

**PERENCANAAN PENAMBANGAN DAN PENJADWALAN
PRODUKSI *LIFE OF MINE (LoM)* PIT BARAT DI PT.
BUBUHAN MULTI SEJAHTERA KABUPATEN
BATANGHARI PROVINSI JAMBI**

SKRIPSI



WERIK DIRGA PUTRA

F1D118034

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK KEBUMIHAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2023

**PERENCANAAN PENAMBANGAN DAN PENJADWALAN
PRODUKSI *LIFE OF MINE (LoM)* PIT BARAT DI PT.
BUBUHAN MULTI SEJAHTERA KABUPATEN
BATANGHARI PROVINSI JAMBI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Pertambangan



**WERIK DIRGA PUTRA
F1D118034**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK KEBUMIHAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan Ini Saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang tertulis atau diterbitkan orang lain kecuali acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, 3 Agustus 2023

Yang menyatakan

Werik Dirga Putra

F1D118034

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Perencanaan Penambangan dan Penjadwalan Produksi *Life of mine Pit* Di PT. Bubuhan Multi Sejahtera Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi** yang disusun oleh **Werik Dirga Putra, NIM : F1D118034** telah dipertahankan didepan tim Penguji pada tanggal 3 agustus 2023 dan dinyatakan lulus.

Susunan Tim Penguji :

Ketua : Dr. Lenny Marlinda, S.T., M.T.
Sekretaris : Ericson, S.T., M.Eng.Sc.
Anggota : 1. Yosa Megasukma, S.T., M.T.
2. Jarot Wiratama, S.T., M.T.
3. Yudi Arista Yulanda, S.T., M.T.

Disetujui :

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Lenny Marlinda, S.T., M.T.
NIP. 197907062008122002

Ericson, S.T., M.Eng.Sc.
NIP199104172022031006

Diketahui :

Ketua Jurusan
Teknik Kebumihan

Koordinator Program Studi
Teknik Pertambangan

Dr. Lenny Marlinda, S.T., M.T
NIP. 197907062008122002

M. Ikrar Lagowa, S.T., M.Eng.Sc
NIP. 198902142019031011

ABSTRAK

PT. Bubuhan Multi Sejahtera (BMS) adalah perusahaan yang bergerak bidang pertambangan batubara di Desa Sungai Buluh Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. Rancangan penambangan dan penjadwalan produksi merupakan salah satu parameter penting yang harus dipenuhi sebelum melakukan kegiatan penambangan. Kegiatan rancangan ini bertujuan agar terlaksananya penambangan yang layak secara teknis sesuai dengan tahapan operasi produksi yang sistematis dan terarah serta tercapainya sasaran produksi yang optimal. Adapun permasalahan yang terjadi pada PT. Bubuhan Multi Sejahtera yaitu telah mencapainya batas penambangan tahunan tetapi terdapat perubahan area penambangan, dikarenakan adanya perubahan tersebut maka perlu adanya revisi pada studi kelayakan. Studi kelayakan bertujuan untuk merencanakan strategi dan metode penambangan sehingga rancangan *life of mine (LoM)* merupakan salah hal yang sangat penting dilakukan untuk mendukung dan menjadikan dasar atas perubahan revisi studi kelayakan. Data primer yang diperlukan dalam penelitian adalah orientasi lapangan sedangkan data sekunder berupa data rencana target produksi, rekomendasi geotek lereng *pit* final, *survey*, *logbor*, data ketersediaan alat mekanis dan jam kerja perusahaan. Hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu rancangan *pit* barat, penjadwalan produksi, total cadangan batubara sebesar 113.530,43 ton dan 307.923,52 BCM *Overburden* dengan rata-rata SR 2,7 dan kebutuhan jumlah alat mekanis. Terdapat 2 *fleet* dan setiap *fleetnya* terdapat 1 *excavator* melayani 3 *articulated dump truck*. Dalam penelitian ini PT. Bubuhan Multi Sejahtera dapat menjadikan acuan untuk perubahan revisi studi kelayakan.

RIWAYAT HIDUP



Penulis Bernama Werik Dirga Putra, dilahirkan pada tanggal 05 Agustus 1999 Di Pematang pauh, Provinsi Jambi. Penulis merupakan putra dari pasangan suami istri Bapak Nafrizal dan Ibu Mastuti. Penulis beralamat di kota bangko, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 197 Kerinci tahun 2011, lalu melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri Satap 2 Merangin dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah kejuruan di SMK Negeri 2 Merangin dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan Pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri, tepatnya di Universitas Jambi dan menjadi mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Jambi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Perencanaan Penambangan dan Penjadwalan Produksi *Life of mine* (LoM) Pit barat Di PT. Bubuhan Multi Sejahtera Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi”**. Saya juga mengucapkan terimakasih kepada PT. Bubuhan Multi Sejahtera yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melakukan tugas akhir selama 1 bulan, dengan tujuan sebagai persyaratan mata kuliah skripsi.

Dalam penyusunan skripsi ini saya juga mendapatkan bimbingan dari berbagai pihak, maka dari itu saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
2. Muhammad Ikrar Lagowa, S. T., M.Eng.Sc. selaku Koordinator Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
3. Dr. Lenny Marlinda, S.T. M.T, selaku dosen pembimbing utama dan bapak Ericson, S.T., M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing pendamping.
4. Muhammad Fajrin, S.T, selaku pembimbing lapangan di PT. Bubuhan Multi Sejahtera.
5. Seluruh karyawan di PT. Bubuhan Multi Sejahtera.
6. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa dalam kegiatan magang terintegrasi penelitian akhir ini.

Semoga bimbingan dan dukungan yang telah ibu/bapak berikan kepada saya menjadi amal ibadah dan mendapat balasan yang sebesar-besarnya oleh Allah SWT. Jika terdapat kesalahan didalam penulisan, penulis sangat terbuka untuk masukan, kritik dan saran sehingga akan lebih baik lagi kedepannya.

Jambi, 3 Agustus 2023

Yang menyatakan

Werik Dirga Putra

F1D118034

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	i
PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II	4
2.1 Kondisi Geologi.....	4
2.2 Perencanaan Tambang.....	5
2.3 Batubara.....	6
2.4 Perhitungan Sumberdaya.....	8
2.4.1 Batubara	8
2.4.2 <i>Overburden</i>	9
2.5 Lereng	11
2.5.1 Lereng Secara Umum	11
2.5.2 Analisis Kestabilan Lereng.....	11
2.5.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng.....	12
2.5.4 Geometri Jenjang KEPMEN 1827 No. 555 Pasal 241	15
2.6 Desain Tambang.....	15
2.6.1 Batas Penambangan (<i>Pit Limit</i>)	15
2.6.2 Geometri Jenjang (<i>Bench</i>).....	16
2.6.3 Sudut Jenjang (<i>Slope</i>).....	17
2.6.4 Geometri Jalan Tambang	19
2.6.5 Perhitungan Cadangan	23
2.6.6 Perhitungan Nisbah Pengupasan (<i>Striping Rasio</i>).....	25
2.7 Kemampuan Alat Mekanis	26
2.7.1 Produktifitas.....	26
2.7.2 <i>Fill Faktor</i> (Factor Pengisian).....	27
2.7.3 <i>Swell Factor</i> (Faktor Pengembang)	28
2.7.4 <i>Cycle Time</i>	28

2.7.5 Efisiensi Kerja	29
2.7.6 <i>Match Factor</i>	29
2.8 Sistem Penyaliran Tambang.....	30
2.9 Curah Hujan	31
2.9.1 Periode Ulang Hujan.....	31
2.9.2 Curah Hujan Rencana.....	32
2.9.3 Intensitas Curah Hujan	34
2.9.4 Daerah Tangkapan Hujan (<i>Catchment Area</i>).....	34
2.9.5 Air Limpasan	35
2.9.6 Air Tanah	35
2.10 Rancangan Sistem Penyaliran Tambang	36
2.10.1 Perencanaan Kolam Penampungan (<i>Sump</i>)	36
2.10.2 Pemompaan dan pemipaan.....	37
2.11 Penjadwalan Produksi (<i>Sequence</i>).....	40
2.12 Rancangan Penimbunan	43
2.13 Perangkat lunak (<i>Software</i>).....	44
2.14 Penelitian Terdahulu.....	45
BAB III.....	46
3.1 Lokasi Penelitian dan Kesempaan Daerah	46
3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	46
3.3 Metode Penelitian.....	47
3.3.1 Studi Literatur.....	47
3.3.2 Data Primer	47
3.3.3 Data Sekunder	48
3.3.4 Pengolahan Data	48
3.3.5 Analisis Data	49
BAB IV.....	53
4.1 Rancangan <i>Design Pit Limit</i>	53
4.1.1 Geometri Lereng	53
4.1.2 Geometri Jalan Angkut	54
4.1.3 Perhitungan Cadangan.....	55
4.1.4 Rancangan Blok Pada <i>Pit</i>	56
4.1.5 Rancangan <i>Waste dump</i>	62
4.2 Kemampuan Alat Mekanis.....	65
4.3 Penjadwalan Produksi.....	67
4.4 Rancangan <i>Design Pit Limit</i> Rekomendasi.....	72
4.4.1 Geometri Lereng	72
4.4.2 Rancangan Blok Pada <i>Pit</i>	74

4.4.3 Perhitungan Cadangan.....	80
4.4.4 Rancangan <i>Waste dump</i>	81
4.4.5 Penjadwalan Produksi dan Pivot table	84
4.4.6Rekomendasi Rancangan Penyaliran.....	89
4.5 Ringkasan Penelitian	95
BAB V.....	96
5.1 Kesimpulan	96
5.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jarak Pengeboran	9
Tabel 2. Densitas material	10
Tabel 3. Nilai faktor keamanan	12
Tabel 4. <i>Fill factor</i>	28
Tabel 5. <i>Sweel factor</i>	28
Tabel 6. <i>Match factor</i>	30
Tabel 7. Hubungan derajat hujan dan intensitas curah hujan	34
Tabel 8. Koefisien limpasan	35
Tabel 9. Waktu kegiatan	47
Tabel 10. Pengamatan Dilapangan.....	47
Tabel 11. Faktor keamanan.....	51
Tabel 12. Hasil Uji laboratorium	53
Tabel 13. Nilai Faktor Keamanan	54
Tabel 14. Jumlah <i>Overburden</i> perbulan	56
Tabel 15. Jumlah cadangan batubara.....	56
Tabel 16. Volume Waste dump	62
Tabel 17. Perhitungan produktivitas alat gali muat	65
Tabel 18. Perhitungan produktivitas alat angkut.....	65
Tabel 19. Match Faktor	66
Tabel 20. Hasil Uji laboratorium	73
Tabel 21. Cadangan <i>Overburden</i> perbulan	74
Tabel 22. Jumlah cadangan batubara.....	75
Tabel 23. Volume waste dump rekomendasi.....	81
Tabel 24. Luasan Cathment Area	89
Tabel 25. Koefisien Limpasan	90
Tabel 26. Perhitungan Debit air limpasan	91
Tabel 27. Volume <i>Sump</i>	91
Tabel 28. Dimensi <i>sump</i> keseluruhan	94
Tabel 29. Jam kerja pompa	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Geologi PT. Bubuhan Multi Sejahtera	4
Gambar 2. Lapisan Batubara pada <i>pit</i> timur	5
Gambar 3. Sumber daya dan cadangan.....	9
Gambar 4. Ilustrasi Pengupasan <i>Overburden</i>	11
Gambar 5. Geometri Jenjang	16
Gambar 6. Overall slope angle.....	18
Gambar 7. overall slope angle with ramp	18
Gambar 8. interamp slope angle.....	19
Gambar 9. Jalan Dua Jalur	19
Gambar 10. Jalan pada tikungan.....	21
Gambar 11. Geometri jalan	21
Gambar 12. Geometri jalan tikungan	22
Gambar 13. Metode Poligon	25
Gambar 14. Metode Discharge	39
Gambar 15. Peta Kesampaian lokasi penelitian	46
Gambar 16. Laporan cadangan	55
Gambar 17. <i>Design</i> blok bulan ke-1	57
Gambar 18. <i>Design</i> blok bulan ke-2	58
Gambar 19. <i>Design</i> blok bulan ke-3	59
Gambar 20. <i>Design</i> blok bulan ke-4	60
Gambar 21. <i>Design</i> blok bulan ke-5	60
Gambar 22. <i>Design</i> blok bulan ke-6	61
Gambar 23. <i>Design</i> blok bulan ke-7	62
Gambar 24. Rancangan <i>Disposal</i> bulan ke-1	63
Gambar 25. Rancangan <i>Disposal</i> bulan ke-2	63
Gambar 26. Rancangan <i>Disposal</i> bulan ke-3	64
Gambar 27. Rancangan <i>Disposal</i> bulan ke-4	65
Gambar 28. Perhitungan Faktor keamanan.....	73
Gambar 29. <i>Design</i> blok bulan ke-1 rekomendasi.....	76
Gambar 30. <i>Design</i> blok bulan ke-2	76
Gambar 31. <i>Design</i> blok bulan ke-3	77
Gambar 32. <i>Design</i> blok bulan ke-4	78
Gambar 33. <i>Design</i> blok bulan ke-5	79
Gambar 34. <i>Design</i> blok bulan ke-6	80
Gambar 35. <i>Design</i> blok bulan ke-7	80
Gambar 36. Laporan cadangan	81
Gambar 37. Rancangan rekomendasi <i>Disposal</i> bulan ke-1	82
Gambar 38. Rancangan Rekomendasi <i>Disposal</i> bulan ke-2.....	83
Gambar 39. Rancangan Rekomendasi <i>Disposal</i> bulan ke-3.....	83
Gambar 40. Rancangan Rekomendasi <i>Disposal</i> bulan ke-4.....	84
Gambar 41. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-1	92
Gambar 42. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-1	92
Gambar 43. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-2	92
Gambar 44. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-2	92
Gambar 45. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-3	93
Gambar 46. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-3	93
Gambar 47. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-4	93
Gambar 48. Dimensi <i>sump</i> bulan ke-4	93

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perencanaan penambangan bertujuan agar tercapainya sasaran produksi yang optimal yang sesuai secara teknis dengan tahapan operasi produksi secara sistematis dan terarah. Sehingga dalam pelaksanaan kegiatan penambangan dibutuhkan rancangan penambangan untuk mengatur dan mengarahkan kegiatan produksi yang akan berlangsung. Dengan tujuan untuk mengetahui dari awal terkait penambangan melalui optimasi cadangan secara keseluruhan dengan mempertimbangkan beberapa parameter teknis sehingga dapat merencanakan jadwal produksi dalam jangka waktu tertentu (Awang, 2004).

Perencanaan merupakan gagasan pada tahap awal suatu kegiatan yang berguna untuk menetapkan apa dan karena apa dikerjakan, kapan, siapa, dimana serta bagaimana pelaksanaan kegiatan tersebut. Perencanaan tambang pada umumnya dimulai dari perencanaan lokasi penambangan, rencana penambangan mencakup perencanaan alat utama, alat penunjang dan *Design pit*, penjadwalan produksi, rencana penimbunan dan pengupasan *Overburden* hingga rencana reklamasi (Suyartono, 2003).

Dalam perencanaan penambangan dikenal suatu rancangan tambang (*mine Design*) yang merupakan syarat utama dan harus sesuai dengan kriteria teknis, ekonomis maupun lingkungan sebelum dilanjutkan ke tahap produksi. Beberapa aspek penting dalam rancangan tambang yang harus dipenuhi antara lain penentuan cadangan terukur pada daerah *pit* potensial, rancangan *pit*, *Disposal* serta *ramp (road acces mining pit)* berdasarkan parameter geoteknik serta rencana produksi dan penjadwalan produksi yang bertujuan untuk menunjang kegiatan penambangan batubara dengan efisien kerja yang tinggi.

Perencanaan *life of mine (LoM)* merupakan perencanaan dengan waktu yang dihitung dari jumlah cadangan dibagi dengan produksi tambang perbulan ataupun pertahunnya dan merupakan rancangan awal yang terdapat didalam studi kelayakan sebagai acuan rancangan *long term*, *middle term* dan *short term* dan *LoM* ini digunakan sepanjang umur tambang.

Rancangan *pit* dibuat berdasarkan penyebaran dari endapan batubara serta *stripping ratio* di *pit* tersebut serta pengoptimalan perhitungan cadangan tertambang berpengaruh terhadap target produksi yang akan direncanakan. Setelah memperoleh hasil cadangan tertambang, rencana produksi dapat terjadwal sesuai dengan nilai tonase batubara yang harus diambil dan volume dari tanah penutup yang harus dikupas.

PT. Bubuhan Multi Sejahtera adalah perusahaan yang bergerak pada bidang pertambangan di Provinsi Jambi. Adapun permasalahan yang terjadi pada PT. Bubuhan Multi Sejahtera yaitu telah mencapainya batas penambangan tahunan tetapi terdapat perubahan area penambangan, dikarenakan adanya perubahan tersebut maka perlu adanya revisi pada studi kelayakan. Studi kelayakan bertujuan untuk merencanakan strategi dan metode penambangan sehingga rancangan *life of mine (LoM)* merupakan salah satu hal yang sangat penting dilakukan untuk mendukung dan menjadikan dasar atas perubahan revisi studi kelayakan

Penerapan perencanaan *LoM* atau perancangan sepanjang umur tambang untuk kegiatan awal penambangan di PT. Bubuhan Multi Sejahtera, seperti rancangan *pit*, rancangan jalan, dan kombinasi alat mekanis dilakukan pada awal penambangan yang bertujuan agar terlaksananya penambangan yang layak secara teknis sesuai dengan target yang telah ditetapkan oleh perusahaan sebesar 15.000 ton/bulan untuk mencapai tahapan operasi produksi yang sistematis dan terarah serta tercapainya sasaran produksi yang optimal.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancangan *Design pit life of mine* di PT. Bubuhan Multi Sejahtera ?
2. Bagaimana kemampuan alat mekanis yang tersedia pada PT. Bubuhan Multi Sejahtera ?
3. Bagaimana penjadwalan produksi yang optimal melalui kemampuan produktivitas alat mekanis ?
4. Bagaimana rancangan rekomendasi pada *pit* dan *waste dump life of mine* di PT. Bubuhan Multi Sejahtera ?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Mampu membuat rancangan *Design pit* life of mine di PT. Bubuhan Multi Sejahtera.
2. Mampu menganalisis kemampuan produktivitas alat mekanis yang tersedia.
3. Mampu membuat penjadwalan produksi berdasarkan kemampuan produktivitas alat mekanis yang tersedia.
4. Mampu membuat rancangan rekomendasi *Design pit* dan waste dump life of mine di PT. Bubuhan Multi Sejahtera.

