 5* dan *Seam 6*. Situasi *Pit Granit Extend* bulan Agustus 2022 (Lampiran 3).

Kondisi *Seam 5* yang berada di posisi highwall dengan SR 3,3 dan topografi terendah yaitu 3 mdpl maka dikhawatirkan pada musim hujan akan terdapat genangan pada *Seam 5*. Pada bulan Agustus dengan rata-rata jam

hujan yang cukup tinggi yaitu 1,805 jam perhari, diambil dari data jam hujan Agustus tahun 2020 sampai 2021, maka kegiatan *coal getting* diprioritaskan di area *Seam 5* dan area *seam 6* hanya dilakukan kegiatan *overburden removal*. Target penambangan pada bulan Agustus 2022 yaitu batubara sebesar 76.192,82 Mton, serta *overburden removal* di area *Seam 6* dengan besar volume 294.868 Bcm.

Pada tanggal 8 Agustus 2022 terjadi longsor di area *Seam 5* dikarenakan disposal (IPD Timur *Pit Granit*) yang *overload* atau tidak sesuai dengan kapasitas seharusnya yaitu 285.660 bcm, sehingga adanya tekanan yang terlalu besar yang menyebabkan longsor pada area *expose* batubara *Seam 5*. Karena kondisi ini, area *Seam 5* dianggap tidak aman serta tidak ekonomis untuk dilakukannya kegiatan penambangan, maka rencana penambangan sepenuhnya diarahkan ke area *Seam 6*.

Longsor di area *Seam 5* pada tanggal 8 Agustus 2022 dapat dilihat pada Gambar 1



(Sumber: Foto Udara PT. BSPC Tanggal 8 Agustus 2022)

Gambar 1. Longsoran *Seam 5* Tanggal 8 Agustus 2022

Ketercapaian produksi tanggal 8 Agustus 2022 yaitu sebesar 32.903 ton batubara dan 47.976 bcm *overburden* dimana volume tersebut belum mencapai target produksi untuk bulan Agustus 2022. Karena kondisi tersebut perlu dilaksanakan optimalisasi penambangan pada *Pit Granit Extend Seam 6* untuk memenuhi target penambangan batubara yang telah tersusun dalam rencana kerja dan anggaran perusahaan (RKAP) bulan Agustus 2022, selain itu diperlukannya perancangan *sequence* penambangan bulan September dan Oktober 2022 berdasarkan *design* optimalisasi bulan Agustus 2022 agar kegiatan produksi dapat berjalan secara efisien dan terencana, Atas dasar ini, penulis melaksanakan penelitian dengan judul **“Desain Optimalisasi dan Penjadwalan Produksi Penambangan Batubara Seam 6 Pada Pit Granit Extend PT. Cipta Bersama Sukses Desa Beji Mulyo Provinsi Sumatera Selatan”**.

B. Identifikasi Masalah

Adapun masalah yang dapat diidentifikasi dari latar belakang sebagai berikut:

1. Terjadinya longsor di area *Seam 5* yang mengakibatkan tertimbunnya *expose* batubara *Seam 5*.
2. Belum adanya desain pengoptimalan penambangan bulan Agustus 2022 pada *Seam 6 Pit Granit Extend PT. Cipta Bersama Sukses*.
3. Perlunya perancangan *sequence* penambangan bulan September dan Oktober 2022 berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus.

4. Perlunya penjadwalan produksi terhadap *design* optimalisasi bulan Agustus 2022 yang sudah direncanakan.

C. Batasan Masalah

Penulis memberi batasan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada *Pit* Granit Extend *Seam* 6 PT. Cipta Bersama Sukses
2. Penulis hanya mengkaji desain optimalisasi pada *Seam* 6 batubara.
3. Penulis mengkaji optimalisasi *Seam* 6 berdasarkan *stripping ratio* dengan metode elevasi batubara.
4. Penulis tidak mengkaji geoteknik lereng karena penulis mengikuti rekomendasi geoteknik lereng dari satuan kerja geoteknik.
5. Penulis hanya mengkaji penjadwalan produksi dari *design* optimalisasi bulan Agustus 2022 *Seam* 6 *Pit* Granit Extend PT. Cipta Bersama Sukses.
6. Penulis tidak mengkaji secara ekonomi dan lingkungan.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain optimalisasi penambangan bulan Agustus 2022 *Seam* 6 pada *Pit* Granit Extend PT. Cipta Bersama Sukses?
2. Berapa volume *overburden* dan batubara yang harus digali pada optimalisasi penambangan *Seam* 6 pada *Pit* Granit Extend PT. Cipta Bersama Sukses?
3. Bagaimana rancangan *sequence* pada bulan September dan Oktober 2022 berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus?

4. Bagaimana penjadwalan produksi penambangan batubara berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus 2022 *Seam 6* pada *Pit Granit Extend* PT. Cipta Bersama Sukses?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merencanakan desain optimalisasi penambangan bulan Agustus 2022 *Seam 6* pada *Pit Granit Extend* PT. Cipta Bersama Sukses.
2. Mengestimasi volume *overburden* dan batubara yang harus digali pada optimalisasi penambangan *Seam 6 Pit Granit Extend* PT. Cipta Bersama Sukses.
3. Merencanakan *sequence* penambangan pada bulan September dan Oktober 2022 berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus.
4. Merencanakan penjadwalan produksi penambangan batubara berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus 2022 *Seam 6* pada *Pit Granit Extend* PT. Cipta Bersama Sukses.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, merupakan wadah untuk pengaplikasian ilmu yang didapatkan di bangku perkuliahan dan sebagai bekal penulis untuk dunia kerja.
2. Bagi perusahaan, sebagai salah satu opsi optimalisasi penambangan batubara *Seam 6 Pit Granit Extend* PT. Cipta Bersama Sukses.

3. Bagi pembaca, sebagai referensi maupun untuk menambah ilmu pembaca khususnya pada bidang optimalisasi *pit*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Deskripsi Perusahaan

PT. Cipta Bersama Sukses merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang jasa pertambangan dan didirikan pada tahun 2009 di Manado–Sulawesi Utara yang beroperasi di bidang penyewaan transportasi ringan, alat berat dan *supply* umum operasional pertambangan di Indonesia.

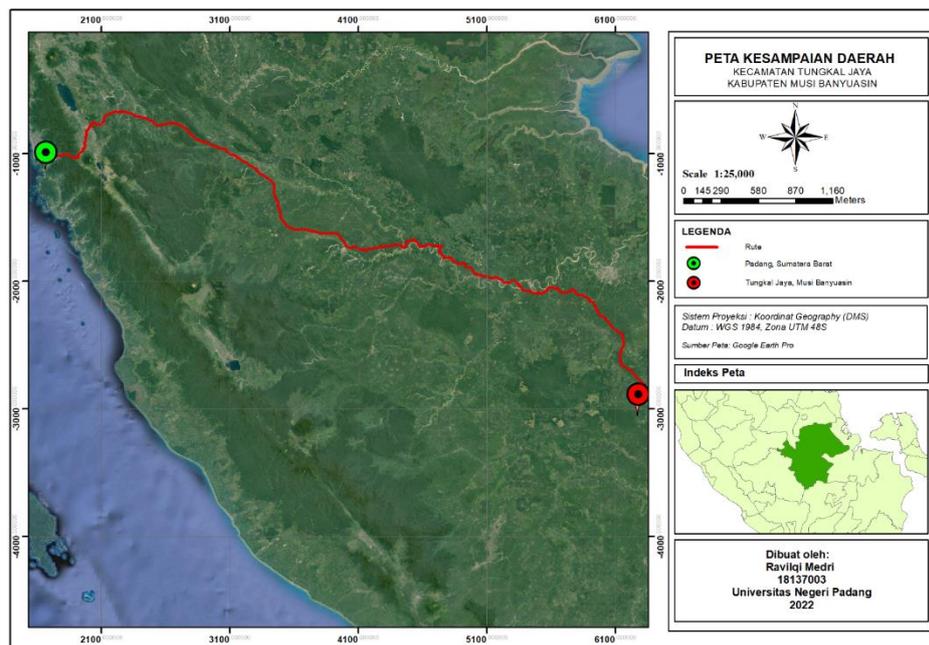
Pada bulan November tahun 2010, PT. Cipta Bersama Sukses mulai bergerak sebagai jasa pertambangan di PT. Baraventure Dwitama *Site* Tajur, Longikis Kalimantan Timur. Pada tahun 2018, PT. Cipta Bersama Sukses juga bergerak sebagai jasa pertambangan di PT. Bhumi Sriwijaya Perdana *Coalsite* Tungkal Jaya dan PT. Gorby Putra Utama *site* Musi Rawas, Sumatera Selatan sampai sekarang.

2. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Wilayah izin usaha pertambangan (IUP) PT. Bhumi Sriwijaya Perdana *Coalter* terletak pada posisi $103^{\circ} 52'30''$ BT– $103^{\circ}57'31''$ dan $2^{\circ}12'07''$ LS– $2^{\circ}11'30''$ LS. Lokasi PT. Bhumi Sriwijaya Perdana *Coalter* terletak di Desa Bero Jaya, Kecamatan Tungkal Jaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Secara administratif wilayah kegiatan penambangan batubara berada di Desa Beji Mulyo, Kecamatan Tungkal Jaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi penelitian dapat ditempuh dengan beberapa alternatif yaitu:

- a. Jalur darat, melalui Jl. Lintas Sumatera dan Jl. Muara Bungo-Jambi dengan jarak ± 620 km dapat ditempuh dalam waktu ± 15 jam 20 menit.
- b. Jalur udara, Padang-Jakarta-Palembang-Desa Bero jaya Timur dapat ditempuh dalam waktu 2 jam 50 menit.

Peta kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini:



(Sumber: Google Earth, 2022 <https://goo.gl/maps/nBAcRwwWodUTG6eS6>)

Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah Penelitian

3. Keadaan Geologi dan Litologi

a. Geologi

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari data pemboran dan *geophysical logging*, lokasi penyelidikan berada pada daerah yang struktur berupa antiklin dan sesar. Kemudian untuk perhitungan sumberdaya menggunakan kategori moderat. Secara umum kemiringan lapisan batuan dan batubara yaitu berkisar 6° - 10° , sedangkan arah umum jurus perlapisan batuan yang relatif Barat-Timur hingga Barat-

Laut Tenggara (PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal, 2011) (Lampiran 2 dan 3).

b. Litologi

Litologi berdasarkan geologi regional, daerah penyelidikan berada di tiga formasi yaitu Formasi Air Benakat (Tma) menempati 3% dan Formasi Muara Enim (Tmpm) menempati 94% serta Formasi Alluvium (Qh) menempati 3% dari daerah penyelidikan. Berdasarkan hasil pemboran dan hasil pemetaan permukaan, litologi yang terdapat di daerah penyelidikan secara rinci sebagai berikut (PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal, 2011):

- 1) *Topsoil*: warna abu-abu kecoklatan, sebagian lepas, berbutir halus sampai kasar, terpilah baik, porositas baik, ketebalan lapisan 0,2-1 meter.
- 2) Perulangan batupasir kuarsa: kuning kecoklatan, sebagian lepas, berbutir halus sampai sedang, terpilah dengan baik, porositas baik, padat, ketebalan lapisan hingga lebih dari lima meter.
- 3) Batulempung: warna abu-abu hingga abu-abu cerah, padat, dengan ketebalan lapisan hingga lebih dari empat meter.
- 4) Sisipan *shallycoal*: warna coklat hingga kehitaman, berlapis tipis, padat, karbonan, ketebalan lapisan antara 0,1-0,20 meter.
- 5) Batulempung karbonan: warna abu-abu kehitaman, karbonan, ketebalan lapisan antara 1-8 meter.

- 6) Sisipan batubara: warna hitam, konkoidal, kekerasan sedang, kusam dengan lapisan tipis mengkilap, sedikit resin, goresan coklat, ketebalan lapisan 1,7–4,7 meter. Perlapisan batubara di daerah penyelidikan menemukan jurus/arah antara N 260° E sampai N 290° E dengan kemiringan lapisan 6°-10°.

4. Kualitas Batubara

Ada beberapa parameter yang dianalisis untuk mengetahui kualitas batubara yaitu: *total moisture (TM)*, *total sulfur (TS)*, *calorie value (CV)* dan uji proximat. Hasil analisis tersebut dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan terkait pengetahuan global kualitas batubara yang ada di wilayah PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal.

Hasil evaluasi umum *Seam* di wilayah PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal yaitu sub-bituminus C dan lignit A hasil uji kualitas batubara di lokasi IUP PT. BSPC dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Ringkasan Uji Kualitas Batubara PT. BSPC

Hole	TM (% ar)	Proximate Analysis				TS (% adb)	CV (kcal/kg)	RD
		IM (% adb)	Ash (% adb)	VM (% adb)	FC (% adb)			
Min	40.93	11.89	1.51	33.56	28.18	0.25	2,516.7	1.30
Max	52.76	26.49	24.31	45.15	38.73	2.77	6.025	1.30

(Sumber: Arsip PT. BSPC, 2011)

B. Teori Dasar

1. Optimalisasi *Pit*

Optimalisasi merupakan proses pencarian nilai terbaik atas suatu fungsi objektif pada suatu masalah hingga dihasilkan nilai optimal. Optimalisasi dapat digunakan untuk mencapai efektivitas dan efisiensi dari target yang diinginkan.

Optimalisasi *pit* merupakan kegiatan menentukan bentuk *pit* yang paling mungkin memperoleh total nilai terbesar dengan memperhatikan kondisi yang aman dan efisien. Optimalisasi *pit* sangat penting untuk membantu mengidentifikasi sumber daya yang paling optimum dan batas tambang guna memperoleh tingkat pengembalian (*revenue*) maksimum (Salpia, 2018).

2. Perencanaan Tambang

Perencanaan tambang (*mine planning*) merupakan proses dalam kegiatan penambangan untuk menentukan teknis pelaksanaan demi tercapainya tujuan dan sasaran tertentu dalam kegiatan pertambangan (Prinandi, 2015).

Perencanaan tambang merupakan suatu proses untuk mengkonversikan sumber daya batubara menjadi cadangan yang dapat ditambang secara ekonomis. Perencanaan tambang menjadi tahapan yang penting dalam studi kelayakan dan rencana operasi penambangan.

Berdasarkan waktunya, perencanaan tambang terdiri menjadi tiga kelompok, yaitu (Barber. J & P Hanna, 2000):

- a. Perencanaan jangka panjang (*long term planning*) yaitu suatu perencanaan kegiatan yang jangka waktunya lebih dari lima tahun atau sampai akhir umur tambang.
- b. Perencanaan jangka menengah (*medium term planning*) yaitu pengembangan dari perencanaan jangka panjang yang lebih detail untuk jangka waktu yang lebih pendek, biasanya perencanaan untuk jangka waktu 1-5 tahun.
- c. Perencanaan jangka pendek (*short term planning*) yaitu perencanaan aktivitas untuk jangka waktu kurang dari satu tahun demi kelancaran perencanaan jangka menengah dan jangka panjang.

Rencana jangka panjang adalah menetapkan area yang akan ditambang selama umur tambang dan membaginya kedalam urutan tahapan penambangan (*sequence*). Rencana jangka panjang harus bisa menjadi dasar dalam perencanaan jangka menengah dan jangka pendek yang lebih terperinci. Rencana jangka menengah merupakan rencana tahunan yang memberikan rincian mengenai pengupasan batubara dan *overburden* serta peralatan yang dibutuhkan. Rencana jangka pendek merupakan rencana bulanan yang sangat terperinci dan terfokus pada kegiatan penambangan yang sedang sedang berlangsung.

Tiga aspek penting dalam perencanaan tambang adalah penentuan batas penambangan, tahapan penambangan, dan penjadwalan produksi. Hasil yang diperoleh adalah jumlah cadangan serta distribusi ton batubara yang akan direncanakan, besar produksi dan tahapan penambangannya.

Tingkat produksi yang direncanakan akan menentukan jumlah peralatan dan tenaga kerja yang dibutuhkan.

3. *Design Tambang*

Perencanaan (*planning*) adalah penentuan persyaratan teknik untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan yang sangat penting serta urutan teknis pelaksanaannya. Oleh sebab itu perencanaan merupakan gagasan pada saat awal kegiatan untuk menetapkan apa dan mengapa harus dikerjakan, oleh siapa, kapan, di mana dan bagaimana melaksanakannya. Rancangan (*design*) adalah penentuan persyaratan, spesifikasi dan kriteria teknik yang rinci dan pasti untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan serta urutan teknis pelaksanaannya. Di Industri pertambangan juga dikenal rancangan tambang (*mine design*) yang mencakup pula kegiatan-kegiatan seperti yang ada pada perencanaan tambang, tetapi semua data dan informasinya sudah rinci. Secara umum, ada dua tingkat rancangan (Howard L Hartman, Jan M Mutmansky, 1987):

a. Rancangan konsep (*Conceptual Design*)

Suatu rancangan yang dibuat dengan analisis dan perhitungan secara garis besar yang nantinya dapat dikembangkan sesuai dengan keadaan di lapangan.

b. Rancangan Rekayasa (*Engineering Design*)

Merupakan rancangan lanjutan dari konsep yang disusun dengan rinci berdasarkan data hasil penelitian yang dilengkapi dengan hasil pemeriksaan lapangan. Rancangan rekayasa (rekacipta) dipakai

sebagai dasar acuan atau pegangan dari pelaksanaan kegiatan sebenarnya dilapangan yang meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan penambanga, penjadwalan produksi dan material buangan (*waste*). Rancangan rekayasa tersebut biasanya juga diperjelas menjadi rancangan tahunan, bulanan, mingguan, dan harian.

Dalam dunia pertambangan, rancangan konsep biasanya digunakan untuk perhitungan teknis hingga tahap studi kelayakan. Sedangkan rancangan rekayasa digunakan sebagai acuan pelaksanaan kegiatan di lapangan meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan penambangan, penjadwalan dan material *waste*. (Prinandi, 2015)

4. Parameter *Design* Tambang

Perencanaan tambang mengacu pada parameter desain diantaranya:

a. *Stripping ratio*

Nisbah pengupasan atau *stripping ratio* adalah perbandingan antara volume lapisan tanah penutup yang akan digali dengan jumlah tonase batubara yang akan diambil. *Stripping ratio* dapat menentukan pada elevasi berapakah nisbah pengupasan yang paling menguntungkan untuk ditambang dengan cara tambang terbuka (Putra & Yulhendra, 2020).

Stripping ratio merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan ekonomis tidaknya pengambilan suatu cadangan batubara. Semakin besar nilai *stripping ratio*, berarti semakin banyak *overburden*

yang harus digali untuk mengambil batubara, sehingga *cost* atau biaya yang diperlukan juga semakin besar.

b. Geoteknik Tambang

1) Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das, 1985). Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia, antara lain: galian dan timbunan untuk membuat bendungan, tanggul dan kanal sungai serta dinding tambang terbuka. Pada sebuah galian tambang terdiri dari tiga bagian yaitu: *high wall*, *low wall*, dan *side wall*.

a) *High Wall*

High wall adalah permukaan kerja tambang terbuka yaitu khususnya tambang batubara terbuka, permukaan atau lereng di bagian yang lebih tinggi dari suatu kontur tambang terbuka. Dapat juga diartikan sebagai sisi bukaan tanah/batuan, sisi tanah buangan arah tegak lurus terhadap sisi buangan dan arah kemajuan tambang (*high wall*).

b) *Low Wall*

Low wall adalah sisi bukaan tanah penutup batubara atau bahan galian tambang lainnya pada tambang terbuka. *Low wall*

dapat ditentukan (searah) berdasarkan *bedding dip* suatu permukaan tanah.

c) *Side Wall*

Side wall adalah dinding pada area sisi samping suatu lubang bukaan tambang. Umumnya *side wall* tegak lurus terhadap *low wall* dan *high wall* pada area *pit*.