I.4 Batasan masalah

1. Penelitian ini hanya dilakukan di PT. Bubuhan Multi Sejahtera.
2. Tidak menghitung biaya produksi.
3. Tidak menghitung kemampuan produktivitas alat pada *coal getting*.
4. Rencana hanya dilakukan *Life of mine* tidak dilakukan dengan *long term, middle term dan Short term*.
5. Pembuatan perencanaan tahapan penambangan menggunakan *Software* tambang.
6. Geometri jalan dan jenjang menggunakan rekomendasi dari PT. Bubuhan Multi Sejahtera.
7. Perhitungan faktor keamanan lereng berdasarkan data perusahaan tidak melakukan uji laboratorium.
8. Tidak melakukan rancangan *settling pond*.

I.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan penulis mengenai kegiatan penambangan yang dilakukan pada PT. Bubuhan Multi Sejahtera.
2. Sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Strata-1 Prodi Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Kebumihan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi.
3. Dapat memberi saran kepada perusahaan untuk mengetahui memecahkan masalah yang ada.
4. Menjadi mahasiswa yang mampu menganalisis bagaimana cara memecahkan suatu studi kasus permasalahan dengan cara melakukan analisa sesuai dengan bidangnya, dan membangun hubungan baik dengan perusahaan tempat dilaksanakan penelitian.

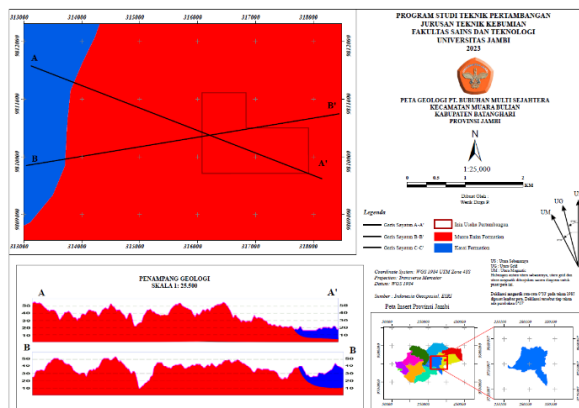
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geologi

Secara regional batuan sedimen yang terdapat di daerah ini termasuk dalam cekungan Sumatera Selatan bagian barat yang disebut sebagai sub cekungan Jambi, seperti yang dijelaskan pada peta geologi lembar sarolangun yang disusun oleh S. Suwarna, dkk (1992) dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

PT. Bubuhan Multi Sejahtera terletak di formasi muara enim dan memiliki arah *strike* dan *dip* N 315° E/8° pada lokasi penambangan memiliki kondisi geologi sederhana dikarenakan tidak terdapat struktur geologi dan jenis material berupa pasir dan lempung. Berdasarkan data *logbor* kedudukan endapan memiliki satu *seam* dengan ketebalan 4,5-5 meter dan untuk lebih lengkap dapat dilihat pada *kontur struktur roof* dan *floor* pada **lampiran 4 dan 5**.

Formasi muara enim menindih secara selaras formasi air benakat dan menunjukkan bahwa susut laut dan pendangkalan cekungan berlangsung menerus sampai kala pliosen. Batuannya terdiri dari batupasir dan batulempung, sebagian tufaan, disana juga mengandung horison lignit, dan memperlihatkan pengendapan di lingkungan laut dangkal sampai peralihan (ke darat). Berdasarkan posisi stratigrafinya formasi ini berumur miosen akhir sampai pliosen (de coster, 1974). Pada gambar dibawah ini dapat dilihat peta geologi dan terdapat juga pada **lampiran**.



Gambar 1. Peta Geologi PT. Bubuhan Multi Sejahtera
(Sumber Penulis, 2023)

Di atas formasi muara enim ditindih secara tidak selaras oleh formasi kasai yang berumur plio-plistosen. Formasi ini terdiri dari batupasir dan batulempung darat, ber-batuapung dan tufaan. Ketidak selarasan memperlihatkan pengangkatan setempat pada pliosen akhir yang berkaitan dengan erosi terhadap pegunungan barisan, tetapi tidak berkembang di seluruh wilayah dengan tingkat yang sama (nayoan & martosono, 1974, gafoer dkk, 1986).

Jenis material yang berada pada daerah penelitian umumnya didominasi oleh material jenis pasiran yang berada dibawah *top soil* kemudian material dibawahnya didominasi oleh material jenis lempungan. Berdasarkan pemodelan endapan batubara diperoleh bahwa lapisan batubara yang terdapat pada areal penelitian terdiri dari 1 lapisan yaitu BL1 dimana BL1 merupakan satu-satunya *seam* area IUP. Pada *seam* batubara memiliki ketebalan rata-rata 4,5-5 m. kenampakan fisik dari *seam* dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 2. Lapisan Batubara pada pit timur
(Sumber Penulis, 2023)

2.2 Perencanaan Tambang

Perencanaan adalah suatu tahapan penentuan persyaratan secara teknis urutan pekerjaan apa yang dilakukan untuk mencapai sebuah tujuan serta sasaran kegiatan (Projosumarto, 2004). Perencanaan ialah gagasan yang terdapat pada tahap awal suatu kegiatan yang berguna untuk menetapkan apa dan karena apa dikerjakan, kapan, siapa, dimana serta bagaimana pelaksanaan kegiatannya. Perencanaan tambang pada umumnya dimulai dari perencanaan lokasi penambangan, rencana penambangan mencakup perencanaan alat utama dan alat penunjang dan *Design pit*, penjadwalan produksi, rencana penimbunan hingga rencana reklamasi.

Terdapat beberapa hal penting yang harus dipahami pada perencanaan tambang pada tambang terbuka. Hal tersebut adalah jenis bahan galian tambang, besaran target produksi tambang, lokasi bahan galian, bentuk dan persebaran bahan galian serta posisi bahan galian tersebut yang berada dibawah permukaan topografi. jenis alat mekanis utama dan penunjang yang tersedia, sarana dan prasarana apa yang sudah ada dan belum ada pada daerah keberadaan bahan galian, bagaimana kondisi lingkungan dan sosial masyarakat pada lokasi yang akan dilaksanakan kegiatan penambangan.

Perencanaan tambang dibagi menjadi empat macam yaitu :

- a. Perencanaan tambang *longterm* (jangka panjang), adalah suatu perencanaan kegiatan penambangan yang rentang waktunya lebih dari lima tahun secara berkelanjutan.
- b. Perencanaan tambang *middleterm* (jangka menengah), adalah suatu perencanaan kegiatan penambangan yang rentang waktunya antara satu sampai lima tahun.
- c. Perencanaan tambang *shortterm* (jangka pendek), adalah suatu perencanaan penambangan yang rentang waktunya kurang dari setahun, mencakup antara satu bulan sampai enam bulan, tiga bulan, satu bulan hingga perminggu, yang berfungsi untuk kelancaran perencanaan *middleterm* dan *longterm*.

Perencanaan tambang jangka pendek dilakukan dengan cara membandingkan rencana bulanan dengan jumlah volume material yang dibongkar dari hasil *survey* di akhir bulan sebelumnya (Suhairi et al., 2018). Pada kegiatan penambangan, rencana awal dan kondisi aktual di lapangan sering tidak sesuai. Ketidaksesuaian ini diantaranya adalah *overcut* (kelebihan penggalian), *undercut* (kekurangan penggalian), dan *overstripping* (pengupasan melebihi target posisi yang ditentukan) (Ibrahim, 2015).

2.3 Batubara

Batubara adalah batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna coklat tuasampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik. Batubara secara geologi termasuk golongan batuan sedimen organo klastik. Lingkungan pembentukan batubara sendiri harus merupakan

cekungan *anaerob*, yaitu tidak ada oksigen yang terlibat dalam prosesnya (Arif, 2014).

Secara umum klasifikasi batubara di Indonesia dibagi menjadi *brown coal* dan *hard coal* (SNI13-6011-1999, 1999). *Brown coal* (batubara energi rendah) adalah jenis batubara dengan peringkat paling rendah, bersifat lunak, mudah diremas, mengandung air yang tinggi (10-70%) dengan nilai kalori <7000 kalori/gram. *Hard coal* didefinisikan sebagai semua jenis batubara yang memiliki peringkat lebih tinggi dari *brown coal*, bersifat lebih keras, tidak mudah diremas, kompak, mengandung kadar air yang relative rendah, umumnya struktur kayu tidak tampak lagi, dan relative tahan terhadap kerusakan fisik pada saat penanganan dengan nilai kalori >7000 kalori/gram.

Menurut Sukandarrumidi (2014), Batubara merupakan endapan organik yang mutunya sangat ditentukan oleh beberapa factor antara lain tempat terdapatnya cekungan, umur dan banyaknya kontaminasi.

Secara umum untuk menentukan kualitas batubara yaitu sebagai berikut :

1. *High heating value (Kcal/kg)*

High heating value sangat berpengaruh terhadap pengoperasian alat seperti :

-*pulverizer*

-*pipa batubara, wind box*

-*burner*

Semakin tinggi *High heating value* maka aliran batubara setiap jamnya semakin rendah, sehingga kecepatan coal feeder harus disesuaikan.

2. *Total moisture (%)*

Kandungan air total (*total moisture*) merupakan jumlah kandungan air yang terdapat pada batubara dalam bentuk *inherent* dan *adherent* pada kondisi batubara diambil (*as sampled*) atau diterima (*as received*).

3. *Volatile matter (%)*

Volatile matter merupakan zat aktif yang terdapat pada batubara yang menghasilkan energi atau panas apabila batubara tersebut dibakar, sehingga zat terbang merupakan zat aktif yang mempercepat proses pembakaran. *moisture*

tinggi akan membutuhkan udara primer lebih banyak.

4. *Ash (%)*

Kandungan abu akan terbawa ngas pembakaran melalui ruang bakar dan daerah konveksi dalam bentuk abu abu terbang atau abu dasar.

5. *Sulfur (%)*

Kandungan sulfur berpengaruh terhadap tingkat korosi sisi dingin yang terjadi pada elemen pemanas udara, terutama apabila suhu kerja lebih rendah dari letak embun sulfur.

6. *Coal size (<3 mm, 40 mm, 50 mm)*

Ukuran Butir batubara dibatasi pada rentang butir halus dan butir kasar. Butir paling halus untuk ukuran <3mm, sedangkan untuk ukuran paling kasar sampai 50 mm.

7. *Fixed carbon (%)*

Fixed carbon menyatakan banyaknya karbon yang terdapat dalam material sisa setelah zat terbang (*volatile matter*) dihilangkan. Nilai *fixed carbon* sangat mempengaruhi kualitas suatu batubara, karena semakin tinggi nilai *fixed carbon* maka kualitas batubara semakin meningkat.

8. *Ultimate analysis*

Ultimate analysis merupakan analisa bahan bakar yang ditinjau dari sisi kimiawi berupa kadar komposisi kimia. Kadar komposisi kimia yang didapat dari hasil *ultimate analysis* berupa kadar *Carbon, Hydrogen, Oxygen, Nitrogen* dan *Sulfur*.

2.4 Perhitungan Sumberdaya

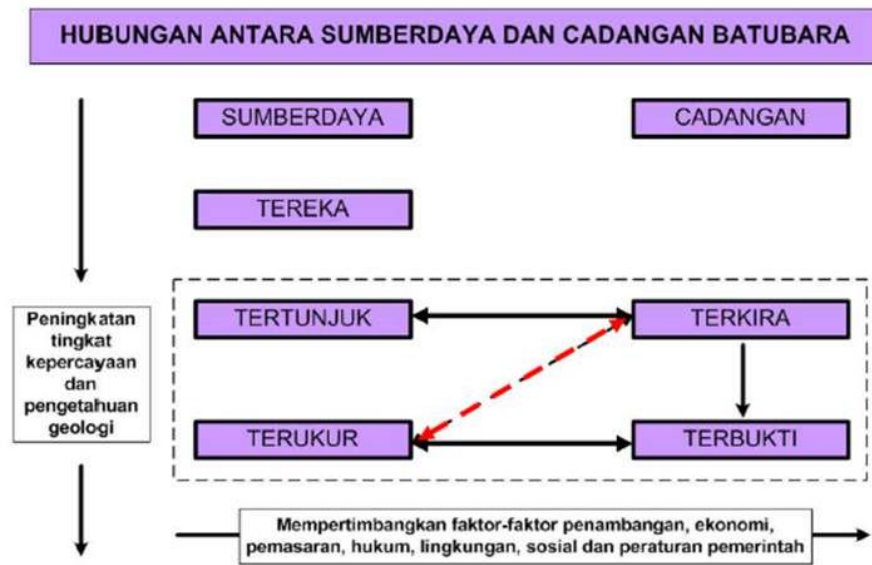
2.4.1 Batubara

Menurut SNI 5015:2011 tentang pedoman sumber daya dan cadangan batubara bahwa sumber daya batubara diartikan sebagai bagian dari endapan batubara yang keberadaan, kualitas, kuantitas dan kemenerusannya telah diketahui dan memiliki nilai tambang ekonomis.

Sumber daya batubara dibagi menjadi 3 :

1. Sumber daya batubara tereka adalah bagian dari total estimasi sumber daya batubara dimana kualitas serta kuantitasnya diperkirakan dengan tingkat kepercayaan rendah.

2. Sumber daya batubara tertunjuk adalah bagian dari total sumber daya yang tingkat keyakinan masuk akal berdasarkan titik-titik informasi pengamatan.
3. Sumber daya batubara terukur adalah bagian dari total sumber daya batubara dengan tingkat kepercayaan yang tinggi berdasarkan titik-titik informasi pengamatan.



Gambar 3. Sumber daya dan cadangan
(Sumber SNI 5015:2011)

Tabel 1. Jarak Pengeboran

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya		
		Tereka	Tertunjuk	Terukur
Sederhana	Jarak titik informasi (m)	$1000 < x \leq 1500$	$500 < x \leq 1000$	≤ 500
Moderat	Jarak titik informasi (m)	$500 < x \leq 1000$	$250 < x \leq 500$	≤ 250
Kompleks	Jarak titik informasi (m)	$200 < x \leq 400$	$100 < x \leq 200$	≤ 100

(Sumber SNI 5015:2011)

2.4.2 Overburden

Tanah penutup (*Overburden*) merupakan material yang terdapat di permukaan dan sifatnya dapat dikatakan lepas. *Overburden* terdiri dari tiga jenis material yaitu material *top soil*, *common soil* dan *rock* (Tenriajeng, 2003).

Definisi dari ketiga jenis material tersebut adalah sebagai berikut:

1. Top Soil

Top soil merupakan materi bagian atas yang sifatnya lunak dan mudah digali. Contoh material *top soil* adalah material eks-penimbunan dan memiliki kedalaman kurang

lebih 2 m. Karena sifat dari materi *top soil* yang lunak dan mudah digali maka penggaliannya cukup dengan menggunakan *Excavator backhoe*. Adapun material *top soil* yang digali berupa tanah yang mengandung humus.

2. *Common Soil*

Common soil merupakan material yang sifatnya agak keras dan agak sulit digali, sehingga penggaliannya tidak dapat menggunakan *Excavator*, melainkan terlebih dahulu harus *di-ripping* menggunakan *bulldozer*. Material yang termasuk *common soil* adalah *shale*, *sillsstone*, *clay*, dan lain-lain.

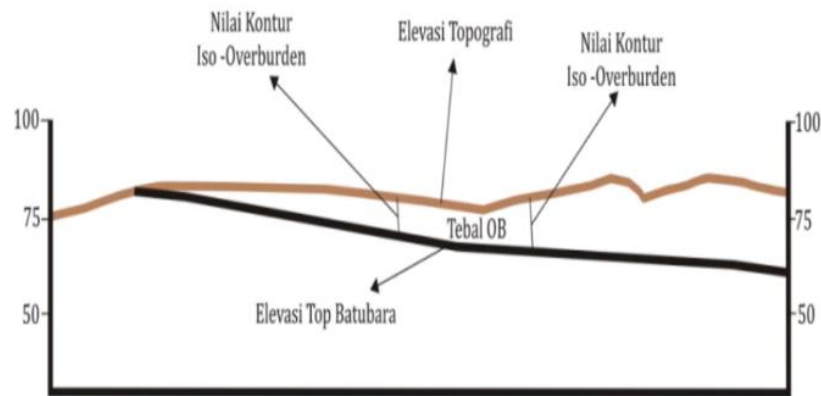
3. *Rock*

Rock merupakan material yang sangat keras dan sulit digali dengan menggunakan alat berat sehingga untuk melepaskan material rock yaitu dengan peledakan. Material yang termasuk *rock* adalah granit, andesit, *sandstone* dan lain-lain.

Tabel 2. Densitas material

Tipe Batuan	Rentang Densitas (Gr/Cc)	Densitas Rata-Rata (Gr/Cc)
Overburden	1,92	1,92
Soil	1,20-2,40	1,92
Clay	1,63-2,60	2,21
Gravel	1,70-2,40	2
Sand	1,70-2,30	2
Sandstone	1,61-2,76	2,35
Shale	1,77-320	2,4
Limestone	1,93-2,90	2,55
Dolomite	2,28-2,90	2,7

(Sumber Tenriajeng, 2003)



Gambar 4. Ilustrasi Pengupasan Overburden
(Sumber Tenriajeng, 2003)

2.5 Lereng

2.5.1 Lereng Secara Umum

Menurut Akbar (2020), Lereng merupakan setiap bagian permukaan yang memotong material di alam dan memiliki kemiringan tertentu terhadap bidang horizontal, secara umum lereng terbagi atas 3 bagian, yaitu :

1. Lereng alam yaitu lereng yang terjadi akibat proses alamiah, misalnya lereng pada perbukitan.
2. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan misalnya tanggul atau bendungan urungan tanah.
3. Lereng yang dibuat dalam pada tanah asli misalnya tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air irigasi.

Menurut Syafar (2017), Geometri lereng merupakan kenampakan visual yang terdapat di lapangan. Pengukuran geometri lereng dapat dilakukan dengan menggunakan *total station* untuk mengetahui tinggi lereng, jarak datar dan sudut kemiringan lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kemantapannya. Semakin besar kemiringan dan tinggi suatu lereng maka kemantapannya semakin kecil.

2.5.2 Analisis Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng dalam suatu pekerjaan yang diakibatkan oleh kegiatan penggalian maupun kegiatan penimbunan merupakan masalah yang harus diperhatikan. Hal ini sangat berkaitan dengan kerugian yang mungkin timbul jika terjadi suatu kelongsoran.