2) Kestabilan Lereng

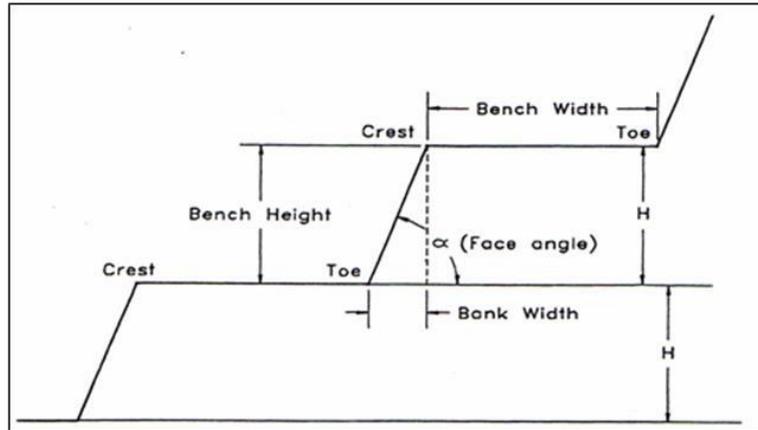
Dalam operasi penambangan, masalah kestabilan lereng akan ditemukan pada penggalian tambang terbuka (*open pit* dan *open cut*), tempat penimbunan material buangan (*tailing disposal*), penimbunan batubara (*stockrom*), bendungan, infrastruktur lainnya seperti jalan, pondasi jembatan, lereng di sekitar fasilitas seperti perumahan (Suyartono, 2003)

Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor.

3) Geometri Jenjang

Cadangan batubara yang akan ditambang menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek meliputi ukuran, bentuk endapan batubara, orientasi dan faktor kedalaman dari permukaan dari cadangan batubara tersebut.

Pada penambangan menggunakan sistem tambang terbuka tahapan yang dilakukan dalam perencanaan desain *pit* tambang terdapat beberapa pertimbangan geometri yang harus diperhatikan yaitu geometri jenjang (*bench*).



Sumber: *Open Pit Mine Planning & Design*, W. Hustrulid, M. Kuchta and R. Martin (2013:292)

Gambar 3. Bagian Bagian *Bench*

Komponen komponen dasar pada *open pit* adalah jenjang, bagian bagian jenjang adalah sebagai berikut:

a) *Crest* dan *Toe*

Crest dan *toe* merupakan salah satu komponen geometri jenjang dalam pembuatan desain *pit* penambangan. *Crest* adalah titik tertinggi pada suatu jenjang/penampang suatu antiklin yang merupakan titik singgung dengan garis horizontal. Sedangkan *toe* adalah batas bagian bawah/kaki/dasar suatu jenjang (Hustrulid & Kuchta, 2013).

b) Jenjang Kerja

Permukaan jenjang yang tersingkap paling bawah disebut dasar jenjang (*catch bench*), lebarnya adalah jarak antara *crest* dan *toe* yang diukur sepanjang permukaan jenjang bagian atas. Jenjang kerja merupakan suatu jenjang dimana dilakukannya proses penambangan. Lebar yang digali dari jenjang kerja disebut *cut* (Hustrulid & Kuchta, 2013).

c) Jenjang Penangkap (*Catch Bench*)

Pengembangan jenjang penangkap (*catch bench*) di lereng tambang diperlukan di daerah daerah yang rawan terjadi *failure* (runtuhan), jika dirancang dengan benar, dapat mencegah terjadinya runtuh dari bagian atas lereng *pit* ke wilayah kerja tempat peralatan berada. (Darling, 2011).

Dalam kajian geoteknik untuk perencanaan tambang, terdapat beberapa geometri rancangan yang harus sesuai rekomendasi geoteknik yaitu:

a) Tinggi Jenjang

b) Kemiringan jenjang tergantung dari kandungan air material.

Material kering biasanya memungkinkan kemiringan jenjang lebih besar, umumnya tinggi jenjang berkisar antara 12-15 m (Hustrulid & Kuchta, 2013).

c) Lebar *bench* disesuaikan dengan *ultimate slope* dan *single slope* pada ketinggian yang ditentukan. Namun jika *pit* semakin

dalam, maka lebar jenjang juga semakin lebar. *Bench* dapat pula merefleksikan ukuran *ore* deposit (Indonesianto, 2013:VII-3).

d) Tinggi Lereng keseluruhan (*overall bench high*) merupakan tinggi total dari jenjang dari permukaan topografi sampai kedalaman terbawah dari desain *pit*.

e) Kemiringan lereng keseluruhan (*overall slope*) merupakan sudut total dari jenjang sampai kedalaman terbawah dari desain tambang.

c. RAMP (*Road Access Mining Road*)

Jalan yang digunakan di dalam daerah *pit* penambangan sesuai dengan kemajuan tambang. RAMP ini dapat berupa jalan yang melingkar ke atas melalui dinding *pit* (Indonesianto, 2013:VII-4).

1) Lebar RAMP

a) Lebar Jalan Lurus

Lebar RAMP didesain berdasarkan perhitungan geometri jalan menurut AASHTO pada persamaan berikut ini:

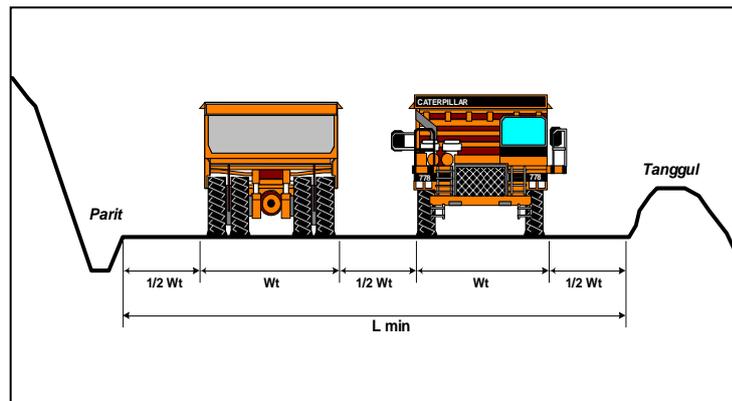
$$L_{min} = n \times W_t + (n+1) \times (1/2 \times W_t) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

L_{min} = Lebar minimum jalan tambang (RAMP) (m)

n = Jumlah jalur operasi

W_t = Lebar *dump truck*



(Sumber:Awang Suwandi (2004:2)

Gambar 4. Lebar Jalan Angkut Kondisi Jalan Lurus

b) Jalan Menikung/Berbelok

Menurut Awang Suwandi (2004) untuk jalan angkut pada tikungan umumnya lebih lebar dari jalan lurus maka diperlukan pertimbangan saat menentukan lebar jalan angkut minimum pada tikungan, diantaranya adalah lebar jarak ban, lebar *overhang hauler* bagian depan serta belakang pada saat manuver belokan, jarak antar *hauler* saat bersimpangan, jarak dari kedua sisi jalan.

Penentuan lebar jalan angkut saat unit berbelok berbeda dengan kondisi jalan lurus, karena lebar jalan pada kondisi menikung bergantung pada radius tikungan, sudut kelengkungan serta kecepatan. Rencana pelebaran jalan ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_{min} = 2(U+Fa+Fb+Z) + C \dots\dots\dots (2)$$

$$Z = (U+Fa+Fb)/2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

W : Lebar jalan pada belokan (m)

N : Banyak lajur

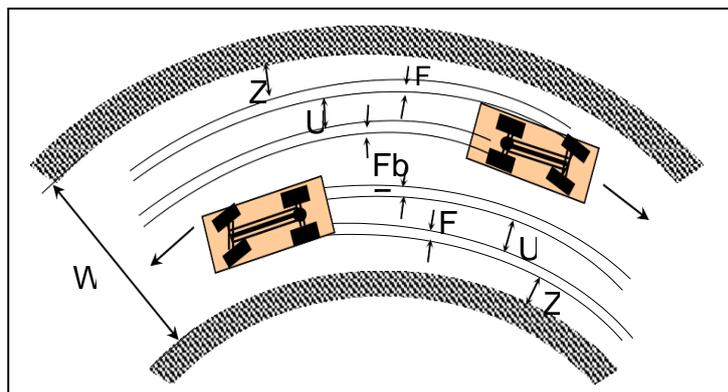
F_a : Lebar jantai depan (m).

F_b : Lebar jantai belakang (m).

U : Lebar jejak roda (m).

C : Jarak antara 2 roda yang bersimpangan (m).

Z : Jarak sisi luar unit ke tepi jalan (m).



(Sumber: Awang Suwandhi, 2004)

Gambar 5. Lebar Jalan Angkut Kondisi Jalan Menikung/Berbelok

- 2) Kemiringan RAMP (*grade*): Jalan angkut dirancang pada jenjang dasar kemudian mengikuti naiknya jenjang ke arah permukaan dengan *gradient* (kemiringan) berkisar 8-12% sesuai dengan kajian geoteknik (Indonesianto, 2013:VII-4).
- 3) Kemiringan jalan pada tikungan (*superelevasi*): kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Pada keadaan kering, nilai superelevasi maksimal 90 mm/m sedangkan

kondisi jalan berlumpur atau licin nilai superelevasi maksimalnya 60 mm/m.

Desain dari jalan angkut harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Ongkos minimum untuk transportasi bahan galian beserta material buangan selama umur tambang.
- 2) Kriteria–kriteria persimpangan dan meminimalkan pembuatan persimpangan.
- 3) Menghindari tempat kemungkinan terjadinya masalah longoran.
- 4) Jalan yang berumur panjang lebih baik dari jalan yang berumur pendek.

5. Penjadwalan Tambang (*Mine Scheduling*)

Penjadwalan tambang bertujuan untuk merencanakan kegiatan peambangan berdasarkan target tonase yang sudah direncanakan berdasarkan *striping ratio* yang ekonomis untuk ditambang. Bentuk *design scheduling* dari suatu periode merupakan hasil *intersect* antara *master scheduling* dengan topografi dan *master pit design*.

a. *Sequence* atau *Pushback*

Perancangan *pushback* yaitu merancang penjadwalan dalam *pit* yang membagi keseluruhan *pit* menjadi bagian- bagian yang lebih kecil sesuai batasan waktu operasional. Tujuan pembuatan *sequence* adalah untuk membagi volume keseluruhan dari bahan galian yang ada pada *pit limit* menjadi unit unit perencanaan yang lebih kecil dan detail agar lebih mudah ditangani. Geometri *sequence* ditentukan berdasarkan pada

faktor geometri endapan, target finansial, peralatan penambangan, target produksi, dan rancangan penambangan jangka panjang. Metode *sequence* terbagi atas secara konvensional atau sekuensial (McCarter, 1992).

Metode *sequence* sekuensial yaitu metode yang dilakukan secara menerus secara bersamaan pada beberapa elevasi. Sedangkan metode *sequence* konvensional menambang suatu luasan horizontal hingga level *sequence* tertentu sebelum melanjutkan ke elevasi berikutnya.

b. Penjadwalan Produksi

Perhitungan produksi batubara dan *waste* material yang dilakukan mengikuti *sequence* sampai mendapatkan produksi batubara baik secara tonase maupun kualitas.

Menurut Indonesianto (2014, II-6) untuk memperoleh produksi (*output*) tertentu harus diperhatikan siklus produksi pada pemindahan tanah mekanis. Siklus produksi dapat meliputi:

1) Pemuatan (*Loading*)

Merupakan proses pemuatan hasil galian oleh alat muat-*loading equipment* yang dimuatkan pada alat angkut (*Hauling equipment*). Ukuran dan *type* dari alat muat yang digunakan harus sesuai dengan kondisi lapangan dan alat angkut yang digunakan. Hal yang berpengaruh terhadap produksi alat muat adalah:

- a) Jenis/tipe dan kondisi alat muat (termasuk kapasitasnya)
- b) Jenis/macam material yang akan dikerjakan

- c) Kapasitas dari alat angkut
- d) Pola muat
- e) *Skill* dan operator.

2) Pengangkutan (*Hauling*)

Merupakan pekerjaan pengangkutan material, faktor yang mempengaruhi kegiatan pengangkutan material adalah:

- a) Kondisi jalan angkut
- b) Banyak atau tidaknya tanjakan
- c) Kemampuan pengemudi
- d) Dan hal hal lain yang mempengaruhi kecepatan dari alat angkut.

3) Penimbunan (*Dumping*)

Kegiatan penimbunan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- a) Kondisi tempat timbunan
- b) Mudah atau tidaknya *manuver* alat angkut tersebut
- c) Cara melakukan penimbunan
- d) Kondisi material yang akan ditumpahkan.

4) Kembali (*Return*)

Merupakan kegiatan dari alat angkut untuk kembali ke tempat pemuatan setelah menumpahkan muatan di area dumping. Waktu kembali dipengaruhi oleh hal hal yang sama dengan waktu pengangkutan.

5) Penempatan (*Spot*)

Mudah atau tidaknya alat angkut pada kegiatan spot ditentukan oleh jenis alat muat dan lokasi atau posisi alat muat.

Ketika menentukan penjadwalan produksi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perhitungan produksi diantaranya yaitu:

1) Waktu Edar (*Cycle time*)

Waktu edar adalah jumlah waktu yang diperlukan oleh alat mekanis baik alat muat maupun alat angkut untuk melakukan satu siklus kegiatan produksi dari awal sampai akhir dan siap untuk memulai lagi (Prodjosumanto, 1996).

a) Waktu Edar Alat Gali Muat (*Cycle time Excavator*)

Waktu yang dibutuhkan alat gali-muat (*excavator*) untuk melakukan penggalian dan memuat material yang digali tersebut kedalam alat angkut *dump truck* sampai muatan *dump truck* tersebut penuh sesuai dengan kapasitasnya. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung waktu edar alat gali muat yaitu sebagai berikut (Nurhakim, 2004):

$$CT_m = Dgt + STL + DpT + SET \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

CT_m = Waktu edar alat gali muat (detik)

Dgt = Waktu penggalian (detik)

STL = Waktu ayun bermuatan (detik)

DpT = Waktu penumpahan material (detik)

SET = Waktu ayun kosong (detik)

b) Waktu Edar Alat Angkut (*Cycle time Dump truck*)

Waktu yang digunakan *dump truck* menyelesaikan satu siklus pengangkutan yang terdiri dari memuat material oleh alat gali-muat dan mengangkutnya ke lokasi pembuangan, membuang material tersebut serta kembali ke alat gali-muat untuk dimuat kembali. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung waktu edar alat angkut yaitu sebagai berikut (Nurhakim, 2004):

$$CTa = LT+HLT+SDT+DT+RT+SLM..... (5)$$

Keterangan:

Cta = Waktu edar alat angkut (detik)

LT = Waktu pemuatan material (detik)

HLT = Waktu angkut bermuatan (detik)

SDT = Waktu manuver sebelum tumpah (detik)

DT = Waktu menumpahkan material (detik)

RT = Waktu kembali tanpa muatan (detik)

SLM = Waktu manuver sebelum loading (detik)

2) Efisiensi Kerja (Ek)

Efisiensi kerja diperoleh dengan membandingkan waktu yang hanya digunakan untuk memproduksi batubara dengan rencana jam kerja (Nursidah, 2019). Efisiensi kerja dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Ek = \frac{\text{Effective Work Hours}}{\text{Available Work Hours}} \times 100\% (6)$$

3) Produktivitas

Produktivitas dapat digunakan untuk menilai kinerja dari alat mekanis yang digunakan. Produktivitas tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat mekanis. Semakin baik penggunaan alat mekanis maka semakin besar produksi yang dihasilkan alat tersebut (Nasuhi, 2017).

Produktivitas juga dipengaruhi oleh waktu waktu hambatan diantaranya yaitu, waktu *standby* (S) adalah waktu alat tidak dioperasikan padahal alat tersebut tidak rusak dan siap beroperasi. Waktu *repair* (R) adalah waktu perbaikan pada saat jam operasional berlangsung. Sedangkan waktu *working* (W) adalah waktu yang benar-benar digunakan alat untuk berproduksi sampai akhir operasi yaitu selisih jam kerja dengan jam kerja yang hilang (Dita A.I & Mulya Gusman, 2020).

a) Produktivitas Alat Gali Muat

Produktivitas alat gali muat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Prodjosumanto, 1996):

$$P_m = \frac{E \times I \times K_b}{CT_m} \times 3600 \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

P_m = Produktivitas alat gali muat (m^3 /jam)

K_b = Kapasitas *bucket* (m^3) \times Ff

Ff = *Fill Factor* (%)

I = *Swell factor* (%)

E = Efisiensi Kerja (%)

Ctm = *Cycle time* alat gali muat (detik)

b) Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini (Prodjosumanto, 1996):

$$Pa = \frac{E \times I \times Kd}{cta} \times 3600 \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

Pa = Produktivitas alat gali muat (m³/jam)

Kd = Kapasitas *bucket* (m³)

= Kb × n

Ff = *Fill Factor* (%)

n = Jumlah *bucket*

E = Efisiensi Kerja (%)

Cta = *Cycle time* alat angkut (menit)

4) Faktor Keserasian Kerja (*Match Factor*)

Secara perhitungan teoritis untuk mendapatkan nilai *match factor* yang ideal, nilai produksi alat gali-muat harus sama dengan produksi alat angkut. Sehingga nilai perbandingan produksi antara alat gali-muat dan alat angkut mempunyai nilai satu.

Nilai *Match factor* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Indonesianto, 2014):

$$MF = \frac{NT \times CL}{nL \times CT} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

MF = *Match Factor*

NT = Jumlah alat angkut dalam kombinasi kerja (unit)

nL = Jumlah alat gali-muat dalam kombinasi kerja (unit)

CL = Waktu edar alat gali muat (detik)

CT = Waktu edar alat angkut (detik)

Dari hasil perhitungan, maka akan diketahui:

- a) Faktor keserasian < 1 maka alat muat akan sering menunggu atau berhenti
- b) Faktor keserasian = 1 maka alat angkut dan alat muat serasi dan tidak ada waktu menunggu
- c) Faktor keserasian > 1 maka alat angkut akan sering menunggu.

Faktor kerja alat gali muat dan alat angkut akan mencapai 100% jika MF = 1, sedangkan bila MF < 1 maka faktor kerja alat angkut = 100% dan faktor kerja alat gali muat $< 100\%$ (alat *loading* menunggu alat angkut). Sebaliknya bila MF > 1 , maka faktor kerja alat muat = 100% dan faktor kerja alat angkut $< 100\%$ (alat *hauling* antri). Keserasian kerja antara alat muat dan alat angkut akan terjadi pada saat harga MF = 1, pada saat itu kemampuan alat muat akan sesuai dengan alat angkut (Nujum, 2017).

C. Penelitian Relevan

1. Penelitian ini dilakukan oleh Satrio Ramadhan, Silky Amanda dan Irwin Tisna Amidjaya tahun 2018 dengan judul "*Perhitungan Cadangan Dan*

Desain Pit Pada PT. Kaltim Prima CoalSangatta, Kabupaten Kutai Timur Kalimantan Timur”

Menurut Satrio Ramadhan, dkk dalam melakukan kegiatan penambangan PT. Kaltim Prima Coal memerlukan desain tambang sebagai acuan agar mencapai target yang diinginkan.

Perhitungan cadangan dan perancangan desain *pit* dilakukan menggunakan software AutoCAD 2008 dan mincom 4.118. Data yang dibutuhkan yaitu data survey topografi original dan data pemboran pada

Hasil perancangan dan pengolahan data didapatkan nilai *stripping ratio* (SR) yang diperoleh sebesar 1.47, Permodelan batubara dibatasi oleh daerah IUP PT. Kaltim Prima Coal. Batas penambangan dan desain *pit* berdasarkan pada rekomendasi dari perusahaan. Dari penelitian yang telah dilakukan yaitu estimasi sumberdaya untuk area rencana penambangan pada PT. Kaltim Prima Coal sebesar 11.643.110,04 ton, volume *overburden* untuk daerah rencana penambangan sebesar 16.116.389,99 BCM (Satrio Ramadhan Dkk, 2018).

2. Penelitian yang dilakukan oleh Kiki Gusmaningsih pada tahun 2018 dengan judul ***“Desain Pit Tambang Air Laya Barat Untuk Memenuhi Target Produksi Tahun 2018 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Sumatera Selatan”***

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, target produksi batubara di PT. Bukit Asam meningkat diakibatkan oleh meningkatnya

permintaan pasar sehingga dibutuhkan perancangan desain *pit*, penentuan target produksi, jumlah unit yang digunakan serta *profit* yang didapatkan.

Perancangan desain *pit* dilakukan menggunakan software Minescape. Berdasarkan pengolahan data didapatkan volume *overburden* 32.057.828 BCM dan batubara 5.609.644 ton, produksi dijadwalkan dari bulan Januari hingga Desember tahun 2018, desain ini mendapat keuntungan sebesar 6.020.835.616.822 rupiah (Gusmaningsih, 2018).