Tingkat kestabilan pada suatu rancangan lereng perlu di

ukur dengan menggunakan suatu standar yaitu Faktor Keamanan (FK). FK merupakan suatu fungsi antara gaya yang menahan longsor dan juga gaya yang menyebabkan longsor (Azizi & Handayani, 2011)

Tabel 3. Nilai faktor keamanan

Jenis Lereng	keparahan longsor	kriteria dapat diterima		
		FK Statis	FK Dinamis	Probabilitas Longsor
Lereng Tunggal	Rendah-Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

(Sumber : KEPMEN ESDM 2018)

2.5.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Menurut Herlambang, dkk (2020), Kemantapan atau kestabilan suatu lereng tergantung pada besarnya gaya penahan dan gaya penggerak yang terdapat pada bidang gelincirnya. Gaya penahan adalah gaya yang menahan terjadinya suatu longsor sedangkan gaya penggerak merupakan gaya yang menyebabkan terjadinya longsor.

Menurut Bria & Isjudarto (2017), Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng. secara umumnya stabil atau tidaknya suatu lereng tergantung dari beberapa faktor, antara lain:

1. Geometri Lereng

Geometri lereng meliputi bentukan lereng, baik tinggi lereng dan besar sudut lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kestabilannya. Semakin besar kemiringan dan ketinggian suatu lereng, maka kestabilan semakin berkurang.

2. Struktur batuan

Struktur batuan yang sangat mempengaruhi kestabilan lereng adalah bidang-bidang sesar, perlapisan dan rekahan. Struktur batuan tersebut merupakan bidang-bidang lemah (diskontinuitas) dan sekaligus sebagai tempat merembesnya air, sehingga batuan lebih mudah longsor. Jika orientasi umum bidang-bidang lemah tersebut searah dengan arah lereng dan kemiringan bidang lemah lebih landai dari kemiringan bidang

lereng. Maka struktur tersebut mempunyai pengaruh langsung yang lebih besar terhadap stabilitas lereng, sebaliknya jika arah dan kemiringan bidang lereng berlawanan maka struktur bidang lemah tersebut mempunyai pengaruh langsung yang lebih kecil terhadap stabilitas lereng. Struktur geologi mempunyai kemantapan lereng adalah adanya bidang ketidakmenerusan. Hal yang paling penting dalam bidang ketidakmenerusan adalah adanya pengaruh tekanan air yang berada pada saat rekahan ditarik. Sekain adanya rembesan air pada bidang ketidakmenerusan tersebut, rekahan tarik juga akan terisi oleh material pengisi yang dapat memisahkan dua sisi batuan, batuan tersebut akan memiliki kuat geser yang kecil untuk menahan potensi longsoran. Kondisi bidang lemah dan penyebaran perlu diketahui untuk menentukan arah dan jenis longsoran yang terjadi pada massa batuan tersebut. Bila jenis longsoran diketahui, maka lebih mudah untuk 8 menentukan geometri yang mantap dengan melakukan analisa kestabilan lereng.

3. Kandungan Air Tanah

Kandungan air tanah sebagai *moisture* tanah pada lereng yang bersangkutan akan memberikan tambahan beban yang besar pada lereng. Selain itu juga, kondisi material yang jenuh dengan air tanah akan mengalami penurunan kekuatan geser akibat adanya tekanan air pori di dalam tubuh material tersebut. Penambahan air tanah pada pori-pori tanah atau batuan akan memperbesar beban dan pada akhirnya menimbulkan gaya penggerak yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor. Kondisi air tanah yang dimaksud disini adalah ketinggian level air tanah yang berada di bawah permukaan lereng yaitu adanya tekanan ke atas dari air pada bidang-bidang lemah yang secara efektif mengurangi kekuatan geser dan mempercepat proses pelapukan dari batuan.

4. Berat beban

Berat beban yang di tanggung oleh lereng Pada suatu lereng yang menanggung beban massa, semakin berat beban yang ditanggung lereng maka semakin besar potensi lereng untuk mengalami pergerakan

5. Sifat fisik dan Sifat Mekanik Batuan

a. Sifat Fisik Batuan

Sifat fisik batuan terdiri dari :

- Bobot isi asli (natural density)
- Bobot isi kering (dry density)
- Bobot isi (saturated density)
- Berat Jenis Semu (apparent specific gravity)
- Berat jenis sejati (*true specific gravity*)
- Kadar air asli (natural water content),
- Saturated water content (absorption).
- Derajat kejenuhan
- Porositas

b. Uji sifat Mekanik

Uji kuat tekan (*Unconfined Compression Strength/UCS*) dari data hasil pengujian kuat tekan, dapat digambarkan kurva tegangan-regangan (*stress-strain*) untuk tiap percontohan batuan, Kemudian dari kurva ini dapat ditentukan sifat mekanik batuan:

- Kuat tekan (σ_c)
- Batas elastik (σ_E)
- Modulus young E
- *Poisson's ratio* : pada tegangan σ_1

c. Uji triaksial

Salah satu uji yang terpenting di dalam mekanika batuan, untuk menentukan kekuatan batuan dibawah tiga komponen tegangan adalah uji *triaksial*. Contoh yang digunakan berbentuk silinder dengan syarat-syarat sama pada uji kuat tekan : Dari uji *triaksial* dapat ditemukan:

- Strength envelope (*kurva intrinsic*)
- Kuat geser (*shear strength*)
- Sudut geser dalam (Φ)
- Kohesi (C)

d. Uji geser Langsung

Uji ini digunakan untuk mengetahui kuat geser batuan pada tegangan normal tertentu. Dari hasil uji dapat ditentukan:

- Garis *coulomb's shear strength*
- Kuat geser (*shear strength*)

- Sudut geser dalam (Φ)
 - Kohesi (C)
6. Gaya dari luar
- Gaya-gaya dari luar yang dapat mempengaruhi (mengurangi) kestabilan suatu lereng adalah :
- Getaran yang diakibatkan oleh gempa.
 - Peledakan di dekat lereng.
 - Pemakaian alat-alat mekanis yang berat.

2.5.4 Geometri Jenjang KEPMEN 1827 No. 555 Pasal 241

- a. Kemiringan, tinggi dan lebar teras harus dibuat dengan baik dan aman untuk keselamatan para pekerja agar terhindar dari material atau benda jatuh
- b. Tinggi jenjang (bench) untuk pekerjaan yang dilakukan pada lapisan yang mengandung pasir, tanah liat, kerikil, dan material lepas lainnya harus:
 1. Tidak boleh lebih dari 2,5 m apabila dilakukan secara manual.
 2. Tidak boleh lebih dari 6 m apabila dilakukan secara mekanik.
 3. Tidak boleh lebih dari 20 m apabila dilakukan dengan menggunakan dragline, bucket wheel Excavator atau alat sejenis kecuali mendapat persetujuan Kepala Inspeksi Tambang.
- c. Tinggi jenjang untuk pekerjaan yang dilakukan pada material kompak tidak boleh lebih dari 6 m apabila dilakukan secara manual.
- d. Dalam hal penggalian dilakukan sepenuhnya dengan alat mekanis yang dilengkapi dengan kabin pengaman yang kuat, maka tinggi jenjang maksimum untuk material kompak 15 m, kecuali mendapat persetujuan Kepala Pelaksanaan Inspeksi Tambang.
- e. Studi kemandapan lereng harus dibuat apabila Tinggi jenjang keseluruhan pada sistem penambangan berjenjang lebih dari 15 m dan tinggi setiap jenjang lebih dari 15 m
- f. Lebar lantai teras kerja sekurang-kurangnya 1,5 kali tinggi jenjang atau disesuaikan dengan alat-alat yang digunakan sehingga dapat bekerja dengan aman dan harus dilengkapi dengan tanggul pengaman (Safety Berm) pada tebing yang terbuka dan diperiksa pada setiap giliran kerja dari kemungkinan adanya rekahan atau tanda-tanda tekanan atau tanda-tanda kelemahan lainnya.

2.6 Desain Tambang

2.6.1 Batas Penambangan (*Pit Limit*)

Batas penambangan (*Pit Limit*) merupakan batas akhir atau paling luar dari suatu tambang terbuka. Faktor-faktor yang

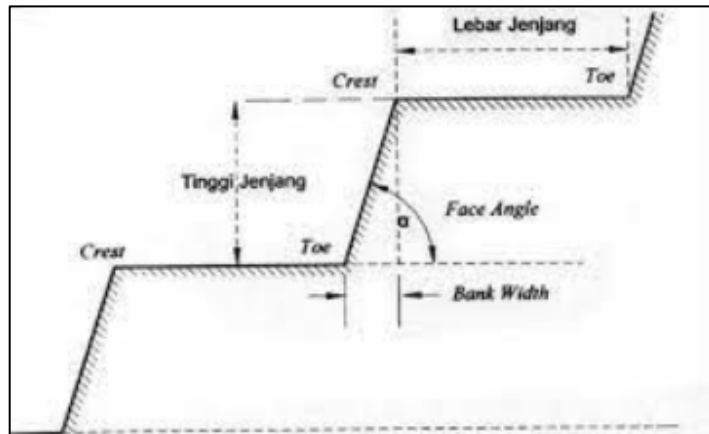
mempengaruhi *pit limit* adalah :

1. *Stripping Ratio* (SR) yang masih diizinkan dan ekonomis
2. Karakteristik batuan pembentuk lereng mencakup sifat fisik dan mekanik serta keberadaan struktur geologi yang dominan Tujuan yang ingin dicapai adalah menentukan batas-batas penambangan batubara (yakni jumlah cadangan dan kadarnya) yang akan memaksimalkan nilai bersih total dari endapan batubara tersebut.

2.6.2 Geometri Jenjang (*Bench*)

Karena letak batubara berada dilapisan bawah dari permukaan dan tertutup oleh lapisan tanah penutup, maka untuk mencapai lapisan batubara itu biasanya dibuat jenjang/*bench*. Suatu jenjang yang dibuat harus mampu menampung dan mempermudah pergerakan alat-alat mekanis pada saat aktivitas pengupasan tanah penutup dan pengambilan endapan.

Geometri jenjang terdiri dari tinggi jenjang, sudut lereng jenjang tunggal dan lebar jenjang. Rancangan geoteknik jenjang biasanya dinyatakan dalam bentuk parameter-parameter untuk ketiga aspek ini:



Gambar 5. Geometri Jenjang
(Sumber Bargawa, 2018)

1. Lebar jenjang

Lebar jenjang (*bench width*) adalah jarak datar dari ujung lantai jenjang hingga belakang lantai jenjang. Lebar jenjang ditentukan berdasarkan faktor keamanan. Tujuan pembuatan jenjang adalah untuk menahan tanah atau batuan yang runtuh. Pembersihan berkala pada jenjang ini dilakukan menggunakan *bulldozer* kecil atau motor *grader*.

2. Tinggi Jenjang

Tinggi jenjang (*bench height*) adalah jarak vertikal dari ujung bawah jenjang hingga atas ujung atas jenjang. Biasanya alat muat yang digunakan harus mampu mencapai *crest* (bagian atas jenjang). Apabila diinginkan peningkatan dimensi jenjang maka ukuran alat muat harus menyesuaikan dengan pertimbangan tersebut.

3. Sudut kemiringan Jenjang

Lereng tunggal (*single slope*) merupakan lereng yang dibentuk oleh *crest* dan *toe*. Lereng keseluruhan (*overall slope*) merupakan lereng yang dibentuk oleh keseluruhan jenjang. Kemiringan *overall slope* diukur dari *crest* paling atas sampai dengan *toe* paling akhir dari *front* penambangan. Pada umumnya pekerjaan penggalian yang dilakukan memakai alat gali mekanis seperti *backhoe* atau *shovel* dipermukaan jenjang akan menghasilkan sudut lereng antara 60–70°. Biasanya sudut lereng yang lebih curam memerlukan peledakan *pre-splitting*.

Menurut Hustrulid, dkk (2013), Pada tambang terbuka, jenjang digambarkan dengan kaki lereng (*toe*), puncak (*crest*) dan sudut muka jenjang (*face angle*) dan lebar jenjang (*bench width*). Permukaan bagian atas dan bagian bawah jenjang dipisahkan oleh jarak (H) yang disebut dengan tinggi jenjang. Lebar *bench* adalah proyeksi horizontal dari muka jenjang.

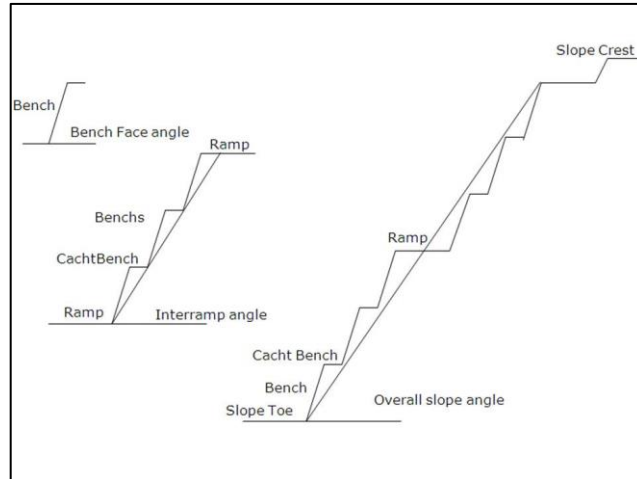
Beberapa parameter penentuan dimensi jenjang, yaitu:

1. Sasaran produksi dan *stripping ratio*
2. Kondisi *Overburden*
3. Kondisi dan karakter cebakan batubara
4. Peralatan yang digunakan
5. Penimbunan material

2.6.3 Sudut Jenjang (*Slope*)

1. *Overall slope angle*

Overall slope angle merupakan sudut kemiringan dari keseluruhan jenjang yang dibuat pada *front* penambangan. Kemiringan ini diukur dari *crest* paling atas sampai dengan *toe* paling akhir dari *front* penambangan.

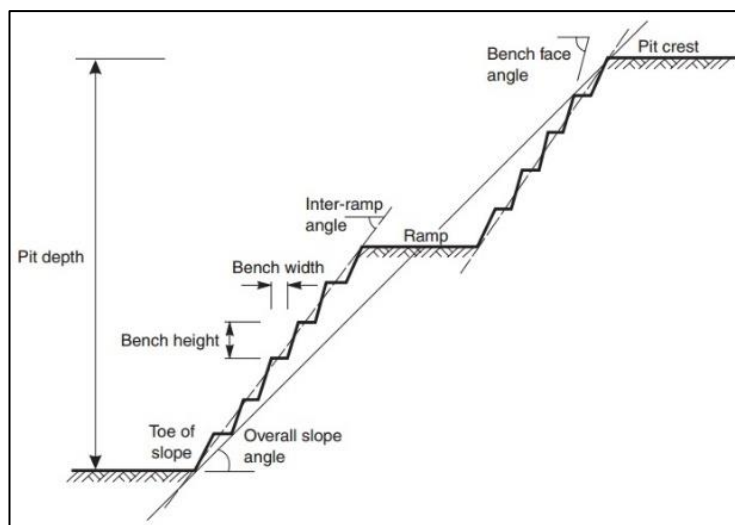


Gambar 6. *Overalslope angle*
(Sumber Bargawa, 2018)

Pada awalnya sebuah *Design pit* dibuat dengan *overall slope* sebesar 45° dan kemudian dimodifikasi berdasarkan informasi geoteknik dari material yang ada dalam *pit* tersebut. *Batter* dapat diatur pada kemiringan $30-35^\circ$ untuk *Overburden*, meningkat $35-40^\circ$ untuk batuan yang lapuk dan hingga 55° untuk batuan *fresh*. Menurut Robert, Hook dan Fish (1972) sebaiknya kemiringan lereng kurang dari 60° pada kedalaman 65 m dan kurang dari 40° pada kedalaman 300 m.

2. *Overall slope angle with ramp*

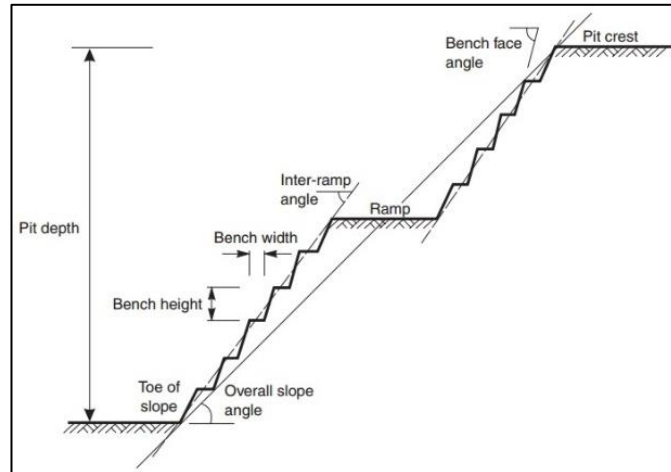
Pengertiannya sama, namun pada bagian pertengahan *Overall slope* diberi salah satu jenjang yang dimensi ukurannya lebih lebar dan digunakan sebagai jalan angkut.



Gambar 7. *overall slope angle with ramp*
(Sumber Bargawa, 2018)

3. Inter-ramp Slope Angle

Inter-ramp slope angle merupakan sudut yang berada diantara *ramp* yang diukur dari *crest* sampai dengan *toe* pada *ramp*.

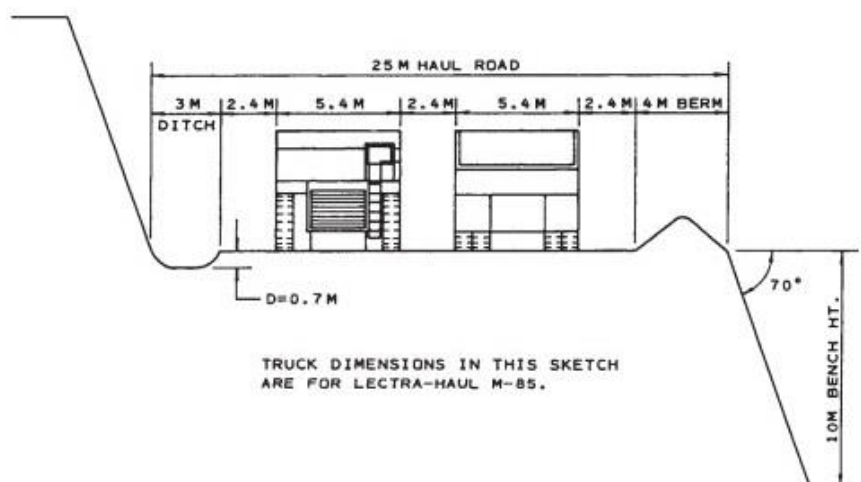


Gambar 8. *inter-ramp slope angle*
(Sumber Bargawa, 2018)

2.6.4 Geometri Jalan Tambang

Penampang melintang yang khas melalui jalan angkut tambang yang membawa lalu lintas dua arah. Seperti yang dapat dilihat, ada tiga komponen utama yang perlu dipertimbangkan:

- lebar jalur lalu lintas,
- tanggul pengaman,
- parit *drainase*



Gambar 9. Jalan Dua Jalur
(Sumber Kennedy, B. 2009)

Menurut Couzens (1979), Lebar masing-masing jalur dijumlahkan untuk mendapatkan lebar jalan total. Kriteria lebar

untuk lajur yang dilalui pada segmen pengangkutan lurus harus didasarkan pada kendaraan terlebar yang digunakan. Manual AASHO 1965 untuk Desain Jalan merekomendasikan bahwa setiap lajur perjalanan harus menyediakan ruang bebas ke kiri dan kanan sebesar setengah dari lebar kendaraan. Jalan dua arah yang paling umum di tambang terbuka, aturan praktisnya adalah bahwa lebar jalan tidak boleh kurang dari empat kali lebar truk yaitu Lebar jalan $\geq 4 \times$ Lebar truk.