3. Penelitian ini dilakukan oleh Nabila Kansha pada tahun 2021 dengan judul ***“Desain Pit Penambangan Lapisan Batubara Seam C pada Pit X PT. Bukit Asam Tbk”***.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh permintaan pasar yang beragam sehingga dibutuhkan batubara dengan berbagai kualitas untuk kegiatan *blending*. Agar ketersediaan batubara tetap terjaga untuk memenuhi permintaan pasar PT. Bukit Asam Tbk melakukan konservasi cadangan batubara dengan melakukan optimasi cadangan tidak tertambang.

Penelitian ini dilakukan dengan metode *incremental pit* ekspansi dalam merancang *pit* penambangan lapisan batubara *Seam c* pada *pit x*, kemudian dilakukan perhitungan BESR untuk mendapatkan SR ekonomisnya.

Desain *pit* penambangan *Seam c* batubara pada *Pit 1* Utara Banko Barat dirancang dengan tinggi *bench* 8 m, lebar *bench* 10 m, lebar bottom *pit* 50 m, *bench angle* 45° dan sudut kemiringan lereng *lowwall* 18°. Desain dirancang dengan 2 *bench* pada sisi *high wall* dan 8 *bench* pada sisi

low wall. *Bottom pit* dan *bench* dirancang miring satu meter agar air dapat mengalir dengan otomatis. Desain *pit* dirancang dengan ketinggian 70 m dari elevasi +61 kontur struktur batubara hingga elevasi -9. Untuk mencegah terjadinya longsor sisi *low wall* desain dirancang miring 18° terhadap topografi.

Berdasarkan desain yang sudah dirancang volume batubara yang didapatkan yaitu sebesar 442.769, 68 ton dan volume *overburden* 1.295.556, 77 ton dengan *stripping ratio* 2,9. SR Ekonomis yang didapat sebesar 9,76 dengan BESR sebesar 15,7. Sehingga dapat disimpulkan desain *pit* penggalian *Seam C* batubara layak untuk dilaksanakan (Khansa & Yulhendra, 2021).

4. Penelitian yang dilakukan oleh Fadli, Sri Widodo dan Agus Ardianto Budiman pada tahun 2015 dengan judul ***“Desain Pit Penambangan Batubara Blok C Pada Pt. Intibuana Indah Selaras Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara”***. Bertujuan untuk mendapatkan desain *pit* yang ideal, metode yang digunakan yaitu penampang sayatan, penyebaran batubara, *overburden*, cadangan batubara, geometri *bench* dan *stripping ratio*.

Perancangan desain *pit* menggunakan Software AutoCAD 2012 menggunakan data geometri lereng (lebar *bench*, tinggi *bench*, kemiringan lereng dan endapan batubara)

Hasil dari penelitian ini yaitu luas bukaan *pit* 75,8763 Ha, dengan nilai *stripping ratio* 11 dan geometri lereng yang digunakan yaitu tinggi

bench 7 meter, lebar *bench* 3 – 4 meter dan kemiringan 65° . Dimana desain *pit* penambangan mencapai 2 m di atas permukaan laut (Fadli dkk, 2015).

5. Penelitian ini dilakukan oleh Wahono Rasid, Rr. Harminuke Eko Handayani dan Bochori ***“Perencanaan Teknis Desain Pit Pada Penambangan Batubara Di Pit III Jambi”***

Menurut penelitian ini perancangan desain *pit* 3 sangat diperlukan untuk melanjutkan kegiatan penambangan dikarenakan *pit* 2 akan mencapai *final pit*. Pengolahan data seperti, permodelan endapan batubara, Desain *pit*, dan perhitungan reserve menggunakan aplikasi minescape, kemudian dilakukan perhitungan produktivitas alat gali muat dan alat angkut untuk mendapatkan kebutuhan alat untuk mencapai target produksi.

Hasil yang didapatkan yaitu pemodelan batubara *Seam A* yang memiliki ketebalan antara 3,3–4,5 m, dan *Seam B* memiliki ketebalan antara 1,5–3,4 m yang cenderung menipis, dengan *dip* ± 50 ke arah barat laut dengan *strike* tegak terhadap *dip*.

Geometri lereng pada desain *pit* penambangan batubara di *pit* III yaitu tinggi *bench* 10 m, lebar *bench* 3 m, kemiringan *bench* 60° (*single slope*). Lebar minimum jalan lurus yaitu 8,715 m, dan tikungan dengan sudut 45° sebesar 12,88 m, kemiringan jalan (*grade*) maksimum 8 %, dan luas bukaan *pit* III ini sebesar 11 Ha dengan *stripping ratio* kuartal I 4,5, kuartal II 3,9, kuartal III 4,1 dan kuartal IV 3,7 dengan keseluruhan SR

sebesar 4, dimana *cutting overburden* sebesar 2.061.418 BCM untuk mendapatkan batubara sebesar 515.355 ton.

Kebutuhan alat gali-muat untuk kegiatan pengupasan *overburden* adalah *backhoe* Komatsu PC 400 dengan jumlah 3 Unit, dengan alat angkut kuartal I sampai kuartal III sebanyak 8 unit dan pada kuartal IV 9 unit *dump truck* Hino 500 FM 260 JD. Alat gali-muat yang dibutuhkan untuk kegiatan *coal getting* adalah *backhoe* Komatsu PC 300 sebanyak 1 unit, dengan alat angkut kuartal I 6 unit, kuartal II 7 unit, kuartal III 6 unit dan kuartal IV 8 unit *dump truck* Isuzu Giga FVZ (Wahono Rasyid dkk, 2019).

6. Penelitian yang dilakukan oleh Hendri Pranata pada tahun 2021 dengan judul ***“Rancangan Pelaksanaan Eksploitasi Nikel pada Blok X PT Paramitha Persada Tama Desa Boenaga Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara”*** yang dilatarbelakangi oleh memenuhi target produksi 40.000 ton/bulan dengan nilai *Cut Of Grade* (COG) 1.4% Ni. serta permintaan pasar sebesar 1.8% Ni, untuk memenuhi target produksi, memudahkan proses penambangan dan memaksimalkan bijih yang akan ditambang, maka diperlukan perhitungan dan perancangan desain *pit*.

Pengolahan data dengan cara merancang desain *pit* pada blok X di PT. Paramitha Persada Tama dengan mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomis agar perencanaan tambang menjadi lebih efisien.

Hasil penelitian berupa estimasi cadangan, Desain *pit limit block X* dan perencanaan tambang jangka panjang. Pada tahapan yang pertama mendapatkan jumlah cadangan sebesar 227.370 ton dan *overburden* sebesar 680,085 bcm. Pada tahap kedua mendapatkan jumlah cadangan sebesar 565.950 ton dan *overburden* sebesar 732,415 bcm dan pada tahap ketiga mendapatkan jumlah cadangan sebesar 50,655ton dengan volume *overburden* 110,000 bcm (Pranata & Yulhendra, 2021).

7. Penelitian ini dilakukan oleh Dita Aprilia Istiqamah pada tahun 2020 dengan judul ***“Kajian Teknis Optimasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Berdasarkan Efisiensi Biaya Operasional Di Pit Barat PT. Allied Indo CoalJaya Kota Sawahlunto”***.

Latar belakang dari penelitian ini adalah, seringkali terjadi waktu tunggu pada alat gali muat sehingga mengakibatkan ketidakserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut. Hal ini mengakibatkan tidak tercapainya target produksi *overburden* di *pit* Barat pada bulan juli 2019 yaitu 54.000 bcm sedangkan aktualnya sebesar 50.966,19 bcm

Dalam penelitian ini pengolahan data menggunakan metode *match factor*, untuk menghitung nilai keserasian antara alat gali muat dan alat angkut. Faktor keserasian dari peralatan pemuatan dan pengangkutan adalah 0,75.

Untuk mendapatkan *match factor* yang ideal, maka dilakukan optimalisasi waktu siklus pengangkutan dan penambahan jumlah

pengisian *bucket excavator* sehingga *match factor* mencapai 0,99. Sehingga total produksi *loading* adalah 54.552,38 bcm/bulan dan alat angkut sebesar 54.252,14 bcm/bulan.

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya biaya operasional alat muat dan angkut untuk pemindahan *overburden* sebelum dianalisis sebesar Rp. 193.317.429 atau Rp. 3.963/bcm. Setelah dilakukan analisa pengupasan *overburden* sesuai dengan target produksi yang direncanakan, biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 204.846.453 atau Rp. 3.755/bcm (Dita A.I & Mulya Gusman, 2020).

8. Penelitian ini dilakukan oleh C. Gideon, Nwafor dan O. Michelle pada tahun 2018 dengan judul ***“Open Pit Optimization Processes Of Okobo CoalMine - Strategies for Improving the Economics of Mining Projects with Special Utilization of Minex Optimizer Programme”***.

Latar belakang dari penelitian ini adalah adanya pengembangan model penambangan dalam optimasi *pit* mengakibatkan dibutuhkan desain rancangan dan penjadwalan alat yang sesuai.

Metode yang digunakan yaitu optimasi dan penjadwalan menggunakan Minex Open *Pit* Optimizer Program (MOPOP) agar menghasilkan penghematan biaya serta proses yang signifikan.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan Minex 6.0.5 dari Gemcom Software Australia Pty Ltd dengan desain terkait pada perimbangan ekonomis, geologis dan *stripping ratio* atau batas *pit* optimum. Pengoptimalan ini sangat bagus untuk meningkatkan

pengembalian modal dalam jumlah besar modal yang diinvestasikan pada perusahaan. Daerah tambang yang ekonomis dipilih melalui proses optimasi berdasarkan kualitas dan SR (Nwafor, 2018).

9. Penelitian ini dilakukan oleh D. M. Akisa and D. Mireku-Gyimah dengan judul ***“Application of Surpac and Whittle Software in Open Pit Optimisation and Design”***

Pengoptimalan dan desain open *pit* sangat sulit dilakukan sehingga hampir tidak mungkin untuk melakukannya secara manual. Ada perangkat lunak komputer seperti Datamine, Minemap, Minesched, Surpac dan Whittle yang membantu insinyur pertambangan untuk melakukan pengoptimalan dan desain *pit*. Dalam penelitian ini, perangkat lunak Surpac dan Whittle digunakan karena ketersediaannya dan juga diterima secara luas di industri pertambangan. Kedua perangkat lunak tersebut didorong oleh menu dan digabungkan sebagai alat untuk pengoptimalan dan desain *pit*.

Perangkat lunak Surpac dan Whittle digunakan untuk pengoptimalan dan desain *pit* dalam pekerjaan ini. Data eksplorasi dari Mpeasem Gold Mining Project (MGMP) digunakan sebagai input data utama untuk menunjukkan bagaimana perangkat lunak Surpac dan Whittle diterapkan dalam pengoptimalan dan desain *pit*.

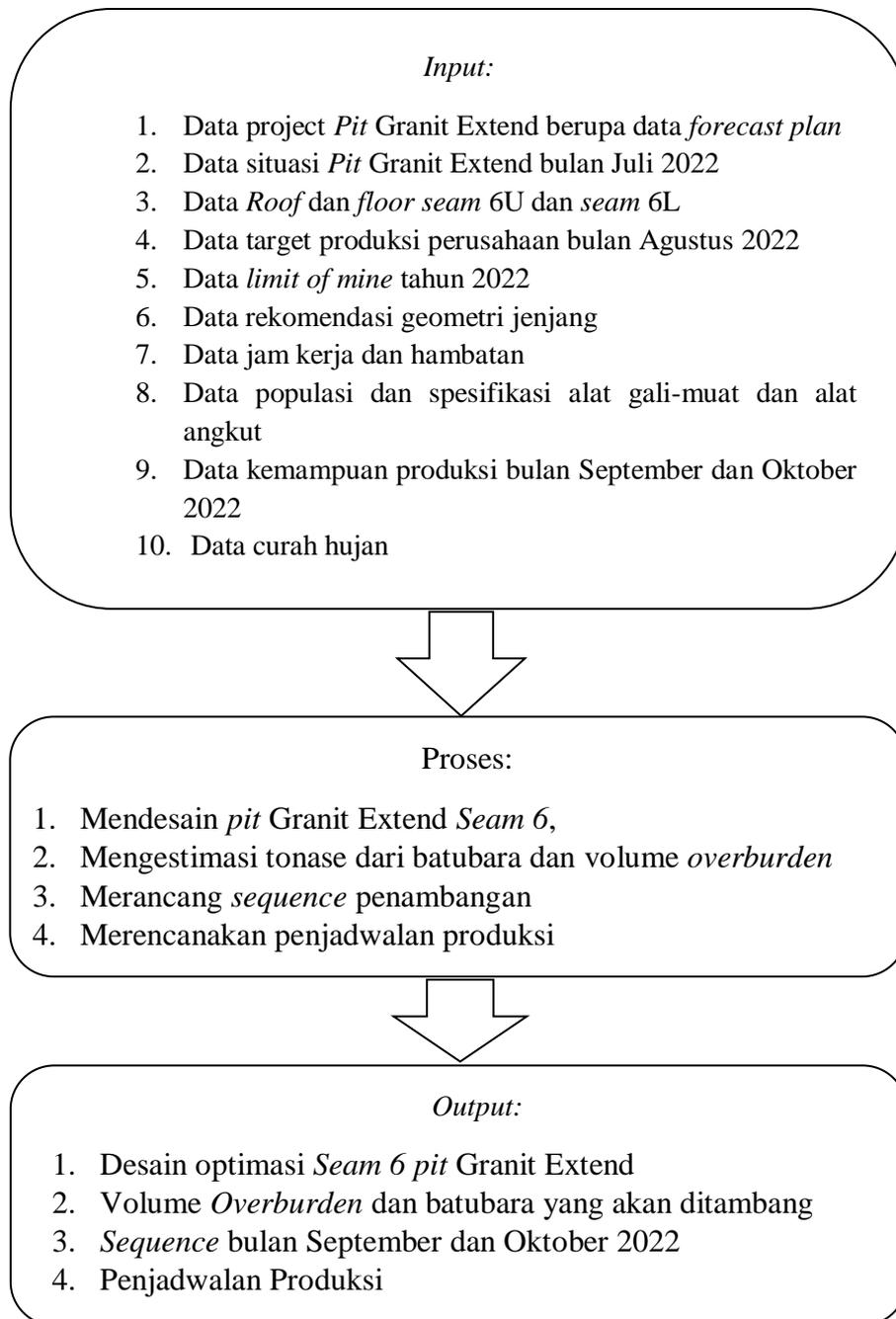
Grade model block diperkirakan menggunakan metode Inverse Distance Weighting (IDW), memberikan nilai rata-rata 1,533 g/t dengan 22,79 Mt bijih. Selama pengoptimalan, total 82 garis besar lubang optimal

dihasilkan menggunakan algoritma 3D Lerchs-Grossmann. Dari lubang optimal, lubang terperinci yang dirancang dengan RAMP melingkar dipilih daripada lubang dengan RAMP all-cut karena memiliki pendapatan yang diharapkan lebih tinggi dan rasio pengupasan yang lebih rendah. Disimpulkan bahwa perangkat lunak Surpac dan Whittle bergabung sebagai alat yang ampuh untuk merancang lubang yang optimal (Akissa & Gyimah, Mireku, 2012) .

10. Penelitian ini dilakukan oleh V V Mikhailchenko and Yu T Rubanik dengan judul *“Adaptive optimization as a design and management methodology for coal-mining enterprise in uncertain and volatile market environment - the conceptual framework”*. Penelitian ini dilakukan karena adanya ketidakpastian lingkungan pasar batubara global membuat perusahaan selalu membutuhkan efisiensi dan optimasi dalam penambangan. Perlu dilaksanakannya revisi terhadap metode desain sistem produksi dan organisasi. Penelitian ini menggunakan teori sistem adaptif dan matematika optimasi

Hasil yang didapatkan yaitu transisi menuju optimasi adaptif sebagai metodologi dasar dalam merancang dan mengelola tambang terbuka memberi peluang untuk memperoleh keuntungan di tengah ketidakpastian ekonomi dan memungkinkan perusahaan untuk mencapai produktivitas dan efisiensi produksi (Mikhailchenko & Rubanik, 2016).

D. Kerangka Konseptual



Gambar 6. Kerangka Konseptual

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metodologi penelitian terapan (*Applied Research*). Menurut Yusuf (2005), penelitian terapan adalah penelitian yang lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk dan dalam masyarakat, ataupun untuk keperluan tertentu (industri, usaha dan lain lain). penelitian ini tergolong kedalam penelitian kuantitatif, penelitian terapan ini merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian- penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini.

B. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu studi literatur yang bertujuan untuk mempelajari teori yang berkaitan dengan topik penelitian melalui beberapa sumber seperti jurnal, buku serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan desain tambang dan penjadwalan produksi, laporan perusahaan serta artikel yang berkaitan dengan topik penelitian

2. Persiapan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder diantaranya sebagai berikut:

a) Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan. Data primer yang digunakan pada penelitian ini berupa data *cycle time* atau waktu edar alat gali-muat dan alat angkut, yang berfungsi untuk menghitung produktivitas alat di lokasi penelitian

b) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung di lapangan, contohnya data yang berupa arsip perusahaan dan lain lain. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Data project *Pit Granit Extend* berupa data forecast plan
- 2) Data situasi *Pit Granit Extend* tanggal 8 Agustus 2022
- 3) Data *Roof* dan *floor seam* 6U dan *seam* 6L
- 4) Data target produksi perusahaan bulan Agustus
- 5) Data *limit of mine* tahun 2022
- 6) Data rekomendasi geometri jenjang
- 7) Data jam kerja dan hambatan
- 8) Data populasi dan spesifikasi alat gali-muat dan alat angkut
- 9) Data kemampuan produksi bulan September dan Oktober 2022
- 10) Data curah hujan

3. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data bertujuan untuk mengubah data menjadi suatu informasi yang berguna dalam penyelesaian topik penelitian. Teknik analisa data pada penelitian ini yaitu:

a) Perancangan desain *pit* dan RAMP

Perancangan *Design Pit* dilakukan dengan membagi *pit* menjadi bentuk yang lebih detail sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 76.195,82 MT untuk batubara dan sebesar 294.868,4 BCM untuk *Overburden*. Perancangan desain *Pit* dilakukan untuk rencana penambangan bulan Agustus 2022.

Selanjutnya perancangan desain *sequence* penambangan bulan September dan Oktober 2022 berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus agar kegiatan produksi dapat berjalan dengan efisien dan terencana. Perancangan *sequence* dilakukan berdasarkan data kemampuan produksi bulan September dan Oktober 2022.

Sedangkan untuk perancangan RAMP dilakukan perhitungan lebar minimum jalan angkut berdasarkan unit terbesar yang akan melewati jalan tersebut.

b) Perhitungan volume desain *pit*

Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui apakah desain yang dirancang sesuai dengan target produksi pada *forecast plan*. Perhitungan volume dilakukan menggunakan *software* pertambangan menggunakan *database* berupa data *block model*.

c) Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi dilakukan dengan menghitung produktivitas alat angkut dan alat gali muat dilanjutkan dengan pemilihan alat, kapasitas produksi yang dicocokkan dengan target produksi perusahaan, selanjutnya melakukan penentuan jumlah *fleet* dan alat angkut dalam masing masing *fleet* untuk mencapai target produksi perusahaan.

4. Instrumen Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan sebagai berikut:

a) Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan untuk melakukan pengolahan data yaitu *laptop*.

b) Perangkat lunak yang digunakan sebagai berikut:

1) *Software* Pertambangan

Merupakan *software* perancangan tambang yang digunakan untuk merencanakan kegiatan penambangan yang dapat menghasilkan permodelan geologi.

2) *Software* GIS

Merupakan GIS yang digunakan untuk pembuatan peta, digitasi area dan layout peta untuk kegiatan penambangan agar peta lebih mudah dipahami.

3) Microsoft Excel

Microsoft Excel digunakan dalam perhitungan produktivitas dilanjutkan dengan pemilihan alat, kapasitas produksi yang dicocokkan dengan target produksi perusahaan.