Menurut Kaufman, dkk (1977), Faktor-faktor yang harus diikuti dalam menentukan desain jalan adalah sebagai berikut :

1. Tentukan lebar semua peralatan yang mungkin harus melalui jalan angkut.
2. Minta data dimensi untuk semua alat berat baru yang diantisipasi.
3. Tentukan lebar keseluruhan dari setiap kombinasi peralatan yang mungkin terlibat dalam situasi berpapasan.
4. Tentukan lokasi segmen jalan yang membutuhkan lebar yang lebih besar dari lebar normal.

Pada jalan menikung jarak harus ditambah karena posisi kendaraan yang menggantung dan meningkatnya kesulitan mengemudi.

Untuk kombinasi kecepatan dan panjang jari-jari tertentu, gaya sentrifugal akan sama atau melebihi gaya penahan. Dalam kasus seperti itu, kendaraan akan tergelincir ke samping. Untuk membantu kendaraan yang melewati tikungan, maka adanya kemiringan pada jalan menikung atau superelevasi. superelevasi (kemiringan melintang) dapat dipilih untuk mengurangi gaya sentrifugal. Persamaan dasarnya adalah sebagai berikut :

$$e + f = \frac{v^2}{15R} \dots\dots\dots (1)$$

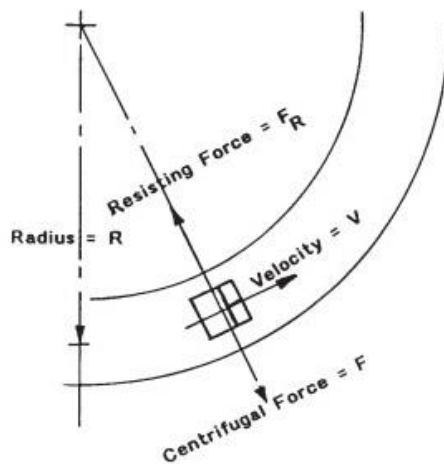
Keterangan

e = tingkat *superelevasi* (m/m)

f = faktor gesekan samping

v = kecepatan kendaraan (kpj)

R =jari-jari lengkung (m).



Gambar 10. Jalan pada tikungan
(Sumber Kennedy, B. 2009)

Menurut Awang, (2004). Beberapa geometri jalan tambang yaitu sebagai berikut :

1. Lebar jalan angkut lurus

Lebar jalan angkut minimum pada kegiatan pertambangan berpatokan kepada jumlah jalur dan lebar alat angkut terbesar. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

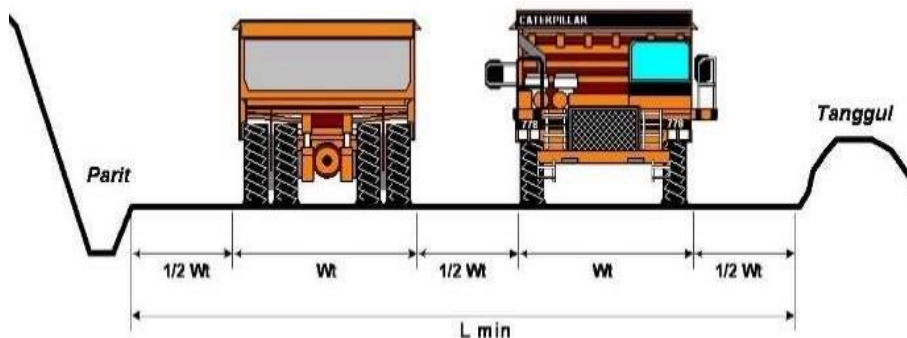
$$L = n \cdot Wt + (n + 1)(0,5 \cdot Wt) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

L : lebar minimum jalan angkut (m)

n : jumlah jalur

Wt : lebar alat angkut terbesar (m)



Gambar 11. Geometri jalan
(Sumber Awang, 2004)

2. Lebar jalan angkut pada tikungan

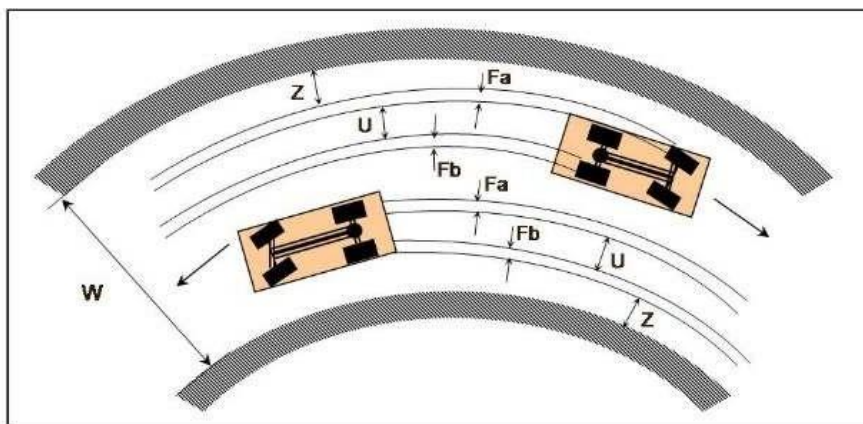
Pada tikungan jalan angkut memiliki lebar yang lebih besar dibandingkan jalan lurus. Persamaan yang digunakan untuk

menghitung lebar minimum jalan angkut pada tikungan sebagai berikut :

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

Keterangan :

- W = lebar jalan angkut pada tikungan (m)
- U = jarak jejak roda (m)
- Fa = lebar jantai depan (m)
- Fb = lebar jantai belakang (m)
- Z = lebar tepi jalan (m)
- C = total *lateral clearance* (m)



Gambar 12. Geometri jalan tikungan
(Sumber Awang, 2004)

3. Kemiringan jalan (*grade* jalan)

Kemiringan jalan adalah salah satu faktor penting saat melakukan evaluasi geometri jalan, dikarenakan kemiringan jalan sangat berpengaruh terhadap kemampuan produktivitas alat angkut, pada saat tanjakan maupun turunan. Kemiringan jalan yang dapat dilalui oleh alat angkut tidak boleh lebih dari 12%, dengan memperhatikan spesifikasi kemampuan alat angkut, jenis material jalan dan penggunaan bahan bakar.

Grade jalan dinyatakan dalam persen (%), artinya kemiringan 1 % berarti jalan tersebut memiliki beda tinggi 1 meter pada jarak mendatar 100 meter. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Grade = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan

- Grade* : kemiringan jalan angkut (%)
- Δh : beda tinggi antara 2 titik yang diukur
- Δx : jarak datar antara dua titik yang diukur

2.6.5 Perhitungan Cadangan

Cadangan batubara adalah bagian dari sumberdaya batubara terukur dan tertunjuk yang memiliki nilai tambang ekonomis dengan menyertakan dilusi dan losses yang terjadi pada saat melakukan penambangan.

Cadangan batubara dibagi menjadi 2 :

1. Cadangan batubara terkira merupakan bagian dari sumberdaya batubara tertunjuk yang dapat ditambang secara ekonomis
2. Cadangan batubara terbukti merupakan bagian yang dapat ditambang secara ekonomis dari sumberdaya batubara terukur.

Perhitungan cadangan adalah suatu kegiatan yang dilakukan sebagai langkah mengetahui besaran volume terhadap suatu material yang ketersediaannya secara alamiah. Perhitungan cadangan dilakukan menggunakan berbagai metode berdasarkan pada pertimbangan empiris dan teoritis. Parameter yang diperhitungkan umumnya adalah volume, tonase, kadar dan kualitas bahan galian. Dasar hukum yang dapat dijadikan sebagai acuan dan juga aturan dalam perhitungan cadangan adalah KEPMEN 1827 tahun 2018 yaitu pada lampiran kedua tentang pedoman pengelolaan teknik pertambangan, dalam bagian E butir ke 1. Estimasi cadangan batubara mengacu pada SNI 5015:2011 dan perubahannya.

Dalam melakukan penaksiran cadangan batubara harus mempertimbangkan hal berikut, antara lain adalah (Sulistya, 2010)

Taksiran sumberdaya harus mengartikan secara tepat kondisi geologiserta karakteristik endapan bahan galian.

- a. Model sumberdaya yang digunakan pada perancangan tambang harus konsisten terhadap metode penambangan dan Teknik perencanaan tambang yang akan digunakan.
- b. Metode pemodelan yang digunakan harus memberikan hasil yang dapat di uji ulang dan di validasi.
- c. Taksiran harus didasarkan pada data aktual yang telah diolah secara objektif. Terpakai atau tidaknya sebuah data dalam penaksiran harus diputuskan berdasarkan pedoman perhitungan cadangan. Tidak boleh terdapat

pembobotan data dan jika dilakukan pembobotan data harus dilakukan berdasarkan dasar yang kuat.

Setelah perhitungan cadangan selesai, langkah pertama yang harus dilakukan yaitu memeriksa atau mengecek taksiran perblok. Hal tersebut dilakukan menggunakan data bor yang berada di sekitarnya. Setelah kegiatan penambangan dimulai, harus dilakukan pengecekan ulang terhadap taksiran cadangan dengan tonase hasil penambangan yang sesungguhnya (Notosiswoyo et al., 2005).

Data-data yang diperlukan pada pemodelan dan perhitungan cadangan batubara pada umumnya terdiri dari 4 data, yaitu (Komang et al., 2005)

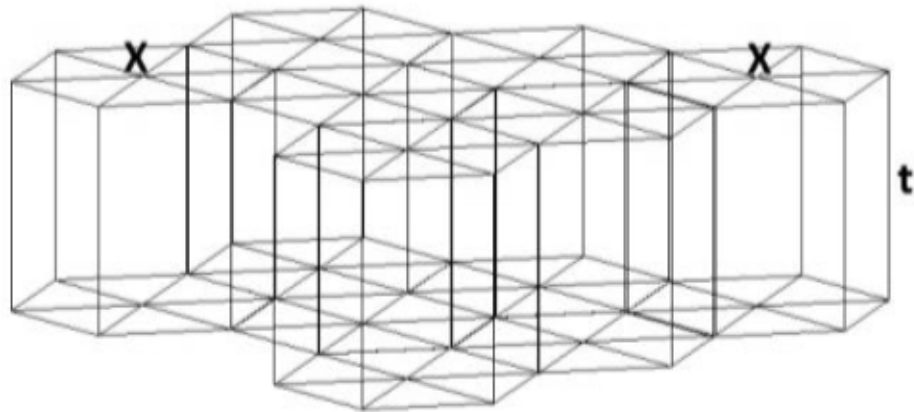
- a. Peta topografi (xyz aktual)
- b. Peta geologi dan *cropline* batubara
- c. Data pengeboran (litologi dan *survey*)
- d. Peta situasi tambang

Empat data tersebut merupakan data dasar dalam perhitungan cadangan yang memiliki fungsi masing-masing. Peta topografi berfungsi untuk mengetahui elevasi di sekitar area bahan galian. Peta geologi dan *cropline* batubara berguna untuk mengetahui area singkapan batubara, yang mana dijadikan sebagai rencana area penambangan dimulai. Data pengeboran memuat data litologi bawah tanah pada titik koordinat area pengeboran berupa jenis material dan ketebalannya, kemudian dilakukan korelasi untuk menentukan lapisan dan *seam* batubara. Peta situasi dan data-data yang memuat batasan-batasan alamiah berfungsi dalam penentuan batas/*boundary* perhitungan cadangan.

Terdapat beberapa metode perhitungan cadangan, diantaranya adalah metode konvensional dan metode non konvensional. Metode konvensional menggunakan pendekatan penaksiran dan perhitungan yang sederhana, sedangkan metode non-konvensional menggunakan pendekatan geostatistik. Salah satu metode konvensional perhitungan cadangan adalah metode *polygon*.

Perhitungan cadangan metode ini memiliki konsep suatu sampel didefinisikan sebagai prisma. Metode ini memiliki pendekatan menggunakan nilai titik data yaitu lubang bor sebagai

pengaruh untuk mewakili area pengaruh. Batas area pengaruh ditentukan berdasarkan setengah dari jarak diantara lubang bor. Area *polygon* atas prisma merupakan *Surface topography* dan area *polygon* bawah prisma merupakan *floor seam* batubara paling bawah. Tanda (x) pada gambar dibawah ini merupakan letak lubang bor atau titik pusat prisma, sedangkan tanda (t) adalah tinggi prisma atau ketebalan litologi pada logbor (Alkausar, 2020).



Gambar 13. Metode Poligon
(Sumber Alkausar, 2020).

Pada *software* Tambang terlebih dahulu di *import* data bor dan data survey. Data bor berfungsi untuk pemodelan dibawah permukaan dan data topografi berfungsi untuk pemodelan permukaan. Kemudian data bor tersebut dibuat solid poligon dengan batas atas *surface* topografi dan batas bawah *seam floor* batubara paling bawah, sehingga menghasilkan bentuk area perhitungan cadangan tiga dimensi. Kemudian area tersebut dihitung cadangannya dan hasilnya akan ditampilkan pada *table viewer*. Pada tabel tersebut ditampilkan parameter-parameter perhitungan cadangan, seperti *seam* (lapisan batubara), *Overburden*, *reserve*, koordinat xyz, dan lain sebagainya.

2.6.6 Perhitungan Nisbah Pengupasan (*Stripping Rasio*)

Salah satu cara menggambarkan efisiensi geometri (*geometrical efficiency*) dalam kegiatan penambangan adalah dengan istilah "*Stripping ratio*" atau nisbah pengupasan. *Stripping ratio* (SR) menunjukkan jumlah *Overburden* yang harus dipindahkan untuk memperoleh sejumlah batubara yang diinginkan. Ratio ini secara umum digambarkan sebagai berikut:

$$SR = \frac{\text{Overburden (m}^3\text{)}}{\text{Coal (tons)}} \dots\dots\dots(5)$$

Dari nilai *stripping ratio* yang diperoleh dan dibandingkan dengan nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*) yang telah dihitung sebelumnya, maka akan diperoleh bahwa secara teknis batasan kegiatan penambangan dalam *pit* adalah sampai nilai BESR yang dicapai dalam perhitungan *stripping ratio*.

2.7 Kemampuan Alat Mekanis

Kapasitas Unit Untuk mengetahui kemampuan produksi alat mekanis yang digunakan dapat dilakukan dengan menghitung produktifitas setiap alat mekanis. Alat mekanis yang sering dipakai saat kegiatan penambangan adalah alat gali muat, alat angkut dan alat *support*. Setiap alat mekanis mempunyai kemampuan produksi yang berbeda-beda tergantung spesifikasi alat tersebut.

2.7.1 Produktifitas

Alat Gali Muat

Menurut Indonesianto (2018), Alat gali muat adalah alat mekanis yang digunakan untuk menggali sekaligus memuat material ke dalam alat angkut.

- a. *Power shovel*
- b. *Dozer shovel*
- c. *Backhoe*
- d. *Dragline*

Backhoe adalah alat gali muat yang paling umum digunakan dalam penambangan.

produktifitas alat angkut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = \frac{Kb \times Sf \times Ff \times E \times 3600}{Ctm} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- Q = Produktifitas (m³/jam)
- KB = *kapasitas bucket*
- FF = *Bucket fill factor*
- SF = *Swell factor*
- Ctm = *cycle time* (waktu siklus) (detik)
- E = Efisiensi kerja

Alat Angkut

Menurut Indonesianto (2018), Untuk menghitung kemampuan produksi alat angkut yaitu alat *dump truck*

mempertimbangkan kombinasi pemuatan peralatan gali dan muat.

Alat angkut adalah alat mekanis yang digunakan untuk mengangkut material dari suatu tempat ke tempat lainnya. Alat angkut yang sering digunakan di area tambang terbuka adalah alat angkut jenis *dump truck*.

produktifitas alat angkut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = \frac{n \times Kb \times Sf \times Ff \times E \times 3600}{Ctm} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- Q = Produktifitas (m³/jam)
- n = Banyak *bucket*
- KB = kapasitas *bucket*
- FF = *Bucket fill factor*
- SF = *Swell factor*
- Ctm = *cycle time* (waktu siklus) (detik)
- E = Efisiensi kerja

2.7.2 Fill Faktor (Factor Pengisian)

Menurut Kennedy (2009), *Fill factor* adalah persen dari total kapasitas *bucket* yang benar-benar terisi selama setiap lintasan. Bijih yang kasar dan diledakkan dengan buruk biasanya memberikan pengisian yang rendah faktor. Bijih yang lebih halus dan dasar yang relatif halus akan memberikan faktor pengisian tinggi.

Menurut Oemiati (2020), Faktor pengisian merupakan perbandingan antara kapasitas nyata suatu alat dengan kapasitas baku alat yang dinyatakan dalam persen (%).

$$Fp = \frac{Vn}{Vb} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

- Fp = faktor pengisian atau fill factor, %
- Vn = kapasitas nyata alat, m³
- Vb = kapasitas baku alat, m³

Bucket fill faktor (BFF) merupakan angka atau persentase yang menunjukkan banyaknya isian *bucket* kondisi munjung (*heaped*) dalam sekali siklus. BFF bervariasi tergantung jenis material yang digali. Selain berdasarkan pengamatan, *fill faktor* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Fill factor

Category	Excavating Condition	Bucket Fill Factor
<i>Easy</i>	<i>Excavating natural ground of clayey soil, soil, clay, or soft soil</i>	1.1-1.2
<i>Average</i>	<i>Excavating natural ground of soil such, as sandy soil</i>	1.0-1.1
<i>Rather difficult</i>	<i>Excavating natural ground of sandy soil with gravel</i>	0.8-0.9
<i>Difficult</i>	<i>Loading blasted rock</i>	0.7-0.8

(Sumber Projosumarto, 1996)

2.7.3 Swell Factor (Faktor Pengembang)

Swell factor adalah pengembangan volume material dari keadaan asli (*insitu*) jika digali atau diberai. (Projosumarto, 1996). Bentuk material pada umumnya dibagi menjadi tiga keadaan yaitu keadaan asli (*Bank condition*), keadaan gembur (*Loose condition*), dan keadaan padat (*Compact condition*).