C. Waktu dan Tempat Penelitian

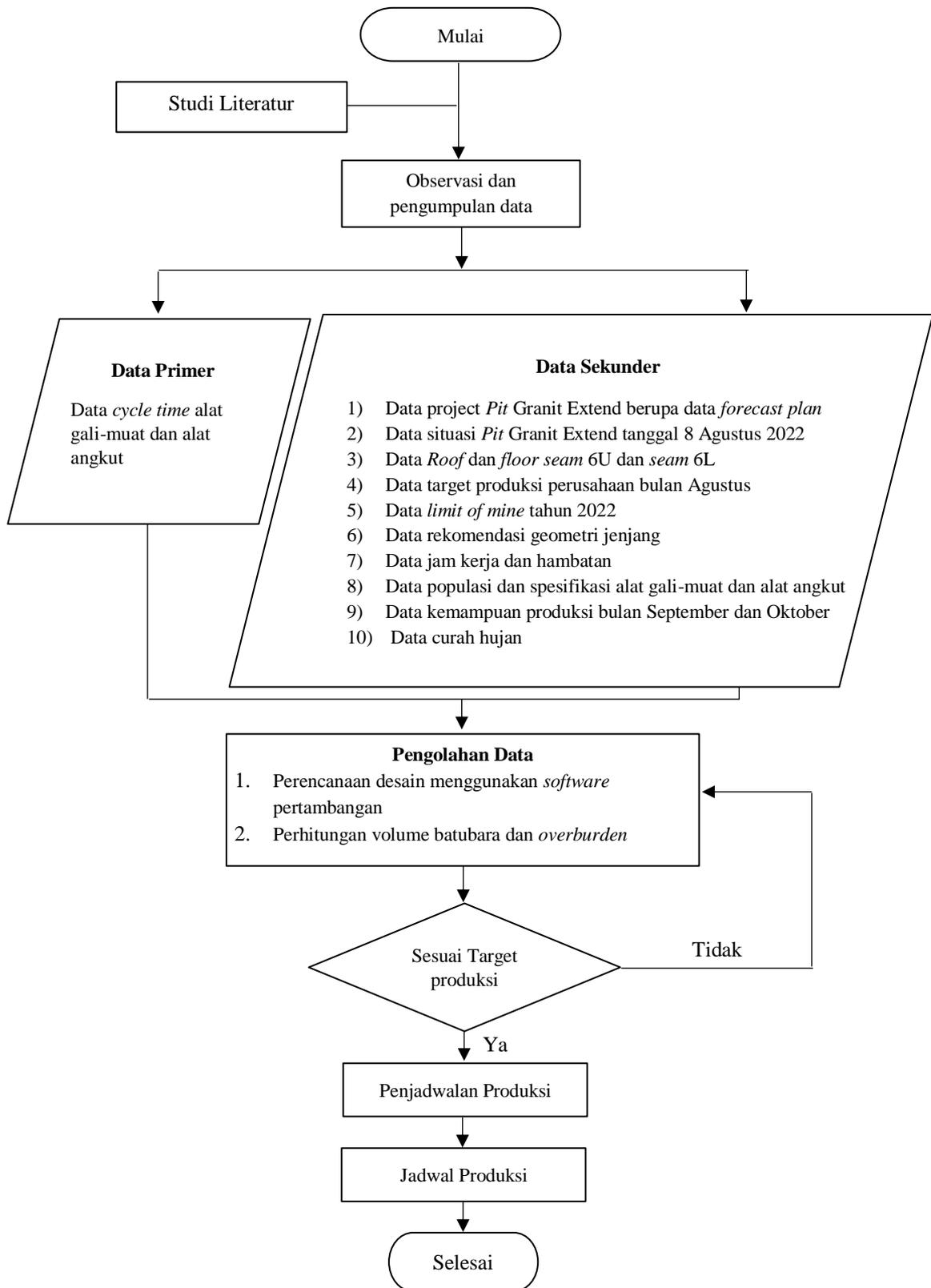
1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama dua bulan dimulai pada tanggal 29 Juni 2022 sampai dengan tanggal 29 Agustus 2022

2. Tempat Penelitian

Pengumpulan data penelitian dilaksanakan di PT. Cipta Bersama Sukses *Jobsite* PT. Bhumi Sriwijaya Perdana *Coal*, Desa Beji Mulyo, Kecamatan Tunggal Jaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan.

D. Diagram Alir Penelitian



BAB IV

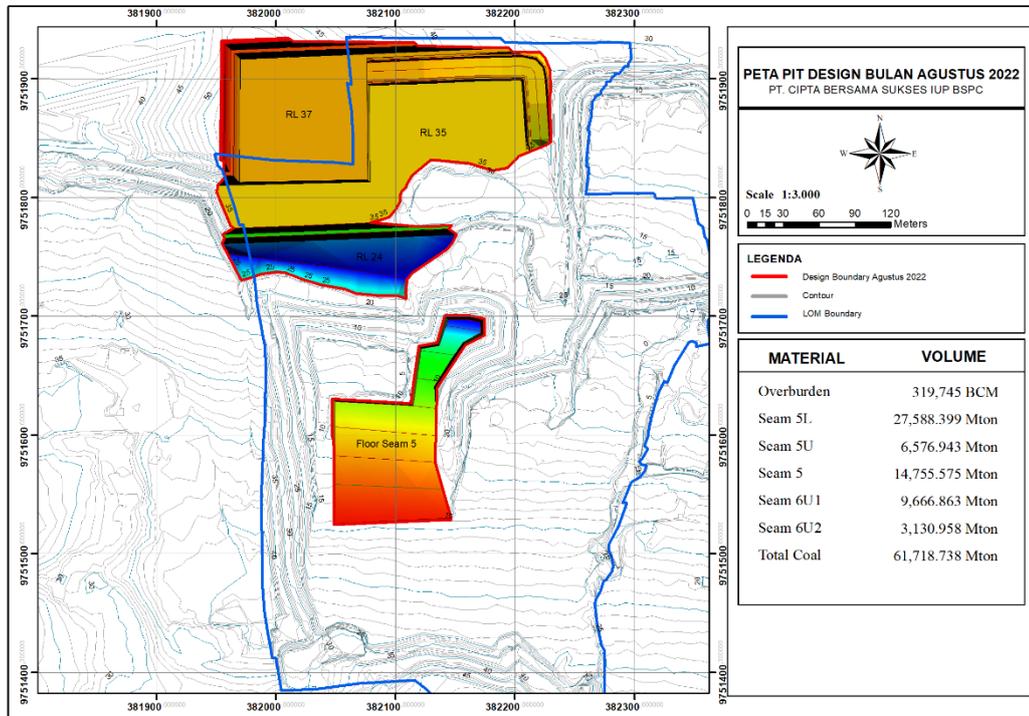
HASIL PENELITIAN

A. Hasil Penelitian

1. Desain Optimalisasi

Optimalisasi *pit* merupakan kegiatan merencanakan bentuk *pit* yang memiliki nilai perolehan tertinggi. Perancangan desain optimalisasi bulan Agustus 2022 dilakukan karena perubahan rencana penambangan dari area *seam 5* ke area *seam 6*, dikarenakan *seam 5* tertimbun longsor yang terjadi pada tanggal 8 Agustus 2022.

Desain *pit* Agustus 2022 sebelum optimalisasi dapat dilihat pada gambar berikut:



(Sumber: Departemen Engineering PT. Cipta Bersama Sukses)

Gambar 7. Peta Pit Design Bulan Agustus 2022 Sebelum Optimalisasi

Target produksi bulan Agustus 2022 berdasarkan desain sebesar 61.718,738 ton batubara dan 319.745 bcm *overburden*, sedangkan ketercapaian produksi pada tanggal 8 Agustus 2022 yaitu sebesar 32.903 ton batubara dan 47.967 bcm *overburden*, dimana volume tersebut belum mencapai target produksi bulan Agustus 2022 sehingga optimalisasi desain penambangan bulan Agustus 2022 perlu dilakukan agar kegiatan produksi dapat berjalan dengan efisien dan terencana.

Optimalisasi desain penambangan bulan Agustus 2022 dilakukan menggunakan *software* pertambangan. Data data yang dibutuhkan dalam perancangan desain optimalisasi bulan Agustus 2022 yaitu:

a. Situasi *Pit* Granit Extend *Seam* 6

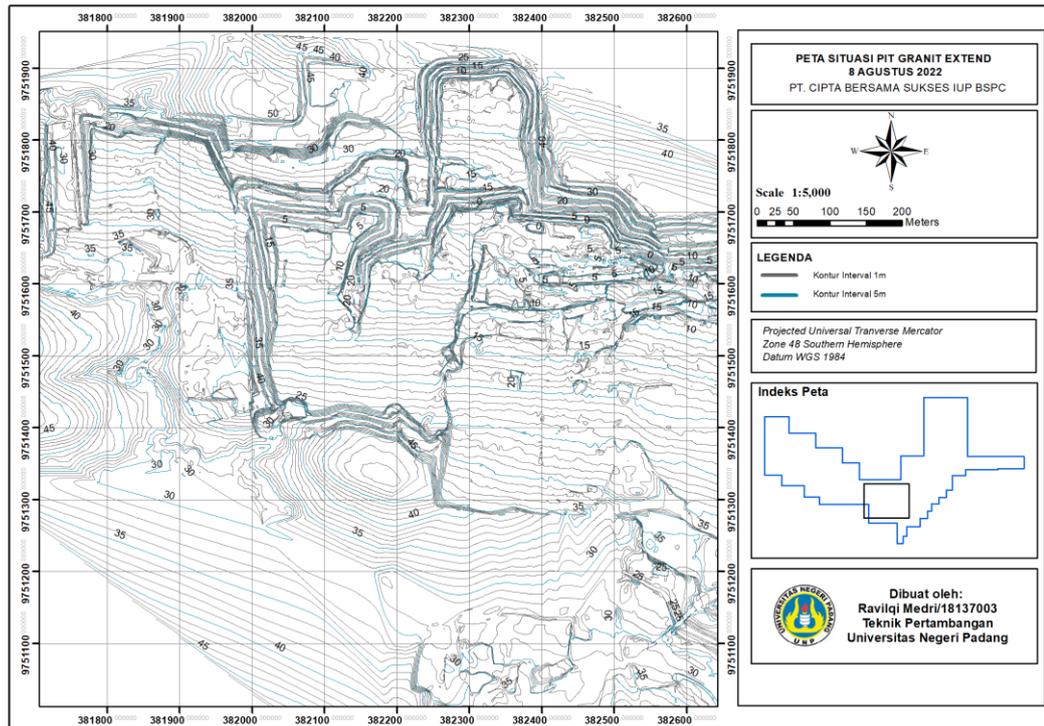
Wilayah PT. Cipta Bersama Sukses umumnya merupakan daerah rawa dengan ketinggian 20-140 mdpl. Daerah ini didominasi oleh perkebunan, hutan dan pemukiman penduduk. Area *pit* Granit Extend memiliki *elevasi* terendah pada 3 mdpl terletak pada daerah *sump* (daerah tangkapan air). Sedangkan *elevasi* tertinggi pada ketinggian 53 m. Koordinat data ketinggian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Koordinat Situasi PT. Cipta Bersama Sukses

Batas	<i>Elevasi</i>	<i>Easting</i>	<i>Northing</i>
Tertinggi	53 m	381991.415	9751884.996
Terendah	3 m	382153.681	9751686.498

(Sumber: Data Koordinat Situasi *Pit* Granit Extend, 2022)

Situasi *pit* Granit Extend dapat dilihat pada Gambar 8

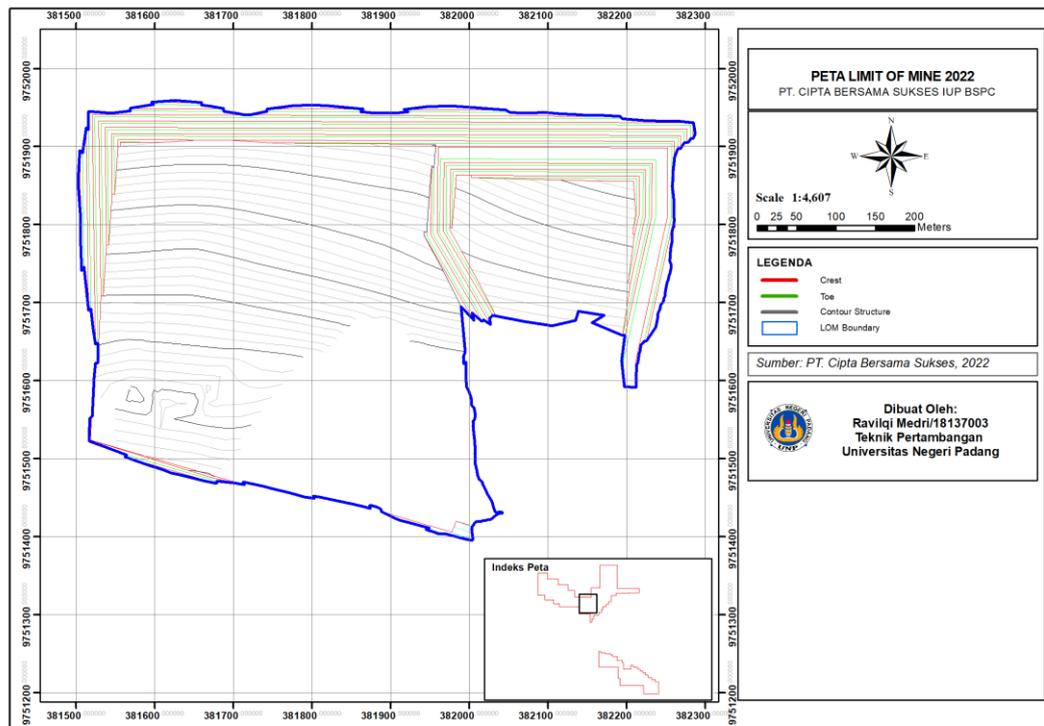


(Sumber: Data Situasi Pit Granit Extend PT. CBS, Agustus 2022)

Gambar 8. Peta Situasi 8 Agustus 2022 *Pit Granit Extend*

b. *Data Pit Limt*

Data *pit limit* berfungsi untuk mengetahui batasan perancangan *pit* berdasarkan SR yang sudah ditentukan oleh perusahaan yaitu sebesar 1:4 atau untuk pengupasan 1 ton batubara harus mengupas sebanyak 4 bcm *overburden*. Batas akhir dari *pit limit* yaitu bagian *Floor* yang dibatasi oleh *seam 5*. Peta LOM dapat dilihat pada gambar



Gambar 9. Peta *LOM* PT. Cipta Bersama Sukses Tahun 2022

c. Rancangan Geoteknik

Rancangan geoteknik adalah salah satu parameter yang sangat dibutuhkan untuk merancang *design pit*. Parameter ini didapatkan dari perusahaan setelah dilakukannya uji sifat fisik dan sifat kimia dari batuan penutup bahan galian. Hal ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari batuan dan sudut yang aman untuk kegiatan penambangan serta sangat berpengaruh saat pembuatan *design* untuk kegiatan perencanaan penambangan. Parameter geoteknik yang digunakan pada PT. CBS dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Rekomendasi Geoteknik

No.	Jenis Lereng	Spesifikasi
1.	Lereng Keseluruhan (<i>Overall Slope</i>)	Sudut Lereng : 45°
2.	Lereng Tunggal (<i>Single Slope</i>)	Tinggi Lereng: 5 m Sudut Lereng: 45° Lebar <i>Bench</i> : 3m

(Sumber: PT. Cipta Bersama Sukses, 2022)

d. Jalan dan Sarana Pengangkutan

Desain jalan tambang yang dirancang berdasarkan dimensi alat angkut bertujuan untuk menunjang kegiatan penambangan, baik itu kegiatan *overburden removal* maupun *coal getting* pada *pit* Granit Extend.

1) Jalan Lurus

Berdasarkan pengamatan di lapangan alat angkut terbesar yang melewati jalan tambang yaitu *articulated dump truck* (ADT) *type* Volvo A40F dengan lebar dimensi 3,43 m.

Menurut *AASTHO Manual Rural Highway Design* perhitungan jalan lurus dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_{min} = n \cdot W_t + (n+1) \left(\frac{1}{2} \cdot W_t \right)$$

Maka:

$$\begin{aligned} L_{min} &= n \cdot W_t + (n+1) \left(\frac{1}{2} \cdot W_t \right) \\ &= 2 \cdot (3,43 \text{ m}) + (2+1) \left(\frac{1}{2} \cdot 3,43 \text{ m} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,86 + (3 \times 1,715) \\
 &= 6,86 + 5,145 \\
 &= 12,005 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus yaitu 12,005 m.

2) Jalan Menikung/Berbelok

Berdasarkan spesifikasi alat angkut pada *handbook* Volvo A40F diperoleh data sebagai berikut:

- a) Jarak antara as roda depan dengan as roda belakang: 6,458 m
- b) Jarak poros roda depan dengan bagian depan: 2,942 m
- c) Jarak poros roda belakang dengan bagian belakang: 1,706 m
- d) Jarak antara jejak roda (U): 1,772 m
- e) Turning Radius: 8,97 m

$$\sin \alpha = \frac{6,458 \text{ m}}{8,97 \text{ m}}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{6,458 \text{ m}}{8,97 \text{ m}}$$

$$= 46^\circ$$

Didapatkan sudut penyimpangan roda sebesar 46° . Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh lebar jalan angkut minimum pada jalan angkut menikung/berbelok untuk dua jalur

$$\begin{aligned}
 F_a &= A_d \times \sin \alpha \\
 &= 2,942 \times \sin 46^\circ \\
 &= 2,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_b &= A_b \times \sin \alpha \\
 &= 1,706 \times \sin 46^\circ \\
 &= 1,22 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C = Z &= \frac{1}{2} (1,772 \text{ m} + 2,11 + 1,22) \\
 &= 2,551 \text{ m}
 \end{aligned}$$

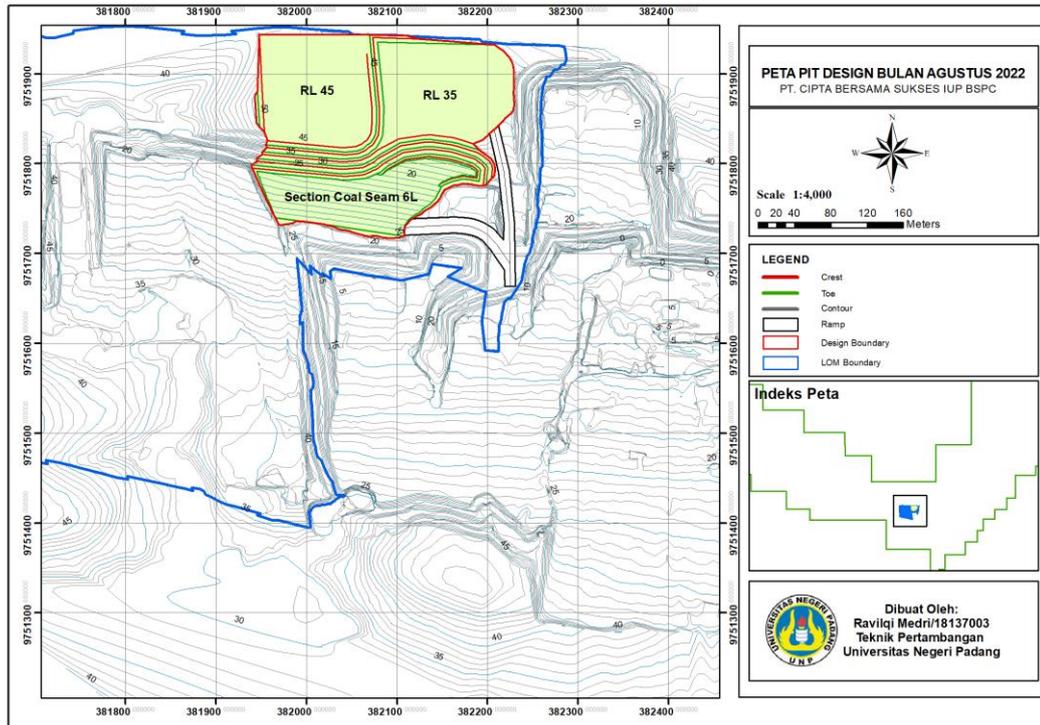
Lebar jalan angkut minimum pada jalan menikung adalah:

$$\begin{aligned}
 L_t &= n (U + F_a + F_b + Z) + C \\
 &= 2 (1,772 \text{ m} + 2,11 \text{ m} + 1,22 \text{ m} + 2,551 \text{ m}) + 2,551 \text{ m} \\
 &= 17,857 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lebar jalan angkut pada jalan menikung sebesar 17,857 m.

Berdasarkan perancangan desain yang telah dilakukan kegiatan penambangan terbagi ke dalam 3 area yaitu pada area puncak dari RL53 turun hingga RL45, dan dari RL40 turun hingga RL35 yang pada area ini dilakukan kegiatan *overburden removal*, untuk kegiatan *coal getting* dilakukan dari RL24 turun hingga *section coal seam 6L*.

Desain optimalisasi bulan Agustus dapat dilihat pada Gambar 10:



Gambar 10. Peta Desain Optimalisasi Bulan Agustus 2022

2. Volume Batubara dan *Overburden* Tertambang

Perhitungan volume batubara dan *overburden* dilakukan menggunakan data data seperti, desain optimalisasi Agustus, *Boundary* desain, *database blockmodel*, dan data situasi *pit* Granit Extend bulan tanggal 8 Agustus 2022. Berdasarkan target bulan Agustus volume batubara sebesar 76.195,82 ton dan *overburden* sebesar 300.120,40 bcm sedangkan ketercapaian produksi pada tanggal 8 Agustus 2022 hanya 43% untuk batubara dan 15% untuk *overburden*.

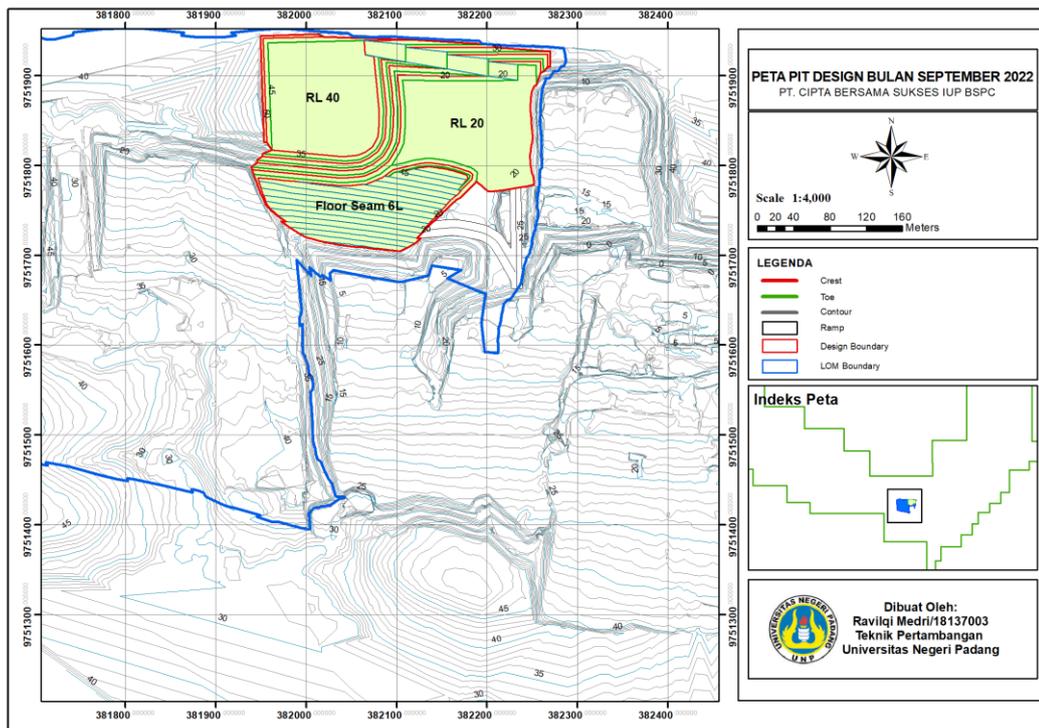
Setelah dilakukan perancangan desain optimalisasi bulan Agustus 2022 maka didapatkan volume batubara sebesar 46.702,451 ton dan *overburden* sebesar 302.293 bcm dengan total jam kerja selama 478 jam untuk memenuhi target produksi bulan Agustus 2022.

3. Sequence September dan Oktober 2022

a. Sequence September 2022

Perancangan *sequence* September 2022 dilakukan menggunakan software pertambangan dengan menggunakan data data seperti situasi *pit* Granit Extend akhir Agustus 2022, data geometri jenjang, data lebar jalan minimum, data LOM, data roof dan floor, serta data kemampuan produksi bulan September 2022 (Lampiran 19).

Peta *sequence* September dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11. Peta *Sequence* Bulan September 2022

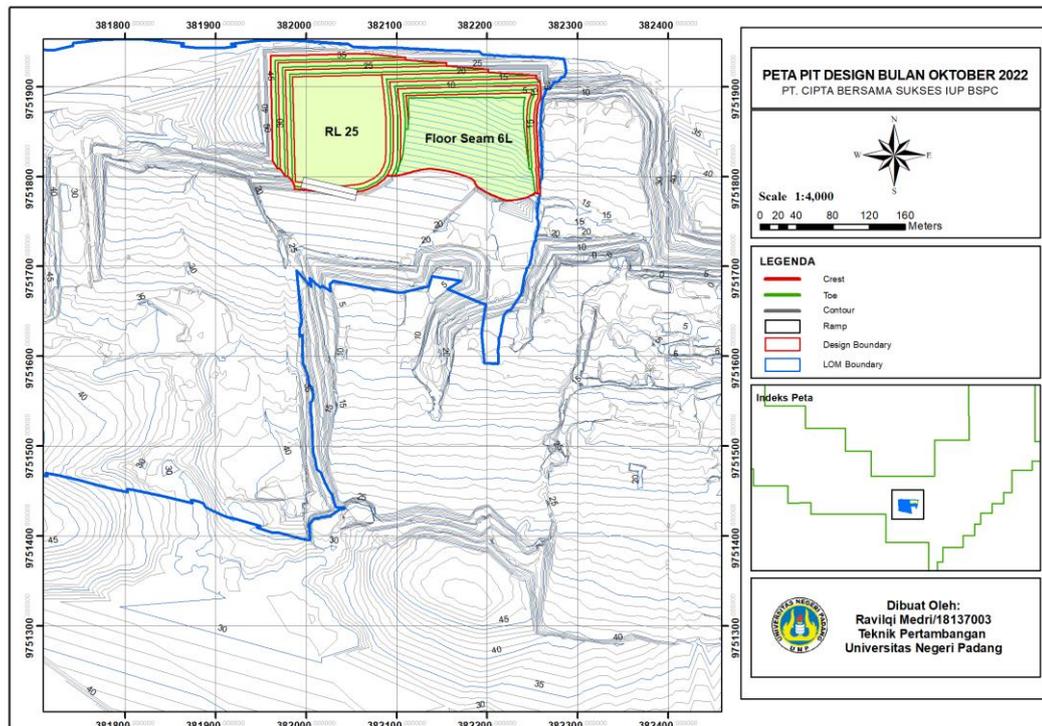
Perancangan *sequence* bulan September 2022 dilakukan penurunan elevasi untuk kegiatan *overburden removal* dari RL45 ke RL40 dan RL35 ke RL20, sedangkan untuk kegiatan *coal getting* dilakukan penggalian hingga mencapai *floor seam* 6L. Kemampuan

produksi bulan September 2022 yaitu 90.487 ton batubara dan 300.052 bcm *overburden* dengan SR 3,32 (Lampiran 19). Volume yang didapatkan berdasarkan *sequence* sebesar 306.198 bcm untuk *overburden* dan 93.037,318 ton untuk batubara.

b. *Sequence* Oktober 2022

Perancangan *sequence* Oktober 2022 dilakukan menggunakan software pertambangan dengan menggunakan data data seperti situasi *pit* Granit Extend akhir September 2022, data geometri jenjang, data lebar jalan minimum, data LOM, data roof dan floor, serta data kemampuan produksi bulan Oktober 2022 (Lampiran 19).

Peta *sequence* September dapat dilihat pada Gambar 12:

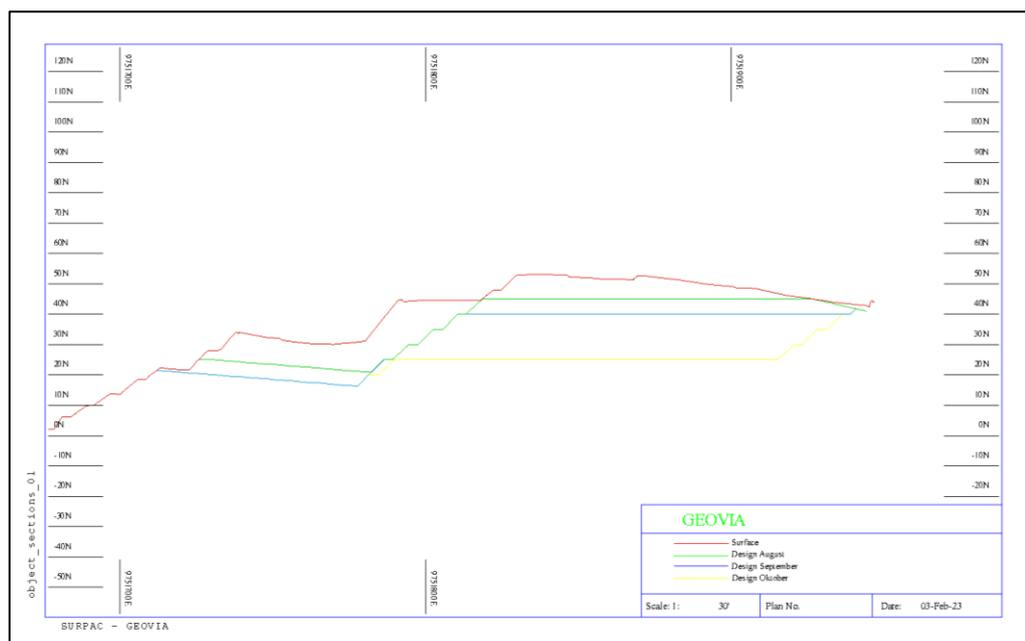


Gambar 12. Peta *Sequence* Bulan Oktober 2022

Perancangan *sequence* bulan Oktober 2022 dilakukan penurunan elevasi untuk kegiatan *overburden removal* dari RL40 ke RL25, sedangkan untuk kegiatan *coal getting* dilakukan penurunan elevasi dari RL20 hingga mencapai floor *seam* 6L. Kemampuan produksi bulan Oktober 2022 yaitu 100.975 ton batubara dan 300.875 bcm *overburden* dengan SR 2,98 (Lampiran 19). Volume yang didapatkan berdasarkan *sequence* sebesar 323.053 bcm untuk *overburden* dan 102.160,480 ton untuk batubara.

c. *Cross Section*

Cross Section merupakan garis yang membentang dari satu titik ke titik lain untuk melihat perbandingan suatu lapisan atau permukaan, pada penelitian ini *cross setion* dibuat garis dari arah utara ke arah selatan untuk melihat lapisan permukaan topografi *pit* dan desain *pit* perbulan. Peta *cross section* dapat dilihat pada Gambar 13



Gambar 13. Peta *Section*

4. Penjadwalan Produksi

a. Cycle time/Waktu Edar

Data *cycle time* didapatkan dari observasi lapangan dengan cara menghitung waktu edar masing masing unit baik untuk kegiatan *overburden removal* maupun kegiatan *coal getting*. Data *cycle time* dapat dilihat padang Tabel 4 dan 5

Tabel 4. *Cycle time* Alat Gali Muat

Type	CAT330GC	Hitachi ZX350H-5G	Hitachi ZX350H-3G
Keterangan	<i>OB Removal</i>	<i>OB Removal</i>	<i>Coal getting</i>
<i>Digging (s)</i>	9.41	6.74	6.31
<i>Swing isi (s)</i>	4.75	4.57	6.29
<i>Dumping (s)</i>	4.49	3.70	4.54
<i>Swing kosong (s)</i>	4.24	4.09	4.71
<i>Cycle time (s)</i>	22.89	19.11	21.86

(Sumber: Pengamatan lapangan)

Tabel 5. *Cycle time* Alat Angkut

Type	Volvo A40F	Hino 260JD	Hino 280JD	Hino 260JD
Keterangan	<i>OB Removal</i>	<i>OB Removal</i>	<i>OB Removal</i>	<i>Coal getting</i>
<i>Manuver Loading (s)</i>	22.85	24.52	23.04	39.45
<i>Loading (s)</i>	121.55	47.36	46.64	164.61
<i>Hauling isi (s)</i>	129.50	166.74	152.93	189.01
<i>Manuver dumping (s)</i>	25.57	30.77	26.00	28.40
<i>Dumping (s)</i>	21.73	19.11	23.31	40.28
<i>Hauling Kosong (s)</i>	109.83	139.11	135.33	171.05
<i>Cycle time (s)</i>	431.02	427.61	407.24	632.81
Banyak Bucket	10	4	4	8

(Sumber: Pengamatan lapangan)

b. Efisiensi Kerja (Ek)

Efisiensi kerja diperoleh dengan membandingkan waktu yang digunakan untuk kegiatan produksi batubara dengan rencana jam kerja. Nilai Ek dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 Ek &= \frac{\text{Effective Work Hours}}{\text{Available Work Hours}} \times 100\% \\
 &= \frac{478 \text{ Jam}}{660 \text{ Jam}} \times 100\% \\
 &= 72\%
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Produktivitas

1) Produktivitas Alat Gali Muat

a) *Excavator* Hitachi ZX350H-3G Kegiatan *Coal getting*

Diketahui:

$$C_{tm} = 21,86 \text{ detik (Lampiran 7)}$$

$$B_{ff} = 80\% \text{ (Lampiran 14)}$$

$$I = 65\% \text{ (Lampiran 15)}$$

$$E = 72\%$$

$$K_b = 1,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Densitas Batubara} = 1,207$$

Maka nilai produktivitas *excavator* Hitachi ZX350H-3G pada kegiatan *coal getting* dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

$$P_m = \frac{0,72 \times 0,65 \times 1,6 \text{ m}^3 \times 0,8}{21,86 \text{ detik}} \times 3600$$

$$= 98,65 \text{ bcm/jam}$$

$$= 119,07 \text{ ton/jam}$$

Produktivitas *Excavator* Hitachi ZX350H-5G dalam satu bulan adalah:

$$P_m/\text{bulan} = \text{Produktivitas/jam} \times \text{EWH (Effective work hours)}$$

$$= 119,07 \text{ ton/jam} \times 478 \text{ jam}$$

$$= 56,915.46 \text{ ton/bulan}$$

b) *Excavator* CAT330GC Kegiatan *Overburden Removal*

Diketahui:

$$C_{tm} = 22,89 \text{ detik (Lampiran 6)}$$

$$I = 80\% \text{ (Lampiran 14)}$$

$$B_{ff} = 75\% \text{ (Lampiran 15)}$$

$$E = 72\%$$

$$K_b = 1,8 \text{ m}^3$$

Maka nilai produktivitas *excavator* CAT330GC pada kegiatan *overburden removal* dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

$$P_m = \frac{0,72 \times 0,8 \times 1,8 \text{ m}^3 \times 0,75}{22,89 \text{ detik}} \times 3600$$

$$= 122,29 \text{ bcm/jam}$$

Produktivitas *Excavator* CAT330GC dalam satu bulan adalah:

$$P_m/\text{bulan} = 122,29 \text{ bcm/jam} \times 478 \text{ jam}$$

$$= 58,454.62 \text{ bcm/bulan}$$

c) *Excavator* Hitachi ZX350H-3G

Diketahui:

$$C_{tm} = 19,11 \text{ detik (Lampiran 8)}$$

$$B_{ff} = 90\% \text{ (Lampiran 14)}$$

$$I = 80\% \text{ (Lampiran 15)}$$

$$E = 72\%$$

$$Kb = 1,8 \text{ m}^3$$

Maka nilai produktivitas *excavator* Hitachi ZX350H-3G pada kegiatan *overburden removal* dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

$$Pm = \frac{0,72 \times 0,8 \times 1,8 \text{ m}^3 \times 0,9}{19,11 \text{ detik}} \times 3600$$

$$= 175,78 \text{ bcm/jam}$$

Produktivitas *Excavator* Hitachi ZX350H-5G dalam satu bulan adalah:

$$Pm/\text{bulan} = \text{Produktivitas/jam} \times \text{EWH (Effective work hours)}$$

$$= 175,78 \text{ ton/jam} \times 478 \text{ jam}$$

$$= 84.024,74 \text{ ton/bulan}$$

2) Produktivitas Alat Angkut

a) Produktivitas ADT Volvo A40F

Diketahui:

$$Cta = 431,02 \text{ detik (Lampiran 9)}$$

$$Bff = 90\% \text{ (Lampiran 14)}$$

$$I = 80\% \text{ (Lampiran 15)}$$

$$E = 72\%$$

$$Kb = 1,8 \text{ m}^3$$

$$n = 10$$

Nilai produktivitas ADT Volvo A40F pada kegiatan *overburden removal* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini

$$Pa = \frac{0,72 \times 0,8 \times 1,8 \text{ m}^3 \times 0,9 \times 10}{431,02 \text{ detik}} \times 3600$$

$$= 77,93 \text{ bcm/jam}$$

Produktivitas ADT Volvo A40F dalam satu bulan adalah

$$Pa/\text{bulan} = 77,93 \text{ bcm/jam} \times 478 \text{ jam}$$

$$= 37,253.79 \text{ bcm/bulan}$$

b) Produktivitas DT Hino 280JD

Diketahui:

$$Cta = 407,24 \text{ detik (Lampiran 10)}$$

$$Bff = 75\% \text{ (Lampiran 14)}$$

$$I = 80\% \text{ (Lampiran 15)}$$

$$E = 72\%$$

$$Kb = 1,8 \text{ m}^3$$

$$n = 4$$

Nilai produktivitas DT Hino 280JD pada kegiatan *overburden removal* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini

$$Pa = \frac{0,72 \times 0,8 \times 1,8 \text{ m}^3 \times 0,75 \times 4}{407,24 \text{ detik}} \times 3600$$

$$= 27,66 \text{ bcm/jam}$$

Produktivitas DT Hino 280JD dalam satu bulan adalah

$$Pa/\text{bulan} = 27,66 \text{ bcm/jam} \times 478 \text{ jam}$$

$$= 13.221,48 \text{ bcm/bulan}$$

c) Produktivitas DT Hino 260 JD *Overburden*

Diketahui:

$$C_{ta} = 427,61 \text{ detik (Lampiran 11)}$$

$$B_{ff} = 75\% \text{ (Lampiran 14)}$$

$$I = 80\% \text{ (Lampiran 15)}$$

$$E = 72\%$$

$$K_b = 1,8 \text{ m}^3$$

$$n = 4$$

Nilai produktivitas DT Hino 260JD pada kegiatan *overburden removal* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini

$$\begin{aligned} Pa &= \frac{0,72 \times 0,8 \times 1,8 \text{ m}^3 \times 0,75 \times 4}{427,61 \text{ detik}} \times 3600 \\ &= 26,19 \text{ bcm/jam} \end{aligned}$$

Produktivitas DT Hino 280JD dalam satu bulan adalah

$$\begin{aligned} Pa/\text{bulan} &= 26,19 \text{ bcm/jam} \times 478 \text{ jam} \\ &= 12.516,95 \text{ bcm/bulan} \end{aligned}$$

d) Produktivitas DT Hino 260JD *Coal getting*

Diketahui:

$$C_{ta} = 632,81 \text{ detik (Lampiran 13)}$$

$$B_{ff} = 80\% \text{ (Lampiran 14)}$$

$$I = 65\% \text{ (Lampiran 15)}$$

$$E = 72\%$$

$$K_b = 1,6 \text{ m}^3$$

$$n = 8$$

Nilai produktivitas DT Hino 280JD adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} Pa &= \frac{0,72 \times 0,65 \times 1,6 \text{ m}^3 \times 0,80 \times 8}{632,81 \text{ detik}} \times 3600 \\ &= 27,26 \text{ bcm/jam} \\ &= 32.90 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Produktivitas DT Hino 280JD dalam satu bulan adalah

$$\begin{aligned} Pa/\text{bulan} &= 32.90 \text{ ton/jam} \times 478 \text{ jam} \\ &= 15.73 \text{ ton/bulan} \end{aligned}$$

d. Kebutuhan *Fleet*

1) Kebutuhan *Loader* untuk Kegiatan *Coal getting*

Perhitungan kebutuhan unit untuk mencapai target produksi

dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{Target produksi bulan Agustus}}{\text{Produktivitas Loader per jam} \times \text{Jam kerja per bulan}} \\ &= \frac{46.702,451 \text{ ton}}{119.07 \text{ ton per jam} \times 478 \text{ jam per bulan}} \\ &= 0,82 \text{ unit} \\ &\approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

2) Kebutuhan *Loader* untuk Kegiatan *Overburden removal*

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{Target produksi bulan Agustus}}{\text{Produktivitas Loader per jam} \times \text{Jam kerja per bulan}} \\ &= \frac{302.293 \text{ ton}}{122,29 \text{ ton per jam} \times 478 \text{ jam per bulan}} \\ &= 5,1 \text{ unit} \\ &\approx 6 \text{ unit} \end{aligned}$$

e. *Match Factor*/Faktor Keserasian

Analisis *match factor* bertujuan untuk menghindari terjadinya *delay* saat proses pemuatan batubara maupun *overburden* dari *pit* menuju *stockrom* atau *disposal*. Maka diperlukan analisis *match factor* untuk mengetahui jumlah *hauler* yang efektif dalam satu *fleet*.