Tabel 5. Swell factor

Jenis Material	Densitas (g/cm³)	Swell Factor (%)
tanah liat, kering	1,3	80
tanah liat, basah	1,6-1,7	80-82
tanah biasa, kering	1,6	80
tanah biasa, basah	1,9,3	85
batupasir kering	1,3-1,9	89
batupasir basah	1,9-2,1	88
Antrasit	1,8	74
Bituminus	1.3	74
Sub-bituminus	1,5	74

(Sumber Ettinger dan Zhupakhina, 1960)

Faktor pengembangan adalah pengembangan volume suatu material setelah digali. Di alam material didapati dalam keadaan padat sehingga hanya sedikit bagian kosong yang terisi dengan udara diantara butir-butirnya.

$$Swell Factor = \frac{\text{loose density}}{\text{density in bank}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

2.7.4 Cycle Time

Menurut Indonesianto (2018), Waktu siklus adalah kemampuan peralatan dalam melakukan satu siklus produksi. Itu waktu sirkulasi alat gali dan muat dan alat angkut sangat berpengaruh terhadap kemampuan produksi dari peralatan tersebut, dimana jika waktu sirkulasi dari masing-masing peralatan besar maka kemampuan produksi akan semakin kecil. Waktu sirkulasi dapat dipengaruhi oleh jalan kondisi, jarak, kondisi mekanik peralatan, keterampilan operator dan lain-lain.

Alat Gali Muat

Menurut Projosumarto (1996), Waktu yang digunakan alat gali muat dalam satu siklus disebut *cycle time*. Setiap alat mekanis mempunyai waktu siklus yang terbagi dalam beberapa proses. proses-proses pada *cycle time* dapat diketahui dari persamaan berikut :

$$Cycle\ time = Dg + S1 + Dt + Sb.....(10)$$

Keterangan:

Dg = *Digging*

S1 = *swing loading (loaded)*

Dt = *dumping*

Sb = *swing back (empty)*

Alat Angkut

Waktu yang digunakan alat angkut dalam satu siklus disebut *cycle time*. Setiap alat mekanis mempunyai waktu siklus yang terbagi dalam beberapa proses. proses-proses pada *cycle time* dapat diketahui dari persamaan berikut :

$$Cycle\ time = D + M1 + L + H1 + M2 + Dm + H2.....(11)$$

Keterangan:

D = *Delay*

M1 = *Manuver*

L = *Loading*

H1 = *Hauling isi*

M2 = *Manuver 2*

Dm = *Dumping*

H2 = *Hauling kosong*

Cycle time (detik) dapat menunjukkan berapa kali siklus yang dilakukan oleh alat gali muat dalam waktu satu jam atau periode tertentu.

2.7.5 Efisiensi Kerja

Dalam waktu satu jam atau satu periode tertentu alat mekanis tidak akan bekerja secara efektif secara terus menerus. Oleh sebab itu perlu diperhitungkan persentase waktu kerja efisien alat tersebut. Pengamatan langsung dapat dilakukan dengan mencatat semua kegiatan *backhoe* dalam satu jam lalu efisensinya dapat diketahui dengan membagi waktu kerja efektif dengan total waktu kerja saat pengamatan.

2.7.6 Match Factor

Match Factor adalah faktor keserasian kombinasi alat

antara alat gali muat dengan alat angkut. Nilai *match factor* dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Projosumarto, 1996).

$$MF = \frac{n \times N_h \times C_{tm}}{N_m \times C_{ta}} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

- MF : Faktor keselarasan (*Match Factor*)
- n : Jumlah pemuatan *bucket*
- N_h : Jumlah alat angkut
- C_{tm} : Waktu edar alat muat (detik)
- N_m : Jumlah alat muat
- C_{ta} : Waktu edar alat angkut (detik)

Tabel 6. Match factor

Nilai <i>Match Factor</i>	Keterangan
MF > 1	kinerja alat muat 100 % sedangkan alat angkut kurang dari 100 % dan menyebabkan terjadinya antrian alat angkut
MF < 1	Kinerja alat gali muat kurang dari 100% menyebabkan alat gali muat menunggu dan kinerja alat angkut 100 %
MF = 1	Keserasian kerja yang sempurna sehingga tidak ada waktu tunggu diantara keduanya

(Sumber Projosumarto, 1996)

Menurut Oemiati (2020), Hubungan kerja yang serasi antara alat muat dan alat angkut dapat terjadi, bila produksi alat muat harus sesuai dengan produksi alat angkut. Faktor keserasian alat muat dan alat angkut ini didasarkan pada produksi alat muat dan alat angkut yang dinyatakan dalam faktor keserasian (*match factor*).

2.8 Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang ialah usaha yang bertujuan untuk memberikan pencegahan, pengeringan atau mengeluarkan air yang memasuki wilayah pertambangan. Hal tersebut dilaksanakan untuk mencegah aktivitas penambangan agar tidak terganggu dari air yang banyak terlebih dimusim hujan. Sistem penyaliran ini ditujukan guna agar alat mekanis tidak cepat rusak jadi alat yang digunakan tersebut mempunyai masa pakai yang lebih lama atau awet (Suwandhi, 2004). Penanganannya ini terbagi dua jenis yakni *mine drainage* dan *mine dewatering*. Air dilokasi tambang bisa berasal dari air bawah tanah dan air permukaan.

Penanganan masalah air disuatu tambang terbuka bisa dibagi 2 (Suwandhi, 2004) yaitu:

1. *Mine drainage*

Mine drainage merupakan cara-cara yang tidak konvensional

untuk mencegah air masuk ke area pertambangan. Ini secara umum digunakan untuk mengolah air dari sumber air permukaan dan air tanah. Cara umum guna mencegah masuknya air permukaan ke wilayah pertambangan ialah dengan membangun parit atau kanal di sekitar tambang atau di permukaan tanah.

2. *Mine dewatering*

Mine dewatering ialah upaya mengeluarkan air yang sudah masuk ke area pertambangan. Ini guna melibatkan pengelolaan dari air hujan. Berbagai metode drainase dan *dewatering* tambang ialah sistem kolam terbuka, *drainase*, dan galeri.

2.9 Curah Hujan

Curah hujan adalah sekumpulan air yang turun ke permukaan yang dinyatakan dalam milimeter. Curah hujan adalah banyaknya hujan yang terjadi pada suatu daerah. Sumber utama air yang masuk ke daerah penambangan pada tambang terbuka adalah air hujan, sehingga besar kecilnya curah hujan yang terjadi di daerah penambangan tersebut akan mempengaruhi banyak sedikitnya air tambang yang harus diatasi dan dikendalikan (Triadmodjo, 1993).

Pengukuran besarnya curah hujan yang terjadi di daerah penambangan dapat dilakukan dengan alat penakar hujan biasa dan alat penakar hujan otomatis. Dengan alat penakar hujan biasa, pengukuran dilakukan sekali dalam satu hari, biasanya pada jam 07.00 dengan demikian akan dihasilkan curah hujan harian. Dengan alat penakar hujan otomatis dilakukan pengukuran secara terus menerus dan pencatatan dilakukan secara otomatis, sehingga dihasilkan data curah hujan yang akurat. Dalam pengukuran harus diletakkan di tempat terbuka yang bebas dari pengaruh pohon-pohon dan gedung-gedung.

Ilmu statistik menunjukkan bahwa ada berbagai jenis distribusi frekuensinya serta 2 jenis distribusi yang kerap dipakai dalam bidang hidrologi yaitu *annual series*, pengambilan data maksimal per tahun, artinya hanya jumlah maksimal setiap tahun yang dianggap berpengaruh dalam analisis data dan *partial duration series*, yaitu dengan terlebih dahulu menentukan batas bawah curah hujan tertentu, kemudian diambil data di atas batas bawah itu dan digunakan sebagai data untuk analisis (Soewarno, 1995).

2.9.1 Periode Ulang Hujan

Curah hujan biasanya terjadi menurut pola tertentu dimana

curah hujan tertentu biasanya akan berulang pada periode tertentu yang dikenal dengan periode ulang hujan. Periode ulang hujan didefinisikan sebagai waktu dimana curah hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tertentu. Misalnya periode ulang hujan 10 tahun, maka peristiwa yang bersangkutan (hujan, banjir) akan terjadi rata-rata sekali setiap periode 10 tahun. Terjadinya peristiwa tersebut tidak harus 10 tahun, melainkan rata-rata sekali setiap periode 10 tahun, misal 10 kali dalam periode 100 tahun, 25 kali dalam periode 250 tahun dan seterusnya. Periode ulang ini memberikan gambaran bahwa semakin besar periode ulang semakin tinggi curah hujannya. Penetapan periode ulang hujan sebenarnya lebih ditekankan pada masalah kebijaksanaan yang perlu diambil sesuai dengan perencanaan. Pertimbangan dalam penentuan periode ulang hujan tersebut adalah risiko yang dapat ditimbulkan bila curah hujan melebihi curah hujan rencana (Suwandhi, 2004).

2.9.2 Curah Hujan Rencana

Dalam perancangan sistem penyaliran untuk air permukaan pada suatu tambang, hujan rencana merupakan suatu kriteria utama. Hujan rencana adalah hujan maksimum yang mungkin terjadi selama umur dari sarana penirisan tersebut. Hujan rencana ini ditentukan dari hasil analisa frekuensi data curah hujan, dan dinyatakan dalam curah hujan dengan periode ulang tertentu. Salah satu metode dalam analisa frekuensi yang sering digunakan dalam menganalisa data curah hujan adalah metode distribusi ekstrim, atau juga dikenal dengan metode distribusi Gumbel (Suwandhi, 2004).

Perkiraan nilai curah hujan rencana dapat ditentukan dengan Formula Extreme Value E.J Gumbel untuk mendapatkan perkiraan curah hujan. (Persamaan 2.1.) (Soewarno, 1995).

$$X_t = \bar{x} + \frac{s}{s_n} (y - y_n) \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan:

X_t = Curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun (mm)

\bar{x} = Curah hujan rata rata (mm)

S = Simpangan Baku (*Standar deviation*)

s_n = Standar deviasi dari reduksi *variate*, nilainya tergantung jumlah data

Y_t = nilai reduksi *variate* dari variabel yang diharapkan terjadi pada

periode ulang tertentu

Y_n = Koreksi rata-rata (*reduced mean*)

1. Tentukan curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum CH}{n} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan :

\bar{x} = Rata-rata nilai data

$\sum CH$ = Jumlah nilai data

n = Jumlah data

2. Simpangan baku dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995):

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-x_i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

x = Nilai rata-rata curah hujan

x_i = Curah hujan maksimum pada tahun x

n = jumlah data

3. Nilai reduksi variat dihitung dengan menggunakan rumus (Soewarno, 1995):

$$Y_t = -\ln[-\ln\{T-1\}]/T \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

Y_t = Koreksi varians

T = Periode ulang hujan

4. Koreksi rata-rata (Reduced mean) menggunakan rumus (Soewarno, 1995):

$$Y_n = -\ln \left[-\frac{\{n+1-m\}}{n+1} \right] \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan :

Y_n = Koreksi rata-rata (*reduced mean*)

n = Jumlah data

m = Urutan data (1,2,3)

5. Nilai koreksi simpangan (*reduced standard deviation*) ditentukan dengan rumus (Soemarto, 1987) :

$$S_n = \sqrt{\sum(Y_n - Y_N)/(n-1)} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan :

S_n = Standar deviasi dari reduksi variate, nilainya tergantung jumlah data

Y_n = Koreksi rata-rata (*reduced mean*)

Y_N = Nilai rata-rata Y_n

n = Jumlah data

2.9.3 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam jangka waktu tertentu, dan dinyatakan dalam mm persatuan waktu. Dengan kata lain bahwa intensitas curah hujan menyatakan besarnya curah hujan dalam jangka pendek yang memberikan gambaran derasnya hujan perjam. Untuk mengelola data curah hujan menjadi intensitas hujan digunakan cara statistik dari data pengamatan curah hujan yang terjadi (Suripin, 2003).

Besarnya intensitas hujan yang kemungkinan terjadi dalam kurun waktu tertentu dihitung berdasarkan persamaan Mononobe, yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(19)$$

Keterangan :

R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (mm/hari)

T = Durasi hujan rencana (jam)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

Tabel 7. Hubungan derajat hujan dan intensitas curah hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
	1 jam	24 jam
Hujan Sangat Ringan	<1	< 5
Hujan Ringan	1-5.	5-20.
Hujan Normal	5-10.	20-50.
Hujan Lebat	10-20.	50 - 100
Hujan Sangat Lebat	>20	> 100

(Sumber Suripin, 2004)

2.9.4 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan hujan (*catchment area*) merupakan suatu areal atau daerah tangkapan hujan dimana batas wilayah tangkapannya ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi sehingga akhirnya merupakan suatu poligon tertutup yang mana polanya disesuaikan dengan kondisi topografi, dengan mengikuti kecenderungan arah gerak air (Suwandhi, 2004).

Dengan pembatasan *catchment area* maka diperkirakan setiap debit hujan yang tertangkap akan terkonsentrasi pada elevasi terendah pada *catchment area* tersebut. Pembatasan *catchment area* biasa dilakukan pada peta topografi dan untuk perencanaan sistem penyaliran dianjurkan dengan menggunakan peta rencana penambangan dan peta situasi tambang. Daerah tangkapan hujan dibatasi oleh pegunungan dan bukit-bukit yang diperkirakan akan

mengumpulkan air hujan sementara (Soewarno, 1995).

2.9.5 Air Limpasan

Limpasan adalah semua air yang mengalir di permukaan tanah akibat hujan, yang bergerak dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, memperlihatkan asal atau jalan yang ditempuh sebelum mencapai saluran. (Endriantho et al, 2013). Laju aliran air limpasan bisa diketahui dengan persamaan metode rasional berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan :

- Q = Debit limpasan (m³/detik)
- C = Koefisien limpasan (Tabel 2)
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas *catchment area* (km²)

Koefisien limpasan ialah bilangan yang memperlihatkan bandingan besarnya limpasan permukaan dengan intensitas curah hujannya yang berlangsung disetiap area tangkapan hujan, koefisien limpasan pada tiap daerah berbeda (Amin, 2002). Koefisien limpasan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu faktor- faktor tutupan tanah, kemiringan lahan, intensitas hujan dan lamanya hujan.

Tabel 8. Koefisien limpasan

Kemiringan	Jenis lahan	Koefisien Limpasan (C)
>3% (datar)	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	perumahan	0,4
3%-15% (Sedang)	Hutan, perkebunan	0,4
	perumahan	0,5
	semak-semak agak jarang	0,6
	Lahan terbuka daerah tambang	0,7
	hutan	0,6
>15% (Curam)	perumahan	0,7
	semak-semak agak jarang	0,8
	Lahan terbuka daerah tambang	0,9

(Sumber Amin, 2002)

2.9.6 Air Tanah

Air tanah adalah air yang meresap ke dalam tanah lalu bergerak di dalam tanah yang terdapat didalam ruang antar butir-butir tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer (Sosrodarsono, 1993). Debit air tanah bisa dihitung dengan mencari selisih waktu air ketika pompa dihidupkan dan dimatikan, kenaikan permukaan air *sump* serta luas permukaan pada saat pompa dihidupkan dan dimatikan (Soemarto, 1987).

$$Q = h \frac{\left[\frac{L_1+L_2}{2}\right]}{\Delta t} \dots\dots\dots(21)$$

Keterangan :

Q = Debit air tanah (m³/jam)

Δt = Selisih waktu pompa dimatikan dan dihidupkan kembali (jam)

H = Kenaikan permukaan air *sump* (m)

L1 = Luas permukaan air pada saat pompa dimatikan (m²)

L2 = Luas permukaan air pada saat pompa dihidupkan (m²)

2.10 Rancangan Sistem Penyaliran Tambang

2.10.1 Perencanaan Kolam Penampungan (*Sump*)

Sump atau sering disebut dengan kolam penampung merupakan tempat yang dibuat untuk menampung air sebelum air tersebut dipompakan. Kolam penampung ini juga dapat berfungsi sebagai tempat mengendapkan lumpur. Tata letak kolam penampung dipengaruhi oleh sistem drainase tambang yang digunakan serta disesuaikan dengan letak geografis daerah tambang dan kestabilan lereng tambang (Syukriadi, 2005).

$$V = Q \times t \dots\dots\dots(22)$$

Keterangan:

V = Volume *sump* rekomendasi (m³)

Q = Debit air yang masuk waktu dengan konsentrasi selama 3 hari (m³)

T = Durasi hujan (jam/hari)

Pada umumnya, bentuk *sump* yang sering digunakan pada lokasi tambang yaitu *sump* berbentuk trapesium (*inverted trapezium*) dikarenakan mudah dalam pembuatannya, Penentuan volume *sump* didasarkan atas bentuk *sump* itu sendiri. Rumus volume *inverted trapezium* dihitung menggunakan persamaan rasional :

$$V = \frac{1}{2} \times (P_1+P_2) \times t \times L \dots\dots\dots(23)$$

Keterangan :

V = Volume *sump* (m³)

P1 = Panjang atas (m)

P2 = Panjang bawah (m)

t = Kedalaman (m)

L = Lebar *sump* (m)

Menurut (Suwandhi, 2004) *Sump* bisa dibedakan berbagai jenis, yaitu :

1. *Travelling Sump*

Travelling Sump dibangun di area depan tambang, tujuan dari *sump* ini ialah untuk menghadapi air permukaan, baik secara

terencana yang digambarkan pada peta jangka pendek atau tidak terencana sebelumnya. periodenya menggunakan *sump* cukup singkat dan diposisikan berdasarkan pada kemajuan tambang.

2. *Sump* Jenjang

Sump Jenjang dibangun berdasarkan perencanaan untuk memilih lokasi dan volumenya. Penempatan poros ini berada dipermukaan tambang dan umumnya pada lereng- lereng tepi tambang. *Sump* Jenjang dirancang untuk periode yang tidak sebentar dan umumnya terbuat dari bahan yang kedap air yang bertujuan dalam mencegah masuknya air yang bisa membuat jenjang tambang longsor. *sump* ini dibagi menjadi dua bagian, bagian pertama untuk menampung air kotor yang berasal dari *sump* front berfungsi sebagai tempat penampungan lumpur dan bagian lainnya sebagai tempat penampungan air bersih yang berasal dari bagian *sump* yang pertama kemudian dialirkan ke paritan pelimpah.

3. *Main Sump*

Main Sump dibuatkan sebagai tempat menampung air terakhir dan dapat digunakan sebagai cadangan air untuk digunakan dalam pengamanan kebakaran. Secara umum *sump* ini dibuat pada elevasi paling rendah dari dasar tambang.

2.10.2 Pemompaan dan pemipaan

- **Pompa**

Pompa ialah alat pengangkut yang fungsinya agar cairan dari satu tempat ke tempat lainnya pindah. Penggunaan pompa dalam sebuah tambang ialah untuk membuang air yang masuk kedalam daerah penambangan. Jenis pompa yang banyak dipakai dikegiatan *drainase* tambang ialah pompa *sentrifugal* Pompa *sentrifugal* banyak dipakai dipertambangan sebab bisa mencapai *head of discharge* yang tinggi (Suripin, 2004).

Terkadang sebuah pompa memerlukan debit atau *head* yang tinggi, sementara tiap pompa mempunyai kapasitas dalam mencapai debit atau *head* tertentu. Oleh sebabnya, dua ataupun lebih pompa dapat dikonfigurasi guna dipasangkan secara bersamaan. yang berisi dari sambungan paralel serta sambungan seri (Sularso dan Tahara, 2000).

Head pompa adalah energi per satuan berat fluida yang diberikan oleh pompa sehingga fluida tersebut dapat mengalir dari *suction* ke *discharge*. Fluida yang dipindahkan adalah fluida

incompresibel atau fluida yang tidak dapat dimampatkan.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas pompa seperti beda elevasi antara tempat penampungan dengan tempat pembuangan, kecepatan fluida yang mengalir, gesekan antara fluida dengan pipa, belokan-belokan dan perubahan aliran yang terjadi, densitas cairan, dan ukuran butiran material dalam cairan.

Penentuan daya pompa yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$P = \frac{Q \times H \times \gamma \times g}{3,6 \times 1000 \times E}$$

Keterangan :

P = Daya pompa (KWh)

Q = Kapasitas pompa (l/s)

H = Head pompa (m)

Y = Berat jenis air (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

E = Efisiensi pompa, dinyatakan dalam decimal

Perhitungan debit aktual menggunakan *outlet* suatu pompa dapat dihitung dengan pengukuran jauh tembakan *outlet* pompa serta diameter pipa. Perhitungan debit pompa aktual dapat dilakukan dengan menggunakan Metode *Discharge*. Langkah kerja metode ini yaitu dengan membuat alat ukur berbentuk "L" (Cassidy, 1973) Kemudian data data yang telah didapatkan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{d^2 \times x \times \pi}{4 \sqrt{2y/g}} \times 3600 \dots \dots \dots (24)$$

Keterangan:

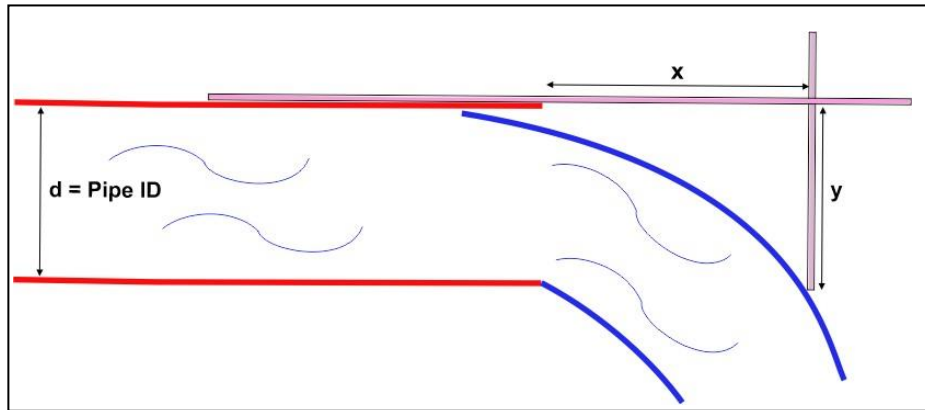
Q = Debit Pemompaan (m³/jam)

d = Diameter dalam pipa (m)

g = Gravitasi (m/s²)

x = Jarak Lontaran Air (m)

y = Tinggi Lontaran Air (m)



Gambar 14. Metode Discharge
(Sumber Cassidy, 1973)

- **Pipa**

Pipa adalah suatu alat yang dipakai untuk menyalurkan air dengan bantuan pompa. Kapasitas pipa tergantung dari luas penampang pipa tersebut dan kecepatan alirannya. Kecepatan aliran pipa dapat diketahui apabila diketahui debit air yang dikeluarkan per satuan waktu dan luas penampang dari pipa yaitu dengan rumus:

$$Q = v \times A \dots \dots \dots (25)$$

Keterangan :

Q= Debit air (m³/dtk)

A= Luas penampang pipa (m²)

v = Kecepatan aliran air (m/dtk)

Adapun perhitungan julang (*head*) total pompa menggunakan persamaan berikut:

$$H = H_s + H_v + H_f + H_b \dots \dots \dots (26)$$

Dimana:

1. *Static Head (H_s)*

Static head adalah kehilangan energi yang disebabkan oleh perbedaan tinggi antara tempat penampungan dengan tempat pembuangan. Persamaan yang dipakai untuk menghitung nilai H_s, adalah:

$$H_s = H_2 - H_1 \dots \dots \dots (27)$$

Keterangan :

H_s = *Head statis* (m)

H₂ = Elevasi tempat pembuangan (m)

H₁ = Elevasi tempat penampungan (m)

2. Velocity Head (H_v)

Velocity Head adalah kehilangan yang diakibatkan oleh kecepatan air yang melalui pompa.

$$H_v = \frac{v^2}{2 \times g} \dots \dots \dots (28)$$

Keterangan :

v = Kecepatan aliran air didalam pipa (m/s)

g = Gaya gravitasi bumi (m/s²)

3. Friction Head (H_{f1})

Friction Head adalah kehilangan head akibat gesekan air yang melalui pipa dengan pipa karena adanya pengaruh kekasaran dari dinding pipa, yang dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$H_f = f \left(\frac{L \times v^2}{2 \times d \times g} \right) \dots \dots \dots (29)$$

Keterangan :

f = Koefisien belokan

L = Panjang pipa (m)

d = diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan aliran air didalam pipa (m/s)

g = Gaya gravitasi bumi (m/s²)

4. Head Belokan (H_b)

Head belokan adalah kehilangan *head* akibat adanya belokan pipa dan berpengaruh terhadap laju air yang melalui pipa, yang dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$H_b = k \frac{v^2}{2 \times g} \dots \dots \dots (30)$$

Keterangan :

k = Koefisien kerugian pada pipa

v = Kecepatan aliran air didalam pipa (m/s)

g = Gaya gravitasi bumi (m/s²)

2.11 Penjadwalan Produksi (*Sequence*)

Menurut Bargawa (2018), tahapan penambangan merupakan bentuk-bentuk penambangan yang menunjukkan bagaimana suatu *pit* dari awal sampai akhir penambangan. Tahapan penambangan juga disebut *push back*, *phase*, *slice* dan *stage*. Tujuan dari tahapan penambangan yaitu untuk menyederhanakan semua volume yang terdapat didalam *pit* menjadi unit-unit *pit* yang lebih sederhana atau kecil sehingga memudahkan penambangan. Dalam merancang tahapan

penambangan, parameter waktu sangat diperhitungkan, karena waktu adalah parameter yang sangat berpengaruh dalam proses menjadwalkan (*mine scheduling*) untuk mengoptimalkan target produksi.

Metode sequence perluasan dari tambang dilakukan pada serangkaian fase, yang disebut sebagai *pushback*. Geometri *pushback* ditentukan berdasarkan pada faktor geometri endapan, target finansial, peralatan penambangan, target produksi, dan rancangan penambangan jangka panjang. Metode *Pushback* terbagi atas secara konvensional atau sekuensial (McCarter, 1992).

1. Metode blok sekuensial menerus secara bersamaan pada beberapa level elevasi, sedangkan metode *pushback* konvensional menambang suatu luasan horizontal hingga level elevasi *pushback* sebelum melanjut ke elevasi berikutnya. Zona sekuen *pushback* yang berbeda terpisah oleh jalan angkut
2. Semua aktivitas terkonsentrasikan pada satu level dibandingkan sejumlah level aktif pada *pushback* sekuensial. Metode *pushback* sekuensial membutuhkan perencanaan yang lebih kompleks dibandingkan *pushback* konvensional. Namun, mengembangkan beberapa area secara bersamaan memberikan fleksibilitas selama proses penggalian, dan kontrol perencanaan produksi. Lebih lanjut, *pushback* sekuensial terdiri dari sejumlah jenjang aktif dengan sudut jenjang kerja yang lebih rendah dari kemiringan jenjang akhir, membuat stabilitas lereng yang lebih baik

Menurut Thompson (2005), Penentuan arah kemajuan sequence penambangan umumnya berdasarkan arah kemenerusan batubara (*strike*) dan kemiringan endapan batubara (*dip*) yang dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Sejajar dengan batas outcrop batubara atau *strike*, maju searah turunan down dip (*low wall to high wall*).
2. Sejajar dengan *strike* endapan batubara, maju searah naikan up-dip (*high wall to low wall*).
3. Sejajar dengan *dip* endapan batubara, maju sepanjang arah *strike*.
4. Arah menyerong.

Menurut Parhusip (2021), penjadwalan tambang ialah tahap-tahap kegiatan penambangan yang menjelaskan cara bagaimana suatu *pit* akan ditambang dari bentuk awal sampai *pit final*. Adapun tujuan dari pembuatan tahapan penambangan yaitu untuk membagi seluruh volume yang ada dalam *pit* (lapisan tanah penutup dan bahan galian) menjadi unit-unit perancangan yang lebih kecil (*panel/strip*) sehingga mudah untuk dilakukan perancangan. Proses penjadwalan produksi dapat ditentukan setelah dilakukan perhitungan cadangan pada area yang akan dilakukan penjadwalan produksi yang memenuhi prasyarat *stripping ratio (pit limit)*.

Terdapat beberapa tujuan dari penjadwalan produksi, Yaitu :

- a. Menentukan jadwal produksi seperti periode tahunan, 3 bulanan, bulanan dan juga mingguan.
- b. Menentukan bagaimana urutan penggalian, penimbunan *Disposal* dan pembuatan jalan yang mengacu pada *mine Design*.
- c. Membuat desain situasi penambangan dengan periode tersebut.

Penjadwalan produksi tambang dirancang berdasarkan periode waktu tertentu. Data yang harus diketahui ialah data tonase batubara, *Overburden*, dan pemindahan material total dari area penambangan. Prinsip dasar penjadwalan produksi adalah dapat memperoleh material sebanyak mungkin dengan biaya semurah mungkin. Terdapat beberapa evaluasi yang dilakukan ada saat proses penjadwalan produksi, yaitu besar target produksi lapisan tanah penutup dan batubara, jadwal pengupasan tanah penutup, jadwal penambangan dan strategi pemenuhan target kualitas batubara dan material yang ditambang (Bargawa, 2008).

Menurut Bargawa, 2008), asumsi awal yang digunakan untuk menentukan penjadwalan produksi ialah :

- Besaran target produksi batubara dapat berubah berdasarkan waktu
- Penjadwalan dirancang sebagai strategi untuk mengevaluasi berubahnya besaran target produksi batubara.

Dua asumsi tersebut bisa mempengaruhi jadwal

pengupasan *Overburden* sebelum *coal expose*. Penjadwalan produksi berfungsi untuk menentukan kombinasi alat mekanis pada blok-blok penambangan di area *pit* dengan dasar jam kerja. Penjadwalan produksi pada periode kurang dari satu bulan, akan menekankan apa saja hal yang harus tercapai dalam rentan waktu tersebut. Rencana produksi harus dilaksanakan dengan batasan dari perencanaan *short term* dan dievaluasi atau diperbaiki setiap hari atau lebih sering untuk merekomendasikan perubahan kombinasi alat mekanis dan blok-blok penambangan bahan galian dan *waste* baru yang disiapkan untuk kegiatan penambangan.

Penjadwalan tambang merupakan salah satu bagian dari perencanaan tambang. Setelah pemodelan geologi, blok pemodelan level, penentuan *Striping ratio* (SR) atau *Cut-off grade* (COG), hingga desain *pit-limit*, penjadwalan menjadi sangat penting untuk menentukan kegiatan penambangan pada tahun berikutnya. Tujuan utama dari penjadwalan adalah untuk mendapatkan *Net present value* (NPV) seoptimal mungkin. Dengan cara yang sama, the tujuan penjadwalan adalah memanfaatkan keuntungan semaksimal mungkin dengan yang terkecil biaya operasi (Hustrulid dan Kuchta, 1995).

2.12 Rancangan Penimbunan

Faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pemindahan lapisan tanah penutup ialah keseimbangan material (*material balance*). Material balance berhubungan dengan penimbunan material *Overburden* ke area penimbunan (*Disposal*) dengan memperhatikan jenis material untuk memaksimalkan ruang *Disposal*. Beberapa langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam perencanaan *material balance*, antara lain :

- a. Membuat desain *pit* & *Disposal* untuk merencanakan penempatan material.
- b. Melakukan taksiran terhadap volume material terambil dan luasan area penimbunan yang tersedia.
- c. Pemilihan lokasi pemuatan di *pit* dan lokasi penumpahan material di area penimbunan sesuai dengan rancangan dan volume yang diinginkan.

Setelah itu dapat ditentukan jarak pengangkutan material *Waste dump* area dibagi menjadi dua, yaitu :

a. *In pit dump* (IPD)

lokasi penimbunan material lapisan tanah penutup pada daerah penambangan yang sudah selesai tambang.

b. *Out pit dump* (OPD)

lokasi penimbunan material tanah penutup berada diluar area *pit limit*.

Rencana lokasi dan rancangan *waste dump* akan berpengaruh terhadap kombinasi alat meknis yang digunakan dan *match factor* dari kombinasi tersebut. Luasan area yang digunakan untuk *waste dump* pada umumnya luasnya 2–3 kali dari luas area penambangan (*pit*) (Sunarno, 2008). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

a. Material yang diberai (*loose material*) akan berkembang 30–45 % dari material in situ (*swell factor*).

b. Sudut miring jenjang lebih landai daripada *pit*.

Material lapisan tanah penutup tidak bisa ditumpuk setinggi kedalaman *pit* penambangan.

2.13 Perangkat lunak (Software)

Pemanfaatan *Software* merupakan instruksi dari Peraturan menteri dari Kementerian ESDM No.26 Tahun 2018 Pasal 3, yang menjelaskan pentingnya kemajuan didalam pemanfaatan dan penerapan teknologi dalam operasi tambang.

Ada beberapa contoh *Software* yang biasa digunakan dalam perencanaan dan perancangan penambangan seperti *Software Minescape*, *Arcgis*, *Spry*, dan *office*.

1. *Minescape*

Minescape adalah salah satu produk dari perusahaan yang berada di Australia yang memiliki *software mine planning & scheduling*. Fungsi *minescape* adalah sebagai solusi eksplorasi, permodelan desain tambang, perencanaan produksi, dan *scheduling*.

2. *Arcgis*

ArcGis merupakan temuan *ESRI (Environment Science and Research Institute)* di California. Aplikasi ini berkaitan dengan kegiatan sistem informasi geografis. Dalam penggunaannya, *ArcGis* mempunyai fitur penting seperti untuk kegiatan pembuatan tampilan peta, pengumpulan data lapangan, dan data spasial.

3. *Spry*

Spry adalah *Software* yang biasanya digunakan untuk melakukan Penjadwalan produksi pada pertambangan yang dimana dapat membagi dan menghitung perbedaan ataupun selisih produksi.

4. *Microsoft Office*

Microsoft Office adalah salah satu *software* yang dibuat oleh perusahaan *Microsoft* pada tahun 1988. *Software* ini sangat sering digunakan dalam dunia kerja karena praktis dan mudah dipakai, serta tidak membutuhkan teknologi yang canggih untuk bisa dioperasikan.

5. *Slide*

Software yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng ini adalah *slide*. *Software* ini dapat merancang desain geometri jenjang yang meliputi tinggi dan kemiringan jenjang tambang beserta tingkat faktor keamanannya. Hasil analisis yang diperoleh akan dijadikan dasar untuk membuat model desain tambang yang aman bagi lingkungan.

2.14 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah salah satu cara untuk mencari sumber referensi atau sebagai perbandingan pada penelitian sebelumnya.

Tabel 9. Penelitian terdahulu

No	Penulis	Perihal	Keterkaitan
1	(Pradana, kopa, & Yulhendra, 2020)	Estimasi sumberdaya	membahas keterkaitan Estimasi sumberdaya batubara terukur
2	(Putra & Yulhendra, 2020)	Optimalisasi kemajuan tambang	Membahas tentang bagaimana membuat rancangan <i>sequence</i> penambangan
3	(saputra, asof & wiwik, 2021)	teknis penambangan	membahas tentang keterkaitan teknis penambangan
4	(Suprianto dan hariyadi, 2019)	rancangan teknis desain <i>sequence</i>	Membahas keterkaitan rancangan teknis desain <i>sequence</i>
5	(Prasakto, Nurhakim, Riswan & Putri, 2020)	Perencanaan penambangan	Membahas keterkaitan perencanaan penambangan batubara

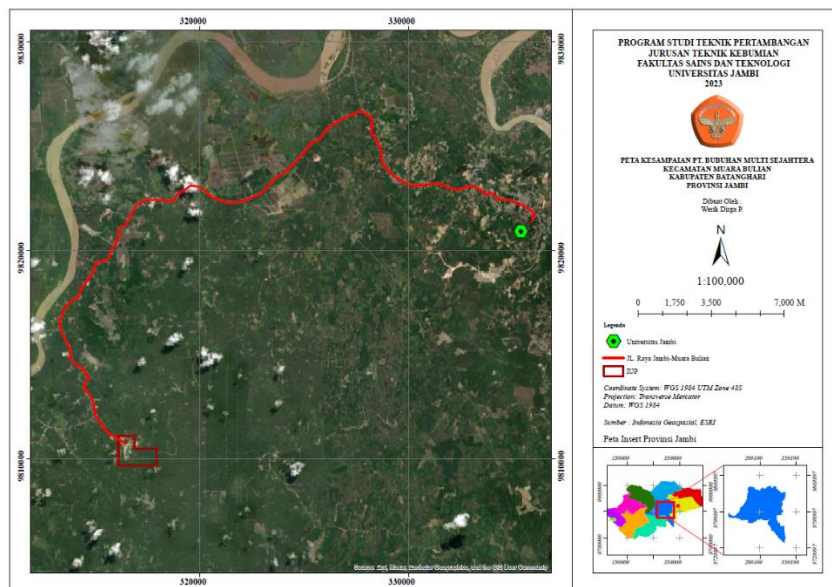
(Sumber Penulis, 2023)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian dan Kesampaian Daerah

PT. Bubuhan Multi Sejahtera yang terletak di Desa Sungai Buluh, Kecamatan Muara Bulian, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi dengan luas 195 hektar. Untuk mencapai lokasi wilayah PT Bubuhan Multi Sejahtera dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat maupun roda dua. Dari kota Jambi ditempuh sekitar 1-1,5 jam dengan jarak ± 70 km dengan perincian jalan negara sejauh 58 Km dilanjutkan jalan provinsi atau jalan kabupaten sekitar 2 km. Kondisi jalan negara, jalan provinsi dan jalan kabupaten beraspal dan relative baik, hanya sebagian kecil, di beberapa tempat berlubang-lubang.