1) *Match Factor Excavator* Hitachi ZX350H-5G dan DT Hino 260JD untuk Kegiatan *Coal getting*

Diketahui:

$$CT = 632.81 \text{ detik}$$

$$nL = 1 \text{ unit}$$

$$CL = 21.86 \text{ detik}$$

$$NT = 3$$

$$n = 8 \text{ bucket}$$

$$\begin{aligned} MF &= \frac{n \times NT \times CL}{nL \times CT} \\ &= \frac{8 \times 3 \times 21.86}{1 \times 632.81} \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

2) *Match Factor Excavator* Hitachi ZX350H-5G dan ADT VolvoA40F untuk Kegiatan *Overburden removal*

$$CT = 431,02 \text{ detik}$$

$$nL = 1 \text{ unit}$$

$$CL = 19,11 \text{ detik}$$

$$NT = 2$$

$$n = 10 \text{ bucket}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MF} &= \frac{n \times NT \times CL}{nL \times CT} \\
 &= \frac{10 \times 2 \times 19,11}{1 \times 431,02} \\
 &= 0,9
 \end{aligned}$$

3) *Match Factor Excavator CAT330GC dan DT Hino 280JD untuk*

Kegiatan Overburden removal

$$\text{CT} = 407,24 \text{ detik}$$

$$nL = 1 \text{ unit}$$

$$\text{CL} = 22,89 \text{ detik}$$

$$\text{NT} = 4$$

$$n = 4 \text{ bucket}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MF} &= \frac{n \times NT \times CL}{nL \times CT} \\
 &= \frac{4 \times 4 \times 22,89}{1 \times 407,24} \\
 &= 0,9
 \end{aligned}$$

4) *Match Factor Excavator CAT330GC dan DT Hino 280JD untuk*

Kegiatan Overburden removal

$$\text{CT} = 407,24 \text{ detik}$$

$$nL = 1 \text{ unit}$$

$$\text{CL} = 22,89 \text{ detik}$$

$$\text{NT} = 3$$

$$n = 4 \text{ bucket}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MF} &= \frac{4 \times 3 \times 22,89}{1 \times 407,24} \\
 &= 0,7
 \end{aligned}$$

5) *Match Factor Excavator CAT330GC dan DT Hino 260JD untuk**Kegiatan Overburden removal*

$$CT = 427,61 \text{ detik}$$

$$nL = 1 \text{ unit}$$

$$CL = 22,89 \text{ detik}$$

$$NT = 3$$

$$n = 4 \text{ bucket}$$

$$\begin{aligned} MF &= \frac{n \times NT \times CL}{nL \times CT} \\ &= \frac{4 \times 3 \times 22,89}{1 \times 427,61} \\ &= 0,64 \end{aligned}$$

f. Penjadwalan Alat

Dalam proses penambangan, faktor peralatan merupakan faktor yang sangat penting dalam menjamin kelangsungan produksi. Salah satu metode simulasi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan produksi *loader dump truck* adalah dengan menggunakan metode kapasitas produksi optimal dari *excavator* dan kemampuan *dump truck* (Gusman, M et al, 2019).

Penjadwalan Alat ditentukan oleh produktivitas alat, populasi alat serta target produksi bulan Agustus baik kegiatan *coal getting* maupun *overburden removal* pada produksi tambang terbuka PT. Cipta Bersama Sukses. Berikut merupakan tabel target produksi bulan Agustus berdasarkan perancangan *design* optimalisasi yang telah dilakukan. Target produksi dapat dilihat pada Tabel 6:

Tabel 6. Target Produksi bulan Agustus 2022

No	Bulan	Target Produksi <i>Overburden</i>	Target Produksi Batubara
1	Agustus	302.293 Bcm	46.702,451 Ton

(Sumber: PT. Cipta Bersama Sukses, Agustus 2022)

Sedangkan untuk populasi alat gali-muat dan alat angkut di PT.

Cipta Bersama Sukses dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7. Penggunaan Alat

No	Jenis Peralatan	Type	Jumlah unit
1	<i>Excavator</i>	CAT 330D	2
2	<i>Excavator</i>	Hitachi ZX350H-5G	2
3	<i>Excavator</i>	CAT 330 GC	5
4	<i>Articulated Dump truck</i>	Volvo A40F	2
5	<i>Dump truck</i>	Hino FM260 JD	6
6	<i>Dump truck</i>	Hino FM280 JD	15
7	<i>Dump truck</i>	Hino FM320 TI	1

(Sumber: PT. Cipta Bersama Sukses, Juli 2022)

Setelah didapatkan jumlah *fleet* alat gali muat dan alat angkut dari hasil pengolahan data, maka dibuatkan suatu rencana kerja di *Pit* Granit Extend berdasarkan jumlah *fleet* yang ada. Rencana kerja yang dibuat untuk kegiatan *coal getting* dan *overburden removal* untuk mencapai target produksi pada bulan Agustus. Rencana kerja *Pit* Granit Extend *Seam* 6 dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Rencana Kerja di *Pit Granit Extend Seam* 6 Bulan Agustus 2022

No	Aktivitas	Fleet	Jenis Alat	Total Jam Kerja	Jumlah Alat	Match Factor	Produktivitas/jam	Produksi/bulan	Total
1	OB <i>Removal</i>	Fleet 1	CAT 330GC	478	1	0,90	122,19 bcm/jam	58406,82 bcm/bulan	310.380,66 bcm/bulan
			HINO FM280 JD	478	4		27,66 bcm/jam	52885,92 bcm/bulan	
		Fleet 2	CAT 330GC	478	1	0,90	122,19 bcm/jam	58406,82 bcm/bulan	
			HINO FM280 JD	478	4		27,66 bcm/jam	52885,92 bcm/bulan	
		Fleet 3	CAT 330GC	478	1	0,90	122,19 bcm/jam	58406,82 bcm/bulan	
			HINO FM280 JD	478	4		27,66 bcm/jam	52885,92 bcm/bulan	
		Fleet 4	HITACHI ZX350-5G	478	1	0,89	175,78 bcm/jam	84024,75 bcm/bulan	
			VOLVO A40F	478	2		77,94 bcm/jam	74507,58 bcm/bulan	
		Fleet 5	CAT 330GC	478	1	0,67	122,19 bcm/jam	58406,82 bcm/bulan	
			HINO FM280 JD	478	3		27,66 bcm/jam	39664,44 bcm/bulan	
		Fleet 6	CAT 330GC	478	1	0,64	122,19 bcm/jam	58406,82 bcm/bulan	
			HINO FM260 JD	478	3		26,19 bcm/jam	37550,87 bcm/bulan	
2	<i>Coal getting</i>	Fleet 1	HITACHI ZX350-5G	478	1	0,83	119,07 ton/jam	56915,46 ton/bulan	47.178,60 ton /bulan
			HINO FM260 JD	478	3		32,90 ton/jam	47178,60 ton/bulan	

B. Pembahasan

Kegiatan penambangan bulan Agustus dimulai dengan target produksi sebesar 76.195,82 ton batubara dan 300.120,40 bcm *overburden*. Namun karena terjadinya longsor di area *seam* 5, ketercapaian produksi bulan Agustus hanya 43% untuk batubara dan 15% bcm *overburden*, pada desain optimalisasi bulan Agustus volume yang didapatkan yaitu 46.702,451 ton batubara dan 302.293 bcm *overburden*. Kegiatan penambangan terbagi kedalam 3 area yaitu pada area puncak diturunkan hingga elevasi RL45 dan RL35 dilakukan kegiatan *overburden removal* serta area kegiatan *coal getting* dilakukan hingga mencapai section *coal seam* 6L.

Pada bulan September dilakukan penurunan elevasi untuk area *overburden removal* dari RL45 ke RL40 dan RL35 ke RL20, sedangkan untuk area *coal getting* dilakukan penurunan hingga mencapai floor *seam* 6L. Volume untuk penggalian *overburden* yaitu sebesar 306.198 bcm dan untuk batubara sebesar 93.037,318 ton.

Pada bulan Oktober dilakukan penurunan elevasi untuk area *overburden removal* dari elevasi RL40 ke elevasi RL25 sedangkan untuk area *coal getting* dilakukan penurunan elevasi dari elevasi RL20 hingga mencapai floor *seam* 6L. Volume untuk penggalian *overburden removal* yaitu sebesar 323.053 bmc dan untuk batubara sebesar 102.160,480 ton.

Penjadwalan produksi pada bulan Agustus direncanakan berdasarkan volume desain optimalisasi yang bertujuan untuk menghitung kebutuhan unit untuk mencapai target produksi. Sehingga didapatkan hasil, dibutuhkan 6 *fleet*

untuk kegiatan *overburden removal* yang terdiri dari 3 *fleet* dengan masing masing 4 unit alat angkut DT Hino 260JD dan *excavator* CAT330GC, 1 *fleet* dengan 2 unit ADT Volvo A40F dan *Excavator* Hitachi ZX350H-5G, 1 *fleet* yang terdiri dari 3 unit Hino 260JD dan *excavator* CAT330D dan yang terakhir 1 *fleet* terdiri dari 3 unit Hino 280JD dan *excavator* CAT330GC dengan jumlah produksi *overburden* sebesar 310.760,20 bcm dan total jam kerja efektif selama 478 jam. Sedangkan untuk kegiatan *coal getting* dibutuhkan 1 *fleet* yang terdiri dari 3 unit DT Hino 260JD dan *excavator* Hitachi ZX350-5G dengan jumlah produksi batubara sebesar 47.235,56 ton dan jam kerja efektif selama 478 jam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rancangan desain optimalisasi *pit* pada area utara mencapai elevasi 45 m dan area selatan mencapai *roof seam* 6L. Dengan lebar jalan angkut minimum pada kondisi jalan lurus yaitu 12,005 m dan pada kondisi jalan menikung sebesar 17,875 m.
2. Total volume material yang akan ditambang berdasarkan desain optimalisasi bulan Agustus yaitu sebesar 46.702,451 ton batubara dan 302.293 bcm *overburden*.
3. Desain *pit* bulan September diperoleh *overburden* sebesar 306.198 bcm *overburden* dan 93.017,183 ton batubara, sedangkan pada bulan Oktober diperoleh *overburden* sebesar 323.053 bcm dan 102.160,480 ton batubara.
4. Untuk mencapai target produksi bulan Agustus kegiatan penambangan membutuhkan 6 *fleet* untuk kegiatan *overburden removal* yang terdiri dari 3 *fleet* dengan masing masing 4 unit alat angkut, 1 *fleet* dengan 2 unit ADT, 2 *fleet* dengan masing masing 3 unit DT, dengan jumlah produksi *overburden* sebesar 310.769,20 bcm. Sedangkan untuk kegiatan *coal getting* dibutuhkan 1 *fleet* yang terdiri dari 3 unit DT dengan jumlah produksi batubara sebesar 47.235,56 ton dan jam kerja efektif selama 478 jam.

B. Saran

Dari hasil penelitian, penulis memiliki beberapa saran terhadap perusahaan yaitu:

1. Dibutuhkan analisa lebih lanjut secara ekonomi dan lingkungan pada penelitian ini
2. Pada penjadwalan produksi terdapat kelebihan alat dimana banyak alat yang menganggur, sehingga perusahaan harus mengalokasikan alat yang tidak bekerja agar pekerjaan penambang lebih optimal

DAFTAR PUSTAKA

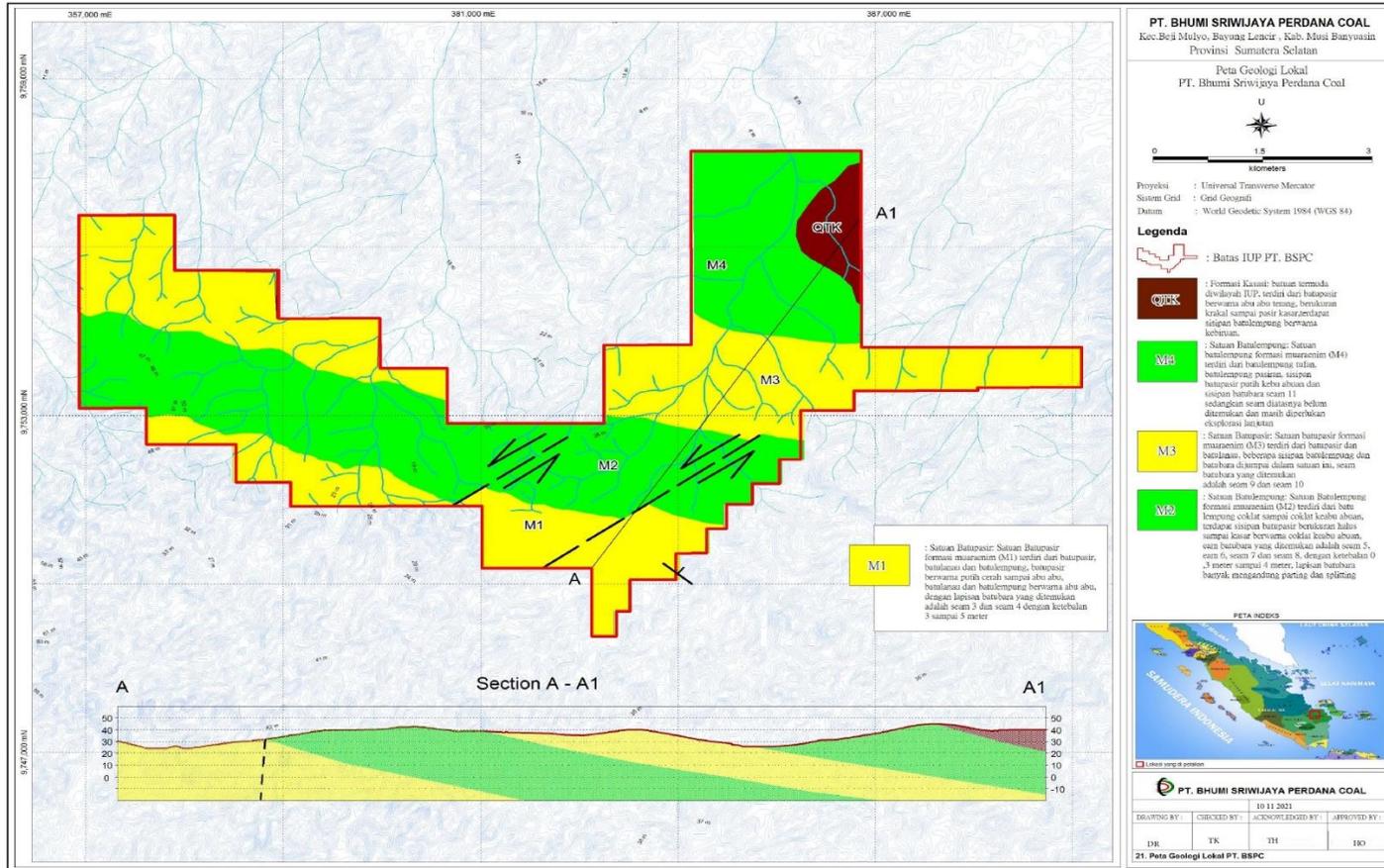
- Akissa & Gyimah, Mireku. (2012). Application of Surpac and whittle software in Open *Pit* Optimization and Design. *Ghana Mining Journal*.
- Barber. J & P Hanna. (2000). The Mine planning Process. Jakarta: Proceedings of Mining and Energy Indonesia 2000 Conference "New Indonesia EraFor Better Investment and National Prosperity".
- CACCETTA, L., & HILL, S. P. (2003). An Application of Branch and Cut to Open *Pit* Mine Scheduling. *Journal of Global Optimization* 27.
- Darling, P. (2011). SME Mining Engineering Handbook Third Edition. USA: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Dita A.I & Mulya Gusman. (2020). Kajian Teknis Optimasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* Berdasarkan Efisiensi Biaya Operasional di *Pit* Barat PT. Alied Indo *CoalJaya* Kota Sawahlunto. Padang: *Jurnal Bina Tambang*.
- Fadli dkk. (2015). Desain *Pit* Penambangan Batubara Blok C Pada Pt. Intibuana Indah Selaras Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara.
- Gusman, M et al. (2019). Optimization of digging and loading equipment and hauling for *overburden* production with quality capacity methods and queing methods in east *pit*, august 2017 period PT. Artamulia tata pratama, site tanjung belit, bungo, jambi. *Journal of Physics: Conference Series*, 2.
- Gusmaningsih, K. (2018). Desain *Pit* Tambang Air Laya Barat untuk Memenuhi Target Produksi Tahun 2018 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Sumatera Selatan.
- Howard L Hartman, Jan M Mutmansky. (1987). Induction Mining Engineering. Canada: *Johm Wiley & Sons Inc*.
- Hustrulid, W., & Kuchta, M. (2013). Open *Pit* Mine Planning and Design. London: *CRC Press/Balkema*.
- Indonesianto, Y. (2013). Modul Mine Plan Design. Yogyakarta: STT Nasional Yogyakarta.
- Indonesianto, Y. (2014). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: CV. Awan Poetih.

- Khansa, N., & Yulhendra, D. (2021). DESAIN OPTIMASI PENAMBANGAN LAPISAN BATUBARA SEAM C PADA PIT 1 UTARA BANKO BARAT, PT. BUKIT ASAM TBK. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 6, No. 5.
- McCarter, M. (1992). Design and operating considerations for mine waste embankments. In *Surface Mining 2nd ed.* Littleton, CO: SME pp. 890-899.
- Mikhailchenko, V. V., & Rubanik, Y. T. (2016). Adaptive optimization as a design and Management Methodology for CoalMining Enterprise in Uncertain and Volatile Market Environment the conceptual Framework.
- Nasuhi, M. (2017). Optimasi dan roduktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Tambang Batu Granit PT. Vitrama Properti di desa Air Mesu, Kecamatan Pangkalan Baru, Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Mineral*, Vol. II (1), Hal 8-15.
- Nujum, K. (2017). Keserasian Kerja Alat Gali-Muat dan Alat Angkut pada kegiatan pengambilan lumpur dan tanah pucuk di PT Newmont Nusa Tenggara Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa tenggara barat.
- Nurhakim, S. B. (2004). Modul Ajar dan Praktikum Pemandahan Tanah Mekanis. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Nursidah. (2019). Produksi Serta Total Biaya Penggalian dan Pengangkutan Batubara . *Jurnal Pertambangan*, Vol. 3, No. 4.
- Nwafor. (2018). Open Pit Optimization Processed Of Okobo CoalMine Strategies For Improving The Economoics Of Mining Projects With Special Utilization Of Minex Optimizer Progamme. *International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 7*.
- Pranata, H., & Yulhendra, D. (2021). Rancangan Pelaksanaan Eksploitasi Nikel pada Blok X PT Paramitha Persada Tama Desa Boenaga Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 6, No.5.
- Prinandi, A. R. (2015). Perancangan (design) Pit Ef Pada Penambangan Batubara di PT. Milagro Indonesia Mining Desa Sungai Merdeka Kecamatan Samboja, Kabupaten Kutai Kertanegara Provinsi Kalimantan Timur, *Prosiding Teknik Pertambangan*.
- Prodjosumanto, P. (1996). Pemandahan Tanah Mekanis. Institut Teknologi Bandung.

- Putra, G., & Yulhendra, D. (2020). Optimalisasi Kemajuan *Sequence* Penambangan Batubara *Seam C* Di *Pit 1* Utara Banko Barat PT. Satria Bahana Sarana Jobsite Tanjung Enim Mining Operation, Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*, 05.
- Salpia, M. (2018). Kajian Teknis dan Ekonomis Penambangan Batubara untuk Mendapatkan *Recovery* Maksimal Batubara di PT. Kitadin Embalut Kalimantan Timur. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Satrio Ramadhan Dkk. (2018). Perhitungan Cadangan dan Desain *Pit* pada PT. Kaltim Prima *Coal*Sangatta, Kabupaten Kutai Kalimantan Timur . *Program Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta*.
- Shevyakov, L. (2009). Mining Of Mineral Deposit.
- Suyartono. (2003). Kebijakan Pemerintah tentang Kestabilan Lereng Penambangan di Indonesia. Prosiding Seminar Kemantapan Lereng Pertambangan Indonesia III. Direktur Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral.
- Suwandi, Awang. (2004). Diklat Perencanaan Tambang Terbuka. Universitas Islam Bandung
- Tenriajeng, A. T. (2003). Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Gunadarma.
- Wahono Rasyid dkk. (2019). Perencanaan Teknis Desain *Pit* pada Penambangan Batubara di *Pit III* Jambi. *Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*.

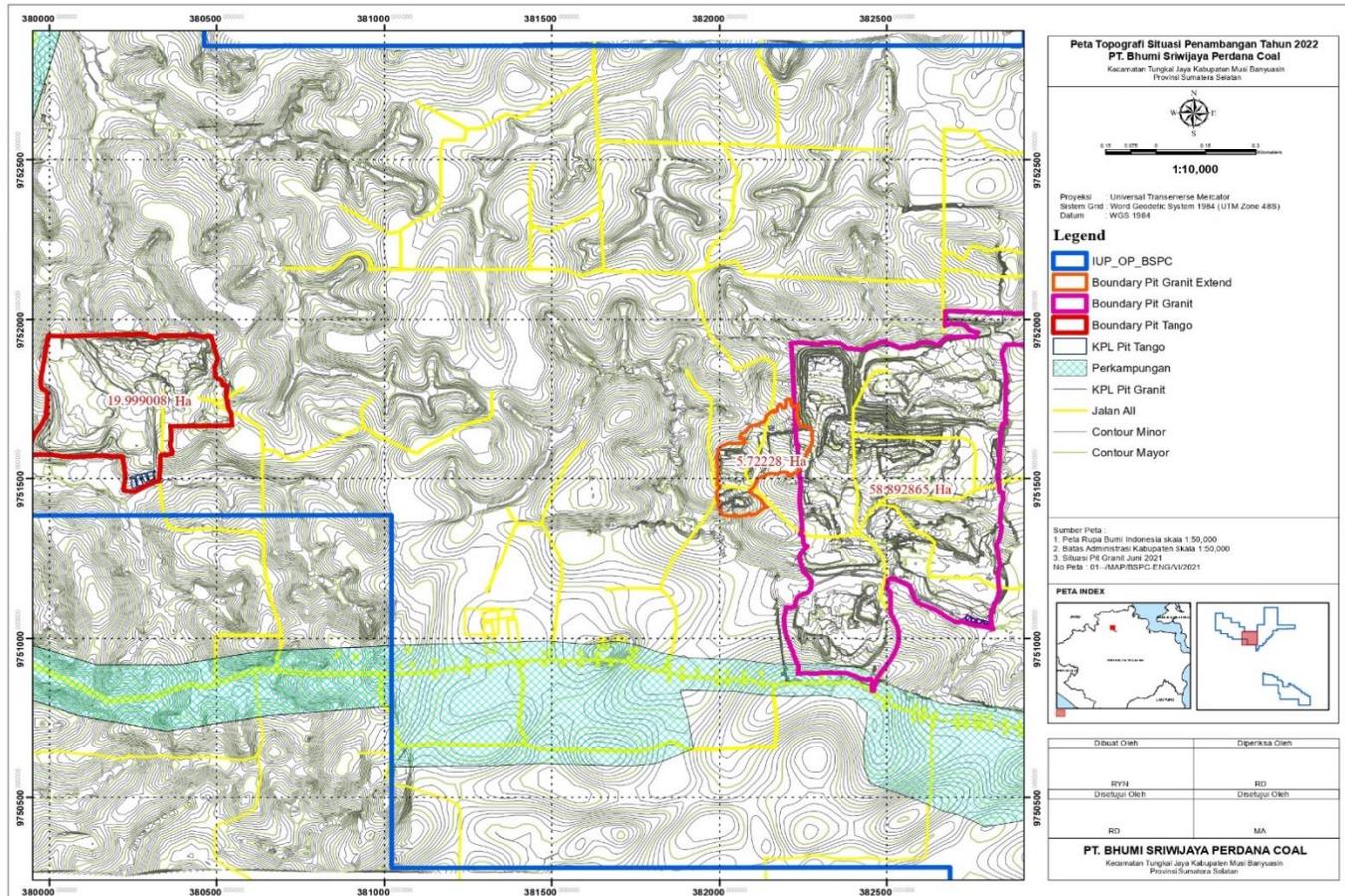
LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Geologi PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal



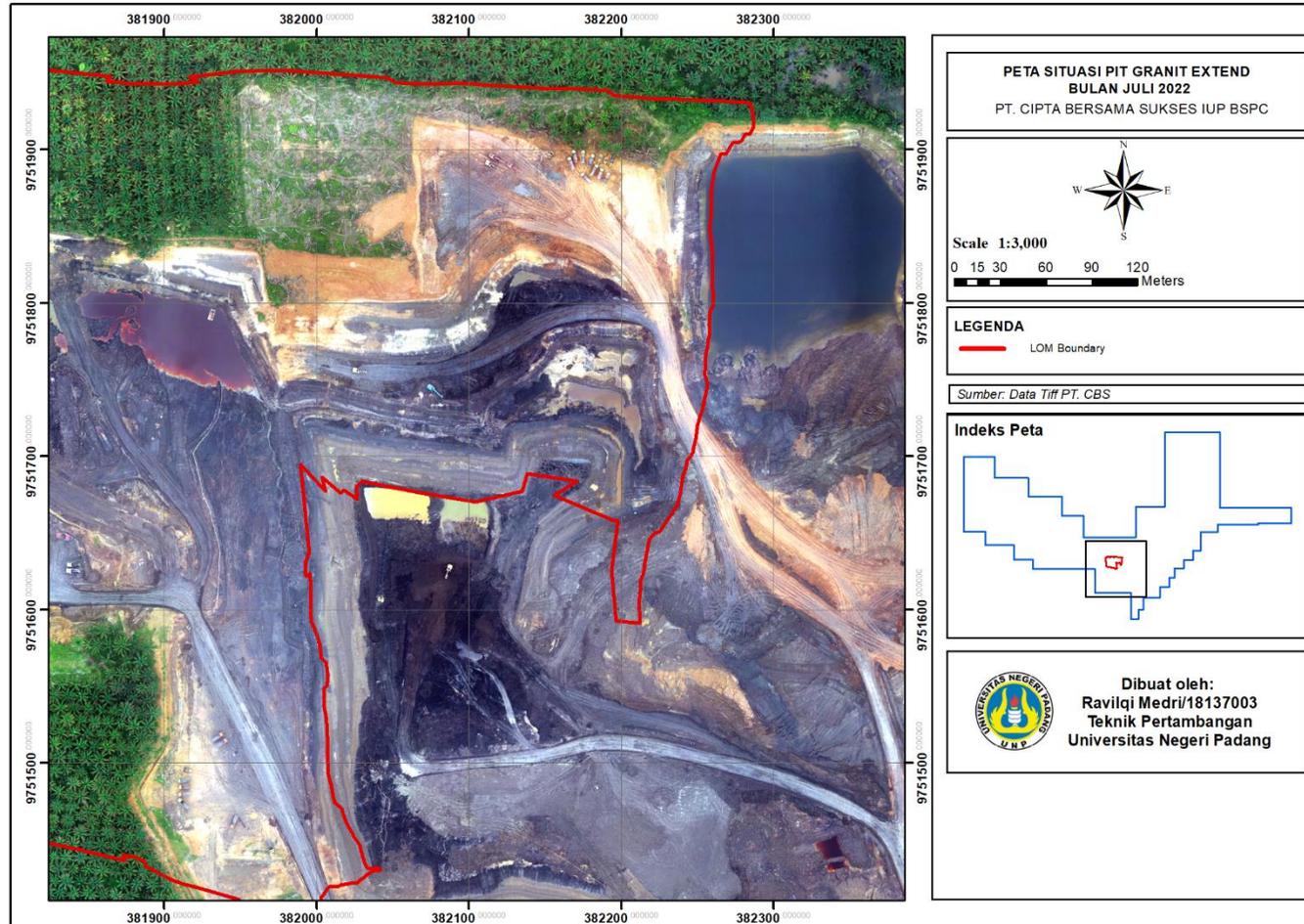
(Sumber: Arsip PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal, 2021)

Lampiran 2. Peta Topografi PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal



(Sumber: Arsip PT. Bhumi Sriwijaya Perdana Coal, 2022)

Lampiran 3. Peta Situasi *Pit* Granit Extend



Lampiran 4. Volume *Coal* dan *Overburden* Bulan Agustus

GEOVIA

Jan 20, 2023

Block model report

Block Model: **granit_extend.mdl**

Constraints used

a. INSIDE CONSTRAINT CONSTRAINT_AUGUST

Keep blocks partially in the constraint : False

Seam	Volume
	302392
seam_6i1	10982
seam_6u2	6596
seam_6u1	21116
Grand Total	341085

1/1

**Volume batubara belum dikali densiti*

Lampiran 5. Volume *Coal* dan *Overburden* Bulan September

GEOVIA

Jan 23, 2023

Block model report

Block Model: *granit_extend.mdl*

Constraints used

a. INSIDE CONSTRAINT CONSTRAINT_SEPTEMBER_5

Keep blocks partially in the constraint : False

Seam	Volume
	306196
seam_6i2	35426
seam_6i1	15358
seam_6u2	3058
seam_6u1	22834
seam_6u3	398
Grand Total	383272

**Volume batubara belum dikali densiti*

Lampiran 6. Volume *Coal* dan *Overburden* Bulan Oktober

GEOVIA

Jan 30, 2023

Block model report

Block Model: **granit_extend.mdl**

Constraints used

a. INSIDE CONSTRAINT CONSTRAINT_OKT5

Keep blocks partially in the constraint : False

Seam	Volume
seam_6i1	18175
	323053
seam_6u1	20614
seam_6u2	7671
seam_6i2	37491
seam_6u3	689
Grand Total	407633

**Volume batubara belum dikali densiti*

Lampiran 7. Data Cycle time Excavator CAT330GC

Digging (s)	Swing Isi (s)	Dumping (s)	Swing Kosong (s)	Cycle time (s)
9.87	4.86	5.66	6.37	26.76
7.68	3.64	2.86	4.37	18.55
10.23	5.17	4.00	4.04	23.44
8.09	2.64	4.67	3.84	19.24
8.09	4.93	4.10	3.73	20.85
10.40	4.58	4.23	3.84	23.05
10.63	4.88	4.25	6.20	25.96
11.76	3.84	3.57	3.86	23.03
10.19	4.44	3.07	4.12	21.82
9.98	5.73	4.24	4.24	24.19
10.99	5.94	4.80	2.22	23.95
10.70	4.66	6.25	3.11	24.72
12.53	5.95	4.01	3.85	26.34
8.87	6.85	4.44	4.77	24.93
9.88	4.18	5.20	3.59	22.85
6.95	5.61	4.93	4.32	21.81
7.83	4.55	4.78	4.16	21.32
9.50	4.45	3.85	3.75	21.55
7.95	5.02	3.55	3.52	20.04
10.16	4.60	4.17	4.02	22.95
8.69	5.04	4.87	4.30	22.90
9.03	4.34	5.13	4.42	22.92
8.29	4.13	4.63	3.75	20.80
7.67	6.41	4.77	6.77	25.62
8.40	3.64	3.97	4.38	20.39
9.61	3.80	5.97	3.35	22.73
11.85	3.96	4.14	3.72	23.67
8.21	4.49	4.36	5.49	22.55
9.35	5.34	5.50	4.67	24.86
9.02	4.86	4.58	4.49	22.95
Rata rata				
9.41	4.75	4.49	4.24	22.89

Lampiran 8. Data Cycle time Excavator Hitachi ZX350H-5G OB removal

Digging (s)	Swing Isi (s)	Dumping (s)	Swing Kosong (s)	Cycle time (s)
5,79	7,58	3,75	4,47	21,59
7,89	6,16	3,22	4,84	22,11
8,30	6,12	3,08	4,64	22,14
8,09	6,63	3,34	5,13	23,19
6,82	5,23	4,17	6,04	22,26
6,44	4,48	3,28	4,83	19,03
7,67	3,37	3,38	4,52	18,94
7,72	3,76	4,03	3,34	18,85
4,16	3,13	4,40	2,82	14,51
7,18	5,70	4,21	3,66	20,75
5,07	5,21	3,85	2,96	17,09
5,03	4,32	4,85	2,55	16,75
6,70	4,48	2,72	3,37	17,27
7,95	4,20	3,61	6,10	21,86
4,97	3,60	4,00	5,64	18,21
7,53	4,45	3,46	2,96	18,40
6,34	4,31	2,61	2,99	16,25
11,41	4,81	2,50	3,75	22,47
6,19	5,01	3,51	3,90	18,61
11,44	3,68	3,53	3,20	21,85
7,00	5,00	6,63	3,63	22,26
7,77	4,78	2,90	4,04	19,49
5,72	4,78	3,17	3,25	16,92
5,77	4,24	2,75	5,00	17,76
7,71	4,34	2,97	3,82	18,84
5,86	3,93	3,58	4,08	17,45
5,97	3,27	3,28	3,63	16,15
6,31	3,99	3,55	7,26	21,11
3,31	2,11	7,23	3,16	15,81
4,23	4,47	3,53	3,05	15,28
Rata Rata				
6,74	4,57	3,70	4,09	19,11

Lampiran 9. Data *Cycle time* ADT Volvo A40F

Manuver Loading (s)	Loading (s)	Hauling isi (s)	Manuver Dumping (s)	Dumping (s)	Hauling kosong (s)	Cycle time (s)	Isi Bucket
20,63	119,56	158,87	20,47	21,50	137,35	478,38	10,00
15,71	124,04	167,26	30,44	21,56	121,64	480,65	10,00
13,12	134,06	107,61	17,53	33,03	102,52	407,87	10,00
20,57	135,84	129,47	16,17	33,34	127,79	463,18	10,00
15,68	126,64	136,92	27,28	33,69	92,28	432,49	10,00
19,30	141,40	135,07	20,02	22,95	107,17	445,91	10,00
26,29	121,87	126,84	27,24	25,29	105,61	433,14	10,00
17,35	130,19	115,12	18,41	30,28	110,46	421,81	10,00
14,47	130,63	131,43	36,26	23,28	109,19	445,26	10,00
18,86	124,70	120,27	21,86	21,48	105,20	412,37	10,00
15,22	125,21	110,51	22,48	19,73	106,61	399,76	10,00
18,11	129,32	112,71	23,01	35,19	111,71	430,05	10,00
20,71	126,29	122,81	29,70	20,59	106,22	426,32	10,00
17,21	123,70	130,88	27,21	17,82	104,40	421,22	10,00
18,92	125,30	131,27	28,41	19,22	105,94	429,06	10,00
18,41	127,41	131,82	30,31	20,21	102,24	430,40	10,00
20,32	118,31	122,72	25,07	23,28	116,77	426,47	10,00
38,73	106,50	98,12	17,61	12,63	118,21	391,80	10,00
46,40	113,72	92,21	26,19	13,02	112,80	404,34	10,00
23,54	124,17	109,23	35,05	16,80	110,01	418,80	10,00
21,30	103,10	176,78	20,60	14,28	99,98	436,04	10,00
38,16	114,75	154,57	39,54	25,50	113,95	486,47	10,00
25,72	115,42	132,81	32,11	20,41	106,21	432,68	10,00
27,21	126,21	157,41	42,21	15,57	98,54	467,15	10,00
32,59	124,95	127,71	19,72	11,84	112,85	429,66	10,00
22,84	96,79	134,20	39,81	19,92	110,34	423,90	10,00
19,47	124,24	112,81	19,41	20,34	115,94	412,21	10,00
15,73	104,21	127,89	21,70	22,85	113,54	405,92	10,00
30,72	113,83	122,71	18,77	21,08	106,10	413,21	10,00
32,13	114,08	146,90	12,41	15,31	103,31	424,14	10,00
Rata rata							
22,85	121,55	129,50	25,57	21,73	109,83	431,02	10,00

Lampiran 10. Data *Cycle time* DT Hino 280JD

Manuver Loading (s)	Loading (s)	Hauling isi (s)	Manuver Dumping (s)	Dumping (s)	Hauling kosong (s)	<i>Cycle time</i> (s)	Isi Bucket
32,59	44,41	129,39	43,23	20,19	131,29	401,10	4,00
15,73	66,88	174,34	22,19	28,23	126,71	434,08	4,00
21,89	47,83	183,31	28,17	56,06	153,54	490,80	4,00
22,67	45,88	188,56	23,21	23,45	167,45	471,22	4,00
31,45	50,66	145,23	31,22	54,41	169,21	482,18	4,00
32,00	57,22	178,21	34,66	26,12	149,55	477,76	4,00
19,23	47,64	198,10	23,07	20,13	153,41	461,58	4,00
20,00	49,32	145,31	15,88	15,24	124,41	370,16	4,00
25,78	43,09	156,00	25,76	17,98	137,01	405,62	4,00
31,46	45,12	128,50	24,11	19,11	99,66	347,96	4,00
19,09	39,21	164,90	21,01	25,05	140,12	409,38	4,00
20,55	42,99	159,34	30,31	21,35	165,21	439,75	4,00
31,22	56,00	130,21	25,41	14,99	147,46	405,29	4,00
20,46	60,10	145,21	24,56	20,13	142,31	412,77	4,00
25,21	40,21	156,78	23,57	19,23	120,98	385,98	4,00
18,56	39,59	179,45	30,01	15,91	122,67	406,19	4,00
19,32	45,60	185,34	26,53	23,13	150,34	450,26	4,00
19,02	46,13	130,21	21,16	18,56	111,23	346,31	4,00
24,44	44,36	122,65	19,14	17,88	120,12	348,59	4,00
23,17	47,45	143,78	25,26	21,45	135,32	396,43	4,00
22,55	39,01	152,79	27,81	30,43	145,70	418,29	4,00
18,14	42,17	130,12	23,33	22,13	120,65	356,54	4,00
19,59	48,19	156,32	29,13	19,00	139,13	411,36	4,00
20,21	52,15	123,44	19,71	21,23	117,65	354,39	4,00
26,01	48,12	133,36	34,21	20,01	122,01	383,72	4,00
23,14	50,33	142,32	23,56	26,78	132,67	398,80	4,00
17,38	38,11	160,00	25,41	29,12	137,34	407,36	4,00
21,48	45,59	124,72	24,01	15,59	115,21	346,60	4,00
25,03	44,51	154,02	30,22	19,45	121,00	394,23	4,00
23,76	31,32	165,87	24,11	16,99	140,41	402,46	4,00
Rata rata							
23,04	46,64	152,93	26,00	23,31	135,33	407,24	4,00