PT. Bubuhan Multi Sejahtera Memulai Eksplorasi di Tahun 2010 Akhir hingga 2011 Awal, dan mulai melakukan kegiatan Penambangan di pertengahan tahun 2011. Namun setelah berjalan beberapa bulan perusahaan vakum hingga tahun 2022, Februari 2022 Perusahaan kembali melakukan penambangan. Daerah lokasi kesampaian dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan pada **Lampiran 3.**



Gambar 15. Peta Kesampaian lokasi penelitian (Sumber Penulis, 2023)

3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dari tanggal 5 Januari 2023 sampai dengan akhir Januari 2023. Untuk lebih jelasnya

dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 10. Waktu kegiatan

No	Kegiatan	Waktu Penelitian			
		Bulan Januari			
		Minggu Ke-			
		1	2	3	4
1	Studi Literatur				
2	Orientasi Lapangan				
3	Pengumpulan Data				
4	Pengolahan Data				
5	Penyusunan Laporan				

(Sumber Penulis 2023)

3.3 Metode Penelitian

Metode analisis data berdasarkan analisis kuantitatif yang digunakan dengan mengelompokkan data berdasarkan variabel perencanaan tambang, kemudian dilakukan koreksi terhadap data yang diperoleh. Setelah itu dilakukan tabulasi terhadap data yang diperoleh. Kemudian data diolah dengan bantuan perangkat lunak tambang. Setelah itu diperoleh hasil dari pengolahan data tersebut. Berikut ini merupakan urutan pekerjaan penelitian yang akan dilakukan:

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan referensi berupa teori dan rumusan yang berkaitan dengan rencana penambangan, pemindahan tanah mekanis, dan ketersediaan alat gali muat. Bahan referensi yang digunakan adalah buku, jurnal ilmiah, *handbook*, dan arsip dari PT. Bubuhan Multi Sejahtera.

3.3.2 Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan yang dimana pengamatan ini digunakan sebagai pertimbangan untuk melakukan *Design*. Adapun data primer yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 11. Pengamatan Dilapangan

No	Pengamatan Lapangan
1	Melihat Kedudukan Batubara
2	Melihat area yang akan di Rancang
3	Melihat <i>Pit</i> dan <i>disposal</i> pada <i>pit</i> timur
4	Menentukan arah kemajuan tambang
5	Menentukan jalan yang akan di <i>design</i>
6	Foto lapangan/kondisi aktual

(Sumber Penulis, 2023)

3.3.3 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari perusahaan tempat dilaksanakannya penelitian, meliputi:

1. Data *Log Bor* PT. Bubuhan Multi Sejahtera

Data Log bor adalah data yang didapatkan dari perusahaan yang merupakan hasil dari eksplorasi pada tahun 2010 sampai pertengahan 2011.

2. Data Topografi

Data topografi merupakan data yang didapatkan dari hasil pengukuran di luasan IUP PT. Bubuhan multi sejahtera dengan luas 195 ha yang mencakup lembah, sungai dan rawa.

3. Data rekomendasi geoteknik lereng *pit*, *Disposal*, dan jalan

Data rekoemndasi geoteknik diperoleh dari perusahaan yang berdasarkan uji material pada laboratorium.

4. Data *cycle time*, jam kerja dan waktu hambatan.

Data *cycle time*, jam kerja dan waktu hambatan merupakan laporan yang didapatkan perusahaan dari hasil pengamatan penelitian terdahulu pada tahun 2022.

5. Data curah hujan

Data curah hujan adalah data yang diperoleh dari perusahaan yang didapatkan dari badan *Meteorologi, Klimatologi*, dan Geofisika (BMKG) pada 5 tahun terakhir.

6. Data ketersediaan alat

Data mengenai alat didapatkan dari hasil laporan bulanan perusahaan.

3.3.4 Pengolahan Data

Data primer dan sekunder diolah dengan dasar teori yang sudah diperoleh dari studi literatur yang berkaitan. Pengolahan data tersebut dilakukan dengan menggunakan *Software* tambang. *Software* tambang berfungsi untuk mengelompokkan data kemudian dianalisa dan diolah.

Ada beberapa tahapan pengolahan data yaitu sebagai berikut.

1. pembuatan blok model geologi

Pembuatan pemodelan lapisan batubara dengan data-data yang digunakan yaitu data singkapan meliputi data koordinat X, Y, Z, kontur *roof* dan *floor*.

2. Pembuatan *Design pit*

Pembuatan *Design pit* yang mana pada pembuatan *Design* ini mencangkup jenjang tambang (*bench Design*), Bidang permukaan (*surface*) yang terbentuk dipergunakan dalam perhitungan cadangan.

3. Produktivitas

Dalam menghitung produksi perbulan maupun per-*sequence* diawali dengan menghitung produksi alat angkut maupun alat muat.

a. Produksi alat gali-muat

Untuk menghitung produktivitas atau kemampuan dari alat gali-muat, Adapun data yang diperlukan yaitu kapasitas *bucket*, *fill factor*, waktu edar dan efisiensi kerja alat.

b. Produktivitas alat angkut

Menghitung produktivitas atau kemampuan dari alat angkut adapun data yang diperlukan yaitu waktu siklus dan efisiensi kerja alat.

4. Penjadwalan produksi

Untuk penjadwalan penambangan didapat dari hasil perhitungan cadangan yang dapat ditambah sesuai dengan *Design per-sequence*. Kemudian hasil dari volume cadangan yang dapat ditambah akan menjadi acuan dalam menentukan jadwal atau arah penambangan dengan memperhatikan produktivitas alat yang ada, sehingga dapat mencapai target yang diinginkan.

3.3.5 Analisis Data

Adapun tahapan analisis data adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan cadangan

Cadangan yang dihitung merupakan cadangan yang tersisa dari proses penambangan pada akhir bulan September. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan perhitungan cadangan keseluruhan menggunakan data sebaran titik bor menggunakan *software*

Tambang sehingga didapatkan kontur struktur batubara yang menunjukkan ketebalan batubara dan ketebalan *Overburden* sehingga dapat ditentukan nilai *stripping ratio*. Dengan mencocokkan *stripping ratio* yang diizinkan perusahaan maka akan didapat *pit limit* penambangan dan cadangan total yang dapat ditambang.

Selanjutnya adalah mengolah data topografi kemajuan penambangan pada akhir bulan September. Data topografi tersebut dijadikan sebagai *top surface*, dan *floor seam* batubara paling bawah dijadikan *bottom surface* kemudian diolah menggunakan *software* Tambang sehingga didapatkan cadangan yang masih tersisa.

2. *Design pit*

Pada pembuatan *Design pit* tahapan yang dilakukan adalah mengolah data kontur struktur batubara dan *pit limit*. Kontur struktur dijadikan sebagai *bottom surface* dan *pit limit* dijadikan sebagai *boundary* dari *Design pit* pada saat pengolahan menggunakan *software* Tambang. Menurut KEPMEN ESDM 1827 parameter pembuatan *Design pit* adalah *pit limit*, geometri jenjang, dan *Design* jalan tambang.

Parameter *Design pit* diantaranya adalah *Pit limit*, *pit limit* memiliki parameter singkapan batubara, nilai *stripping ratio*, ekonomis dan kemenerusan batubara. Parameter *Design* jalan yaitu :

- kemiringan (*grade*) jalan tambang/produksi dibuat tidak boleh lebih 12% (dua belas persen) dengan memperhitungkan:
 - spesifikasi kemampuan alat angkut
 - jenis material jalan
 - *fuel ratio* penggunaan bahan bakar
- lebar jalan tambang/produksi mempertimbangkan alat angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut paling kurang:
 - tiga setengah kali lebar alat angkut terbesar, untuk jalan tambang dua arah
 - dua kali lebar alat angkut terbesar, untuk jalan tambang satu arah

- lebar jalan pada jembatan sesuai ketentuan di atas.
- sudut belokan pada pertigaan jalan tidak boleh kurang dari 70° (tujuh puluh derajat).
- sepanjang permukaan badan jalan tambang/produksi dibentuk kemiringan melintang (*cross fall*) paling kurang 2% (dua persen).

Parameter Geometri jenjang salah satunya faktor keamanan dan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 12. Faktor keamanan

Jenis Lereng	keparahan longsor	kriteria dapat diterima		
		FK Statis	FK Dinamis	Probabilitas Longsor
Lereng Tunggal	Rendah-Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

(Sumber KEPMEN ESDM 1827, 2018)

3. Menghitung hambatan-hambatan kegiatan produksi

Untuk meningkatkan produksi alat mekanis harus dilakukan perbaikan dari hambatan-hambatan yang terjadi pada kegiatan produksi. Perbaikan hambatan tersebut bertujuan meningkatkan waktu kerja efektif dari alat mekanis sehingga diperoleh produktivitas alat mekanis optimal.

4. Menghitung kapasitas dan jumlah alat produksi

Untuk menghitung kapasitas alat produksi kita harus terlebih dahulu mengetahui spesifikasi alat mekanis yang digunakan, jenis bahan galian, dan jam kerja alat mekanis. Data *cycle time* dari alat-alat mekanis kemudian diolah menggunakan rumus sesuai literatur. Semua data tersebut kemudian diolah menggunakan persamaan rumus produktivitas pada literatur untuk mengetahui produktivitas setiap alat mekanis. Nilai produktivitas tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan untuk mengetahui berapa jumlah dan kombinasi alat gali muat yang digunakan.

5. Rancangan penambangan

Perancangan tahapan penambangan menggunakan metode *trial* dan *error* dengan memodifikasi dalam

menentukan berapa luasan areal bukaan yang dihubungkan dengan bukaan *bench*, *ramp of mine* hingga perhitungan SR menunjukkan hasil yang sesuai dengan target SR produksi perusahaan.

6. Perancangan tahapan

Penambangan ini dibuat menggunakan *software* Tambang dengan cara membagi areal dari *Design pit* yang akan ditambang selanjutnya menjadi unit-unit penambangan yang lebih kecil untuk periode.

7. Penjadwalan produksi

Penjadwalan produksi dibuat berdasarkan target produksi perbulan dan cadangan yang tersisa pada akhir bulan September. Penjadwalan produksi dibuat dalam skala harian mingguan dan bulanan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rancangan *Design Pit Limit*

Penentuan *pit limit* merupakan rencana perusahaan atas perubahan area penambangan pada rancangan ini luas bukaan area *pit* penambangan atau *boundry* adalah seluas 3,15 hektar dengan elevasi tertinggi 54,1 mdpl dan terendah 25,46 mdpl. Luas bukaan area *Disposal in pit dump* 1,09 hektar dengan elevasi terendah 36 mdpl dan pada bulan pertama 46 mdpl, pada bulan kedua 48,5, pada bulan ketiga 58 mdpl dan pada bulan keempat 63 mdpl.

4.1.1 Geometri Lereng

Design geometri lereng akan mempengaruhi tingkat kestabilan lereng tambang. Pada penelitian ini *Design* lereng dibuat berdasarkan rekomendasi perusahaan tempat penelitian. *Design* geometri lereng yang akan dibuat terdiri dari tinggi jenjang, lebar jenjang dan *single slope*. Berdasarkan rekomendasi perusahaan maka geometri lereng adalah sebagai berikut.

- Tinggi jenjang 10 meter
- Lebar jenjang 5 meter
- *Single slope* 45°

Selain geometri peneliti juga memperoleh hasil uji laboratorium dari material yang terdapat pada lokasi area penambangan. Hasil uji laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut dan terdapat juga pada **lampiran**.

Tabel 13. Hasil Uji laboratorium

No.	MaterialName	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
1	Soil	Cohesion	Normal	246.5	14.3	234.3	266.6
2	Soil	Phi	Normal	10.98	5.33	5.413	18.182
3	Soil	Unit Weight	Normal	38.42	0.48	37.94	38.9
4	CLAY	Cohesion	Normal	267	26.86	242.1	307.3
5	CLAY	Phi	Normal	13.92	2.6	10.238	15.799
6	CLAY	Unit Weight	Normal	40.62	0.45	40.17	41.07
7	Coal	Cohesion	Normal	258	4.8	251.3	262
8	Coal	Phi	Normal	24	3.521	12.606	20.391
9	Coal	Unit Weight	Normal	15.4	0.45	13.87	14.76

(Sumber Laboratorium, 2011)

Dari geometri dan data laboratorium diatas peneliti melakukan perhitungan faktor keamanan, perhitungan ini guna

untuk memastikan nilai kestabilan lereng yang akan dirancang pada *pit* penambangan dengan menggunakan bantuan *software* tambang dan menggunakan dua metode yaitu bishop dan janbu sehingga menghasilkan nilai faktor keamanan 2,239 dengan menggunakan metode bishop. Dari data ini peneliti menyimpulkan telah mencapai batas aman sesuai Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 dan dapat diterapkan pada rancangan *pit* penambangan. Perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut dan terdapat juga pada **Lampiran**.

Tabel 14. Nilai Faktor Keamanan

FAKTOR KEAMANAN METODE BISHOP
Plan Perusahaan
2,239

(Sumber *Software* Tambang, 2023)

4.1.2 Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan angkut tambang (*Ramp*) berfungsi untuk menunjang kelancaran proses penambangan terutama dalam proses pengangkutan material hasil penambangan. Menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, jalan tambang/produksi adalah jalan yang terdapat pada area pertambangan dan/atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang pertambangan.

Geometri *ramp* disesuaikan dengan spesifikasi alat angkut pada area atau lokasi yang bekerja di *pit* penambangan. Pada PT. Bubuhan Multi Sejahtera terdapat 1 jalur dan 2 lajur dan menggunakan jenis alat angkut ADT Volvo a35e dengan lebar 3,5 meter. Geometri *ramp* pada area penambangan adalah sebagai berikut.

Lebar Jalan Lurus

Menurut Kepmen ESDM no. 1827 K/30/MEM/2018 Lebar jalan tambang/produksi mempertimbangkan alat angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut paling kurang tiga setengah kali lebar alat angkut terbesar untuk jalan tambang satu arah. Berdasarkan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, lebar jalan lurus diarea penambangan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Luas minimal} &= 3,5 \times 3,5 \\ &= 12,25 \text{ meter} \end{aligned}$$

Kemiringan Jalan (Grade)

Kemiringan jalan atau grade merupakan factor penting yang harus diamati secara detail dalam suatu kajian kondisi jalan tambang karena akan mempengaruhi kinerja alat angkut yang melaluinya, Menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, grade jalan tambang/produksi dibuat tidak boleh lebih dari 12% atau sesuai dengan kemampuan alat. Disini penulis memilih grade dalam rentang 8% sampai 12%.

4.1.3 Perhitungan Cadangan

Pada penelitian ini cadangan yang dihitung adalah cadangan didalam *pit* yang akan dirancang. Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software* tambang. Data-data yang diperoleh dari perusahaan berupa data *logbor*, *survei* dan *topografi*. Didalam perhitungan ini menggunakan metode blok yang dimana setiap blok dibagi dengan ukuran 50x50 meter untuk blok pada perhitungan cadangan *Overburden* dan 20x20 meter untuk blok pada perhitungan batubara, kemudian dilakukan perhitungan *reserves* dan perhitungan tersebut mendapatkan total *Overburden* dan batubara dalam bentuk data *report* sehingga pengolahan data untuk mendapatkan nilai *Striping rasio* (SR) bisa dilakukan dengan membagi total *Overburden* dan total batubara. Pada perhitungan cadangan didalam *pit* didapatkan 260.213 bcm dan 74.425 ton batubara dan rata-rata SR dengan nilai 3,49. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan pada

Lampiran.

1					
62821		Laporan cadangan LoM BMS			
Date: 30-Jun-23		Merik Dirga			
SUBNAME_1	TOPELEVATION METRES	BOTELEVATION METRES	TOTALRRMASS TONNES	TOTBURDVOLUME CU. METRES	
1	DDC02D04.L1	42.039	40.000	52.91	102.79
2	DDC02D05.L1	41.080	40.000	51.01	19.33
3	DDC03D03.L1	48.062	46.776	0.00	15.76
4	DDC03D04.L1	45.148	37.994	3981.08	13947.63
5	DDC03D05.L1	42.442	37.632	3797.44	7892.42
6	DDC03D06.L1	40.868	36.635	49.60	433.56
7	DDC04D04.L1	46.998	35.385	3984.81	20686.70
8	DDC04D05.L1	46.300	33.819	10017.42	34064.87
9	DDC04D06.L1	45.135	34.414	7026.09	23150.03
10	DDC04D07.L1	42.599	35.223	626.96	2068.18
11	DDC05D04.L1	48.656	45.617	0.00	90.93
12	DDC05D05.L1	50.337	31.537	2191.55	18611.33
13	DDC05D06.L1	49.890	31.784	12807.00	45825.75
14	DDC05D07.L1	44.117	32.004	10625.17	27339.86
15	DDC05D08.L1	39.023	29.206	1035.34	5636.53
16	DDC06D06.L1	51.084	30.000	1402.73	11289.51
17	DDC06D07.L1	45.550	26.417	12893.64	36480.09
18	DDC06D08.L1	39.735	26.055	3802.60	12287.69
19	DDC07D07.L1	44.261	40.595	0.00	243.01
20	DDC07D08.L1	41.597	40.049	0.00	27.54
TOTAL		894.922	711.143	74425.34	260213.52

Gambar 16. Laporan cadangan
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

4.1.4 Rancangan Blok Pada Pit

Terdapat beberapa blok yang telah dibagi berdasarkan target produksi perbulannya yaitu 15.000 ton batubara dan 75.000 *Overburden*. Pada pembagian ini terdapat volume *Overburden*, luasan blok, *coal getting* dan *inventory* yang dimana rancangan *pit* ini terbagi menjadi 7 blok setiap bloknya akan dilakukan penambangan setiap bulannya. Untuk dapat mengetahui secara lengkap batubara pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel berikut ini dan terdapat juga pada **Lampiran**.