Lampiran 11. Data Cycle time DT Hino 260JD Overburden

Manuver Loading (s)	Loading (s)	Hauling isi (s)	Manuver Dumping (s)	Dumping (s)	Hauling kosong (s)	Cycle time (s)	Isi Bucket
39,58	32,15	138,11	57,33	16,73	109,59	393,49	4,00
28,85	66,74	146,50	37,64	12,52	110,68	402,93	4,00
21,76	56,33	140,48	22,26	16,64	110,01	367,48	4,00
13,17	35,53	150,74	24,03	16,26	121,13	360,86	4,00
23,56	45,89	166,75	34,36	15,74	128,77	415,07	4,00
13,50	34,91	161,28	34,36	24,00	122,93	390,98	4,00
35,69	51,60	168,63	22,20	23,72	134,73	436,57	4,00
26,73	48,56	162,25	25,28	13,47	120,85	397,14	4,00
31,36	43,44	154,84	22,55	15,77	107,54	375,50	4,00
15,91	41,03	165,82	25,57	21,06	156,79	426,18	4,00
35,26	68,87	154,90	29,28	19,05	137,11	444,47	4,00
20,09	67,29	183,22	36,55	22,43	180,73	510,31	4,00
21,06	39,54	187,11	31,21	25,05	150,08	454,05	4,00
19,55	53,88	184,61	22,70	24,95	163,87	469,56	4,00
24,23	33,60	175,09	27,83	22,57	132,14	415,46	4,00
23,38	21,89	156,09	60,62	22,60	130,11	414,69	4,00
20,51	20,44	161,21	28,12	16,70	110,12	357,10	4,00
25,02	62,14	172,11	24,45	15,75	170,75	470,22	4,00
19,21	51,68	161,12	27,11	17,45	142,48	419,05	4,00
24,75	55,87	188,41	30,48	16,77	160,11	476,39	4,00
18,44	49,68	157,44	36,22	19,18	140,21	421,17	4,00
28,21	58,71	160,41	27,00	23,20	170,11	467,64	4,00
19,41	61,87	159,42	31,77	20,11	148,01	440,59	4,00
21,24	45,67	177,32	30,21	19,18	135,17	428,79	4,00
25,28	57,10	180,48	29,51	16,27	140,71	449,35	4,00
28,21	59,84	181,59	27,48	20,01	149,44	466,57	4,00
20,77	34,21	178,38	25,68	17,22	138,71	414,97	4,00
27,11	45,21	180,28	29,11	18,11	142,11	441,93	4,00
30,21	34,95	160,27	32,12	24,58	147,49	429,62	4,00
33,43	42,19	187,45	30,11	16,27	160,80	470,25	4,00
Rata rata							
24,52	47,36	166,74	30,77	19,11	139,11	427,61	4,00

Lampiran 12. Data Cycle time Excavator Hitachi ZX350H-5G Coal getting

Digging (s)	Swing Isi (s)	Dumping (s)	Swing Kosong (s)	Cycle time (s)
5,72	19,60	3,51	3,39	32,22
4,75	8,53	4,88	3,97	22,13
5,08	8,61	5,70	5,15	24,54
5,43	11,74	4,75	5,35	27,27
6,35	6,01	5,73	4,91	23,00
3,83	7,25	6,73	5,42	23,23
5,93	4,13	3,68	4,87	18,61
9,10	5,50	5,52	3,73	23,85
6,42	6,72	3,83	6,24	23,21
8,06	4,82	4,58	3,25	20,71
6,50	5,72	3,45	3,56	19,23
5,79	4,99	4,59	4,08	19,45
6,57	6,51	3,76	5,03	21,87
6,96	6,87	5,27	4,62	23,72
7,02	4,96	4,77	5,31	22,06
5,60	5,36	4,65	7,89	23,50
7,36	4,65	5,21	6,00	23,22
6,94	5,06	5,50	5,02	22,52
5,92	5,13	4,26	5,12	20,43
7,05	3,69	3,75	6,11	20,60
6,16	5,69	5,76	3,49	21,10
7,48	5,30	4,91	5,21	22,90
6,38	5,67	3,86	5,55	21,46
5,95	5,22	3,57	4,11	18,85
6,56	5,35	3,95	4,75	20,61
6,95	5,35	3,81	3,24	19,35
4,78	4,78	3,65	3,81	17,02
6,54	5,20	4,87	4,03	20,64
5,89	4,13	3,29	3,28	16,59
Rata rata				
6,31	6,29	4,54	4,71	21,86

Lampiran 13. Data *Cycle time* DT Hino 260JD Coal getting

Manuver Loading (s)	Loading (s)	Hauling isi (s)	Manuver Dumping (s)	Dumping (s)	Hauling kosong (s)	<i>Cycle time</i> (s)	Isi Bucket
32,00	44,41	129,39	43,23	20,19	131,29	400,51	8,00
15,73	66,88	174,34	22,19	28,23	126,71	434,08	8,00
21,89	47,83	183,31	28,17	56,06	153,54	490,80	8,00
38,24	158,88	200,94	28,68	36,02	194,16	656,92	8,00
43,07	180,91	205,20	23,69	18,72	178,21	649,80	8,00
35,55	182,15	182,35	12,33	50,12	184,53	647,03	8,00
32,01	181,08	207,97	31,55	45,59	180,93	679,13	8,00
42,69	175,86	156,99	22,16	64,23	208,95	670,88	8,00
50,37	185,08	191,40	25,83	43,32	169,84	665,84	8,00
41,34	182,58	217,23	41,47	49,78	183,32	715,72	8,00
57,56	145,82	203,19	28,11	49,86	181,29	665,83	8,00
49,65	179,01	179,53	21,53	50,12	179,93	659,77	8,00
56,80	176,65	182,37	38,02	45,79	179,45	679,08	8,00
41,50	183,40	182,27	23,51	31,65	159,84	622,17	8,00
36,91	180,31	180,54	21,47	25,70	160,15	605,08	8,00
40,26	181,88	179,68	26,50	33,48	156,21	618,01	8,00
37,06	148,15	194,01	28,72	32,90	175,78	616,62	8,00
45,31	180,29	201,83	40,34	54,20	142,10	664,07	8,00
30,76	190,31	159,05	38,21	30,18	169,99	618,50	8,00
30,19	171,48	193,03	24,61	32,77	180,56	632,64	8,00
37,83	157,23	203,54	29,83	35,13	166,31	629,87	8,00
40,20	182,17	190,50	30,02	30,52	159,54	632,95	8,00
36,65	169,44	206,92	27,94	44,97	158,11	644,03	8,00
41,34	206,90	200,30	31,50	53,90	185,21	719,15	8,00
45,80	178,42	192,49	36,04	33,31	211,09	697,15	8,00
32,01	181,35	189,01	27,34	45,12	189,37	664,20	8,00
45,32	157,89	200,30	21,75	38,90	189,20	653,36	8,00
36,80	175,09	175,31	32,39	49,12	147,34	616,05	8,00
39,98	193,01	189,33	20,68	34,76	153,97	631,73	8,00
48,82	193,91	218,12	24,13	43,79	174,67	703,44	8,00
Rata rata							
39,45	164,61	189,01	28,40	40,28	171,05	632,81	8,00

Lampiran 14. *Bucket fill factor*

Type unit	Jenis Material	Volume Aktual	Volume teoritis	Fill Factor
Exc CAT 330GC	<i>Overburden</i>	1,8	2,4	0,75
Exc Hitachi ZX350H-5G	<i>Overburden</i>	1,8	2	0,9
Exc Hitachi ZX350H-5G	<i>Batubara subbituminous</i>	1,6	2	0,8

(Sumber: PT, Cipta Bersama Sukses)

1. *Bucket Fill Factor excavator CAT330GC*

Diketahui:

Kapasitas *bucket* actual = 1,8 m³

Kapasitas *bucket* teoritis = 2,4 m³

Maka, nilai *fill factor* Excavator CAT330GC adalah:

$$\begin{aligned} \text{Fill factor} &= \frac{\text{Kapasitas Bucket Aktual (m}^3\text{)}}{\text{Kapasitas Bucket Teoritis (m}^3\text{)}} \times 100\% \\ &= \frac{1,8 \text{ m}^3}{2,4 \text{ m}^3} \times 100\% \\ &= 75\% \end{aligned}$$

2. *Bucket Fill Factor excavator CAT330GC*

Diketahui:

Kapasitas *bucket* actual = 1,8 m³

Kapasitas *bucket* teoritis = 2 m³

Maka, nilai *fill factor* Excavator CAT330GC adalah:

$$\begin{aligned} \text{Fill factor} &= \frac{\text{Kapasitas Bucket Aktual (m}^3\text{)}}{\text{Kapasitas Bucket Teoritis (m}^3\text{)}} \times 100\% \\ &= \frac{1,8 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3} \times 100\% \\ &= 90\% \end{aligned}$$

3. Nilai *Fill Factor* Excavator Hitachi ZX350H-5G *Coal getting*

Diketahui:

Kapasitas *bucket* actual = 1,6 m³

Kapasitas *bucket* teoritis = 2 m³

Maka, nilai *fill factor excavator* Hitachi ZX350H-5G adalah:

$$\begin{aligned} \text{Fill factor} &= \frac{\text{Kapasitas Bucket Aktual (m}^3\text{)}}{\text{Kapasitas Bucket Teoritis (m}^3\text{)}} \times 100\% \\ &= \frac{1,6 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3} \times 100\% \\ &= 80\% \end{aligned}$$

Lampiran 15. Swell factor

Jenis Material	Volume Loose	Volume Insitu	Swell factor
Overburden	6,5	8,125	0,8
Batubara subbituminous	0,79	1,207	0,65

(Sumber: PT, Cipta Bersama Sukses)

1. Swell Factor Batubara

Diketahui:

Volume *insitu batubara* = 1,207 bcm

Volume *loose batubara* = 0,79 lcm

Maka, nilai *swell factor* batubara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Swell Factor} &= \frac{\text{Loose Volume}}{\text{Insitu Volume}} \times 100\% \\ &= \frac{0,79 \text{ Bcm}}{1,207 \text{ Lcm}} \times 100\% \\ &= 65\% \end{aligned}$$

2. Swell Factor Overburden

Diketahui:

Volume *insitu overburden* = 8,125 bcm

Volume *loose overburden* = 6,5 lcm

Maka, nilai *swell factor overburden* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Swell Factor} &= \frac{\text{Loose Volume}}{\text{Insitu Volume}} \times 100\% \\ &= \frac{6,5 \text{ Bcm}}{8,125 \text{ Lcm}} \times 100\% \\ &= 80\% \end{aligned}$$

Lampiran 16. Data Produksi *Coal getting* PT, CBS Tanggal 8 Agustus 2022

Coal Getting					
Date	Plan	Actual	Ach%	Trend	Coal Inventory
1-Aug-22	-	4,056.0	0.0%	////	43,106.847
2-Aug-22	-	5,746.0	0.0%	////	39,655.847
3-Aug-22	-	4,069.0	0.0%	////	35,586.847
4-Aug-22	-	2,613.0	0.0%	////	33,025.847
5-Aug-22	-	5,486.0	0.0%	////	27,539.847
6-Aug-22	-	6,097.0	0.0%	////	0.000
7-Aug-22	-	4,381.0	0.0%	////	0.000
8-Aug-22	2,010.1	455.0	22.6%	////	0.000
9-Aug-22	2,010.1		0.0%		0.000
10-Aug-22	2,010.1		0.0%		0.000
11-Aug-22	2,010.1		0.0%		0.000
12-Aug-22	1,852.2		0.0%		0.000
13-Aug-22	2,010.1	-	0.0%	////	0.000
14-Aug-22	1,005.0	-	0.0%	////	0.000
15-Aug-22	2,010.1	-	0.0%	////	0.000
16-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
17-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
18-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
19-Aug-22	3,827.4	-	0.0%	////	0.000
20-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
21-Aug-22	2,076.8	-	0.0%	////	0.000
22-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
23-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
24-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
25-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
26-Aug-22	3,527.4	-	0.0%	////	0.000
27-Aug-22	4,153.7	-	0.0%	////	0.000
28-Aug-22	2,076.8	-	0.0%	////	0.000
29-Aug-22	4,128.9	-	0.0%	////	0.000
30-Aug-22	4,128.9	-	0.0%	////	0.000
31-Aug-22	4,128.9	-	0.0%	////	0.000
TOTAL	76,195.82	32,903.0	43.2%	////	

Lampiran 17. Data Produksi Pengupasan OB PT, CBS Tanggal 8 Agustus 2022

Overburden				
Date	Plan	Actual	Ach%	Trend
1-Aug-22	11,237.0	7,139.5	63.5%	////
2-Aug-22	11,240.4	9,445.0	84.0%	////
3-Aug-22	11,240.4	5,858.5	52.1%	////
4-Aug-22	11,240.4	4,458.0	39.7%	////
5-Aug-22	10,357.4	4,739.0	45.8%	////
6-Aug-22	11,240.4	8,166.5	72.7%	////
7-Aug-22	5,620.2	6,958.5	123.8%	////
8-Aug-22	11,240.4	1,211.0	10.8%	////
9-Aug-22	11,240.4	-	0.0%	////
10-Aug-22	11,240.4	-	0.0%	////
11-Aug-22	11,240.4	-	0.0%	////
12-Aug-22	10,357.4	-	0.0%	////
13-Aug-22	11,240.4	-	0.0%	////
14-Aug-22	5,620.2	-	0.0%	////
15-Aug-22	11,240.4	-	0.0%	////
16-Aug-22	11,240.4	-	0.0%	////
17-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
18-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
19-Aug-22	8,489.1	-	0.0%	////
20-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
21-Aug-22	4,606.4	-	0.0%	////
22-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
23-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
24-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
25-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
26-Aug-22	8,489.1	-	0.0%	////
27-Aug-22	9,212.8	-	0.0%	////
28-Aug-22	4,606.4	-	0.0%	////
29-Aug-22	9,379.7	-	0.0%	////
30-Aug-22	9,379.7	-	0.0%	////
31-Aug-22	9,379.7	-	0.0%	////
TOTAL	294,868.4	47,976.0	16.3%	////

Lampiran 18. Data Hambatan Jam Kerja Bulan Agustus 2022

Available Hours							
Aug-22							
	Dimension	Week I	Week II	Week III	Week IV	Week V	Total 1 Bulan
Calendar Days	<i>Days</i>	7	7	7	7	3	31
Idul Fitri Days	<i>Days</i>	0	0	0	0	0	
Eid Al-Adha	<i>Days</i>	0	0	0	0	0	
New Years day	<i>Days</i>	0	0	0	0	0	
Independence day	<i>Days</i>	0	0	1	0	0	1
Christmast Day	<i>Days</i>	0	0	0	0	0	
Over shift	<i>0.5/days</i>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	3
Working Days	<i>Days</i>	6.5	6.50	5.5	6.50	2.50	28
Total Hours	<i>Hours</i>	156.00	156.00	132.00	156.00	60.00	660
Waktu Hambatan							
Meals and rest time	<i>1 hour/day</i>	13.00	13.00	11.00	13.00	5.00	93.08
Friday Prayer	<i>1 hour/day</i>	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	
P5M	<i>5 minute/shift</i>	1.08	1.08	0.92	1.08	0.42	
Safety Talk	<i>0.5 hours/week</i>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	
Shift Change	<i>1 hour/day</i>	6.50	6.50	5.50	6.50	2.50	
Waktu Stand by							
Rain Hours	<i>1.805 hours/day</i>	11.73	11.73	9.93	11.73	4.51	80.66
Slipery	<i>50%</i>	5.87	5.87	4.96	5.87	2.26	
Prepare Front Loading	<i>10 minutes/shift</i>	1.40	1.40	1.40	1.40	0.60	
P2H	<i>5 minutes/shift</i>	1.08	1.08	0.92	1.08	0.42	7.68
Refueling	<i>10 minutes/day</i>	0.70	0.70	0.70	0.70	0.30	
Total Standby Hours		42.87	42.87	36.82	42.87	16.00	181.42
EWH		113.13	113.13	95.18	113.13	44.00	
EWH 1 Bulan		478.00					

Lampiran 19. Kemampuan Produksi Perbulan PT. Cipta Bersama Sukses

<i>SUMMARY</i>	Material	Agustus	September	Oktober
<i>Volume By</i>	OB (bcm)	300.120,40	300.052,00	300.873,00
<i>Production</i>	COAL (mt)	76.195,82	90.487,00	100.975,00
<i>Capacity</i>	SR	3.93	3.32	2.98

(Sumber: PT. Cipta Bersama Sukses, Agustus 2022)

Lampiran 20. Spesifikasi Alat ADT Volvo A40F

Spesifikasi ADT Hino Volvo A40F	
Weight	: 30,8 t
Dump Capacity	: 24 m ³
Net load	: 39 t
Transport width	: 3,43 m
Turning radius outside	: 8,97 m
Engine manuf	: Volvo
Engine power	: 350 Kw
Revolutions at max torque	: 1050 rpm
Standard tyres	: 29,5 R 25
Travel speed	: 57 km/h
Transport length	: 11,26 m
Transport height	: 3,62 m
Loading height	: 3,2 m
Engine type	: D 16 H-B
Displacement	: 16,11

(Sumber : Specification Volvo Articulated Dump truck A40F)

Lampiran 21. Spesifikasi Alat DT, Hino FM 260 JD

Spesifikasi <i>Dump truck</i> Hino 500 FM 260 JD		
Model mesin	Model	J08E-UF
	Tenaga maksimum	260/2,500 PS/rpm
	Daya maksimum	76/1,500 kg,m/rpm
	Jumlah silinder	6
	Diameter x Langkah Piston	112 x 130 mm
	Isi silinder	7,684 cc
Performa	Kecepatan maksimum	87 km/jam
	Daya tanjak	52 tan
Dimensi	Jarak sumbu roda	4,030 + 1,350 mm
	Kabin kesumbu roda belakang	3,875 mmss
	Total panjang	8,645 mm
	Total lebar	2,490 mm
	Total tinggi	2,770 mm
	Lebar jejak depan	2,050 mm
	Lebar jejak belakang	1,860 mm
Berat chassis	Berat kosong	7,500 kg
	Berat total kendaraan	26,00 kg
Tangki solar	Kapasitas	200 L

(Sumber : <https://www.hino.co.id/product-detail/2/fm-260-jd-new>)

Lampiran 22. Spesifikasi Alat DT Hino FM 280 JD

Spesifikasi <i>Dump truck</i> Hino FM 280 JD		
Model mesin	Model	J08E-WK
	Tenaga maksimum	285/2,500 PS/rpm
	Daya maksimum	91/1,500 kg,m/rpm
	Jumlah silinder	6
	Diameter x Langkah Piston	112 x 130 mm
	Isi silinder	7,684 cc
Performa	Kecepatan maksimum	77 km/jam
	Daya tanjak	67 tan
Dimensi	Jarak sumbu roda	4,030 + 1,350 mm
	Kabin kesumbu roda belakang	3,875 mmss
	Total panjang	8,600 mm
	Total lebar	2,490 mm
	Total tinggi	2,760 mm
	Lebar jejak depan	2,050 mm
	Lebar jejak belakang	1,860 mm
Berat chassis	Berat kosong	7,500 kg
	Berat total kendaraan	26,000 kg
Tangki solar	Kapasitas	200 L

(Sumber : <https://www.hino.co.id/product-detail/2/fm-260-jd-new>)

Lampiran 23. Spesifikasi Alat Excavator CAT 330 GC

Spesifikasi Excavator CAT 330GC	
Daya bersih	157,8 Kw
Model Engine	C7,1 Cat
Daya Engine-ISO 14396	159 Kw
Diameter	105 mm
Langkah	135 mm
Kapasitas Silinder	7,01 l
System Utama- Aliran Maksimum	560 l/mnt (148 gal/ mnt)
Tekanan maksimum–peralatan	35000 kPa
Tekananmaksimum-Travel	35000 kPa
Tekanan maksimum–swing	28400 kPa
Kecepatan swing	11,5 r/min
Torsi swing maksimum	82k
Bobot kerja	28400 kg
Bucket	1,60 m ³
Boom	Penjangkau 6,15 m (20,2 ft)
Stick	Penjangkau 3,2 m (10,5 ft)
Panjang Track	4360 mm

(Sumber: Specification Handbook Caterpillar)

Lampiran 24. Spesifikasi Alat *Excavator* Hitachi ZX350H-5G

Spesifikasi <i>Excavator</i> Hitachi ZX350H-5G	
Model Engine	Isuzu AH-6HIK1K
Daya Engine-ISO 14396	184 Kw
Diameter	105 mm
Langkah	135 mm
Kapasitas Silinder	6
System Utama- Aliran Maksimum	560 l/mnt (148 gal/ mnt)
Tekanan maksimum–peralatan	34,3 MPa
Tekanan maksimum-Travel	34,3 MPa
Tekanan maksimum–swing	32,4 MPa
Kecepatan swing	10,7 r/min
Torsi swing maksimum	298 kN
Bobot kerja	32900 kg
Bucket	2,00 m ³
Boom	Penjangkau 6,15 m (20,2 ft)
Stick	Penjangkau 3,2 m (10,5 ft)
Panjang Track	4640 mm

(Sumber : *Specification Handbook Hitachi*)