Tabel 15. Jumlah *Overburden* perbulan

CADANGAN OB PLAN PERUSAHAAN				
CADANGAN	OB 1 (bcm)	OB 2 (bcm)	OB 3 (bcm)	OB 4 (bcm)
	160.65	2,831.06	2,285.90	11,215.36
	5,437.77	11,674.25	9,983.62	15,447.82
	5,543.86	7,109.11	3,597.38	42.57
	680.6	8,428.85	9,328.35	1,427.77
	11,982.12	31,444.71	30,718.38	4,155.89
	16,363.87	10,898.14	11,177.15	
	2,727.37	747.59	1,852.73	
	17,769.08	2,089.58	4,763.34	
	14,727.45	492.65	1,838.85	
TOTAL	75392.77	75,715.94	75,545.70	32,289.41
TOTAL	258,943.82			

(Sumber Penulis, 2023)

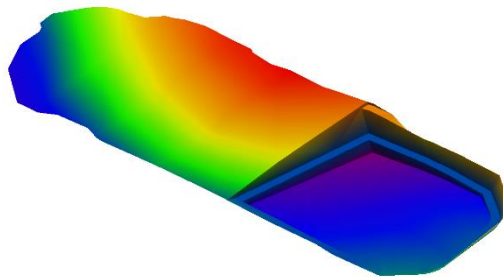
Tabel 16. Jumlah cadangan batubara

CADANGAN BB PLAN PERUSAHAAN						
CADANGAN PERBLOK	BB 2	BB 3	BB 4	BB 5	BB 6	BB 7
	1.85	896.83	503.83	139.57	96.28	527.09
	104.04	259.30	824.50	667.66	365.64	1665.34
	64.95	333.36	654.89	992.13	293.33	1823.17
	24.17	392.55	788.79	1386.17	220.01	82.69
	312.80	235.35	583.55	636.98	87.26	3.72
	505.01	740.23	281.82	287.77	294.81	326.84
	625.76	922.61	1086.23	1078.69	2465.14	292.65
	862.82	1162.20	1433.13	1571.94	2091.72	
	435.24	1359.49	1831.28	1881.69	1611.78	
	483.98	684.92	1056.41	1217.02	698.26	
	582.37	182.15	374.35	317.41	32.44	
	740.56	854.13	1113.25	1070.99	2667.70	
	1074.83	1276.84	1538.03	1519.35	2389.52	
	1126.22	1240.67	2010.82	2043.98	2056.94	
	470.75	1437.96	713.52	1142.12	519.81	
	681.67	366.73	63.76		0.21	
	887.61	120.02	169.53		28.55	
	1164.51	522.29	237.75		32.59	
	1184.66	631.12	311.49		24.63	
467.39	770.19	48.12				
701.89	838.80					
920.19	274.10					
1116.30						
997.45						
EXPOSE/TOTAL (Ton)	15537.02	15501.84	15625.05	15953.47	15976.62	4721.50
COAL GETTING (Ton)	15000.00	15000.00	15000.00	15000.00	15000.00	8313.52
INVENTORY (Ton)	537.02	1038.02	1663.02	2616.02	3592.02	-
TOTAL (Ton)	83315.50					
LUASAN BLOK (M ³)	11951.55	11924.49	12019.27	12271.90	12289.71	3631.92

(Sumber Penulis, 2023)

Rancangan blok bulan ke-1

Pembuatan *Design* blok penambangan didasarkan pada beberapa pertimbangan. Diantaranya yaitu rekomendasi geoteknik yang dimiliki oleh BMS. Desain jenjang kerja yang diterapkan mengikuti standar geoteknik dari BMS yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 5 meter dan *single slope* 45°. Penambangan pada blok pertama pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 75.392 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Pada blok pertama ini merupakan awal penambangan hingga mencapai elevasi terendah RL 40, RL 39, RL 38, RL 37 dan RL 36 atau *roof* dari batubara. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-1 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 8** dan **43**.

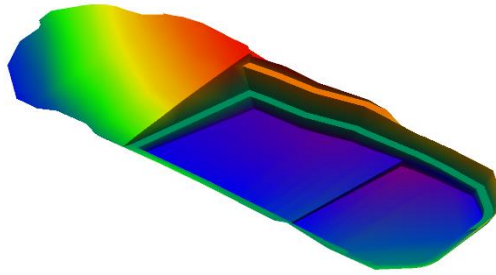


Gambar 17. *Design* blok bulan ke-1
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan blok bulan ke-2

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-2 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-1 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti standar geoteknik dari BMS yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 5 meter dan *single slope* 45°. Penambangan pada blok bulan ke-2 yaitu pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 75.715 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Pada blok bulan ke-2 ini dilakukan penambangan *Overburden* hingga mencapai elevasi terendah RL 35 atau *roof* dari batubara. Pada bulan ke-2 juga dilakukan penambangan pada blok pertama yaitu proses *coal getting* dengan elevasi terendah RL 34 atau *floor* dari batubara dengan target produksi 15.000 ton/bulan dengan total *coal expose* 15.537 ton dan luasan blok 11.951 m³ selain itu juga terdapat inventory sebanyak 537 ton yang nantinya akan dilakukan penambangan pada bulan ketiga. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-2 dan untuk lebih jelasnya

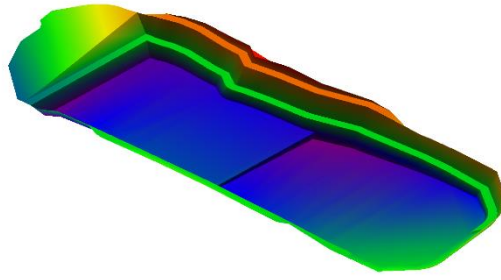
dapat dilihat pada **Lampiran10** dan **44**.



Gambar 18. *Design blok bulan ke-2*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan blok bulan ke-3

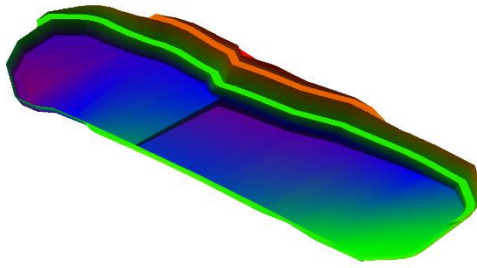
Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-3 juga sama pada rekomendasi *blok* bulan ke-2 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti standar geoteknik dari BMS yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 5 meter dan *single slope* 45°. Penambangan pada blok bulan ke-3 yaitu pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 75.545 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Pada blok bulan ke-3 ini dilakukan penambangan *Overburden* hingga mencapai elevasi terendah RL 33 atau *roof* dari batubara. Pada bulan ke-3 juga dilakukan penambangan pada blok kedua yaitu proses *coal getting* dengan elevasi terendah RL 32 atau *floor* dari batubara dengan target produksi 15.000 ton/bulan dengan total *coal expose* 15.501 ton, *inventory* 501 ton dan luasan blok 11.924 m³. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan kedua yang harus ditambang pada bulan ketiga sebanyak 537 ton sehingga *coal getting* pada bulan ketiga dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan ketiga yaitu 537 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan ketiga yaitu 501 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 1038 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-3 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 12** dan **45**.



Gambar 19. *Design blok bulan ke-3*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan blok bulan ke-4

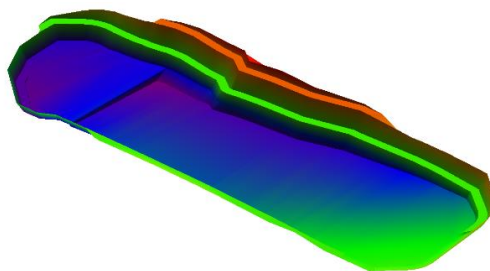
Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-4 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-3 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti standar geoteknik dari BMS yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 5 meter dan *single slope* 45°. Penambangan pada blok bulan ke-4 yaitu pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 32.289 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Bulan keempat merupakan proses pengupasan *Overburden* terakhir didalam *pit* dengan luasan boundry 3 hektar. Pada blok bulan ke-4 ini dilakukan penambangan *Overburden* hingga mencapai elevasi terendah RL 30 atau *roof* dari batubara. Pada bulan ke-4 juga dilakukan penambangan pada blok ketiga yaitu proses *coal getting* dengan elevasi terendah RL 31 atau *floor* dari batubara dengan target produksi 15.000 ton/bulan dengan total *coal expose* 15.625 ton dan luasan blok 12.019 m³. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan ketiga yang harus ditambang pada bulan keempat sebanyak 1038 ton sehingga *coal getting* pada bulan keempat dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan keempat yaitu 1038 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan empat yaitu 629 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 1667 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-4 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 14** dan **46**.



Gambar 20. *Design blok bulan ke-4*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan blok bulan ke-5

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-5 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-4 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti standar geoteknik dari BMS yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 5 meter dan *single slope* 45°. Pada blok bulan ke-5 hanya dilakukan *coal getting* dengan target produksi yaitu 15.000 ton/bulan dengan *coal expose* 15.953 ton dan luasan blok 12.271 m³ sehingga adanya penurunan elevasi yaitu elevasi terendah RL 30 atau *floor* dari batubara. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan keempat yang harus ditambang pada bulan kelima sebanyak 1667 ton sehingga *coal getting* pada bulan keempat dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan kelima yaitu 1667 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan kelima yaitu 953 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 2.620 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-5 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 16** dan **47**.

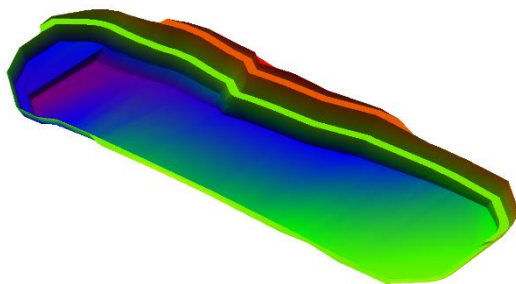


Gambar 21. *Design blok bulan ke-5*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan blok bulan ke-6

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-6 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-5 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti standar geoteknik dari BMS yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan

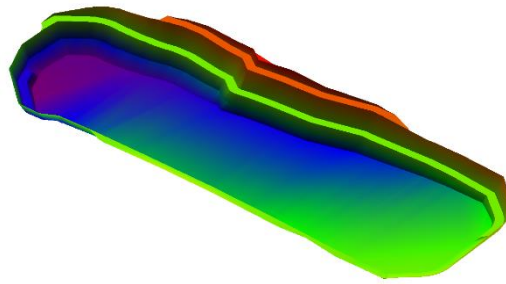
lebar jenjang 5 meter dan *single slope* 45°. Pada blok bulan ke-6 hanya dilakukan *coal getting* dengan target produksi yaitu 15.000 ton/bulan dengan *coal expose* 15.976 ton dan luasan blok 12.289 m³ sehingga adanya penurunan elevasi yaitu elevasi terendah RL 29 atau *floor* dari batubara. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan kelima yang harus ditambang pada bulan keenam sebanyak 2620 ton sehingga *coal getting* pada bulan kelima dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan keenam yaitu 2620 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan keenam yaitu 976 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 3596 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-6 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 18** dan **48**.



Gambar 22. *Design blok bulan ke-6*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan blok bulan ke-7

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-7 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-6 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti standar geoteknik dari BMS yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 5 meter dan *single slope* 45°. Pada blok bulan ke-7 hanya dilakukan *coal getting* dengan target produksi yaitu 15.000 ton/bulan tetapi pada bulan ke-7 merupakan akhir dari penambangan didalam *pit* sehingga *coal expose* 4.721 ton dan luasan blok 12.289 m³ sehingga adanya penurunan elevasi yaitu elevasi terendah RL 29 atau *floor* dari batubara. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan keenam yang harus ditambang pada bulan ketujuh sebanyak 3.596 ton, bulan ketujuh adalah akhir dari penambangan sehingga *coal expose* pada bulan ketujuh ditambah dengan *inventory* bulan sebelumnya dan didapatkan total *coal expose* 8.371 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-6 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 20** dan **49**.



Gambar 23. Design blok bulan ke-7
(Sumber software Tambang, 2023)

4.1.5 Rancangan Waste dump

Rancangan *Disposal* merupakan rancangan yang harus disesuaikan pada jumlah pengupasan *Overburden* didalam *pit* atau blok. Rancangan *Design Disposal* ini terdapat 4 bulan rancangan dikarenakan pengupasan *Overburden* hanya dilakukan selama 4 bulan. Untuk ketentuan geometri, luasan dan daya tampung akan dijelaskan dibawah ini sesuai rancangan setiap bulannya.

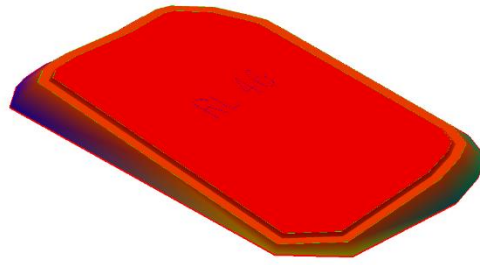
Tabel 17. Volume Waste dump

VOLUME WASTE DUMP PLAN PERUSAHAAN				
Bulan	BULAN ke-1	BULAN ke-2	BULAN ke-3	BULAN ke-4
Overburden (ccm)	72.377	72.687	72.523	30.997
kapasitas disposal	74.059	74.244	75.681	72.624

(Sumber Penulis, 2023)

Rancangan *Disposal* Bulan Ke-1

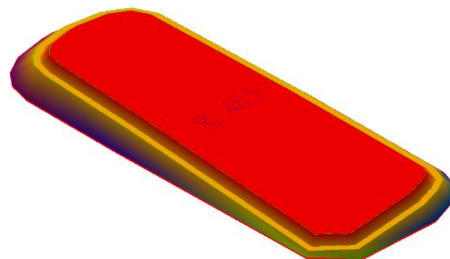
Pembuatan *Design Disposal* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposal* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknya yaitu 75.392 bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposal* merupakan material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposal* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh *topografi* sampai elevasi RL 46. Luasan pada *boundry Disposal* yaitu 1,09 hektar dan bulan pertama menampung *Overburden* 72.376 ccm dengan kapasitas *Disposal* 74.059 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran 57**.



Gambar 24. Rancangan Disposal bulan ke-1
(Sumber Software Tambang, 2023)

Rancangan Disposal Bulan Ke-2

Pembuatan *Design Disposal* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposal* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknnya yaitu 75.715 bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposal* merupakan material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposal* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh topografi sampai elevasi RL 48,5. Luasan pada boundry *Disposal* yaitu 1,66 hektar dan bulan kedua menampung *Overburden* 72.686 ccm dengan kapasitas *Disposal* 74.245 m³ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran 58**.

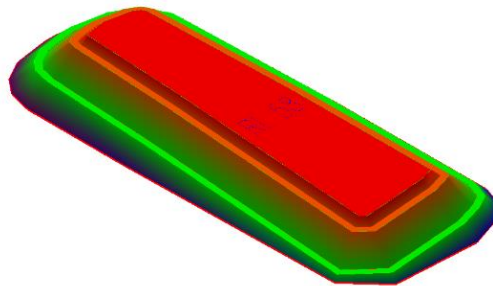


Gambar 25. Rancangan Disposal bulan ke-2
(Sumber Software Tambang 2023)

Rancangan Disposal Bulan Ke-3

Pembuatan *Design Disposal* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposal* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknnya yaitu 75.545 bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposal* merupakan

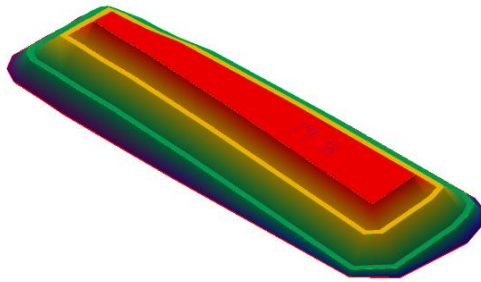
material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposal* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh topografi sampai elevasi RL 50. Luasan pada boundry *Disposal* yaitu 1,66 hektar dan bulan ketiga menampung *Overburden* 72.523 ccm dengan kapasitas 75.681 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran 59.**



Gambar 26. Rancangan *Disposal* bulan ke-3
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan *Disposal* Bulan Ke-4

Pembuatan *Design Disposal* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposal* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknnya yaitu 32.289 bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposal* merupakan material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposal* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh topografi sampai elevasi RL 48,5. Luasan pada *boundry Disposal* yaitu 1,98 hektar dan bulan pertama menampung *Overburden* 30.997 ccm dengan kapasitas 72.624 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran 60.**



Gambar 27. Rancangan Disposal bulan ke-4
(Sumber Software Tambang, 2023)

4.2 Kemampuan Alat Mekanis

Berdasarkan rencana penambangan pada pengupasan *Overburden* terdiri dari 2 *fleet* dimana setiap *fleet* terdiri dari 1 unit *Excavator Komatsu Pc400* dan berpasangan dengan 3 unit *Articulated dump truck volvo a35e*. Berdasarkan penelitian dan pengamatan pada *pit* timur diperoleh hasil perhitungan kemampuan alat mekanis sebagai berikut.

Produktivitas Alat Gali Muat

Tabel 18. Perhitungan produktivitas alat gali muat

NO	Parameter	Keterangan
1	<i>Cycle Time</i> (Ct)	20,02
2	Kapasitas <i>Bucket</i> (Kb)	2,2 m ³
3	<i>Fill Factor</i> (Ff)	1
4	Effesiensi Kerja (E)	79%
5	<i>Swell Factor</i> (Sf)	0,80

(Sumber Penulis, 2023)

Berdasarkan parameter diatas, diperoleh produktivitas *Excavator Komatsu pc400lc* dalam pengupasan *Overburden* sebesar 265,64 bcm/jam atau 52.995 bcm/bulan. Untuk perhitungan lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran**.

Produktivitas Alat Angkut

Tabel 19. Perhitungan produktivitas alat angkut

NO	Parameter	Keterangan
1	Kapasitas <i>Bucket</i> (Kb)	2,2 m ³
2	<i>Swell Factor</i> (Sf)	0,80
3	<i>Fill Factor</i> (Ff)	1
4	Effesiensi (Eff)	79,47 %
5	Jumlah Pengisian (n)	5
6	<i>Cycle Time</i> (CT)	416,021 detik

(Sumber Penulis, 2023)

Berdasarkan parameter diatas, diperoleh produktivitas alat angkut *Articulated dump truck volvo a35e* sebesar 63,91 bcm/jam atau 38.077,5 bcm/bulan. Untuk perhitungan lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran**.

Keserasian Alat (*Match factor*)

Berikut merupakan match factor antara alat gali muat dan alat angkut berdasarkan penelitian di lapangan.

Tabel 20. *Match Faktor*

No	Parameter	Keterangan
1	Jumlah alat angkut	3 unit
2	CT alat angkut	760,88 detik
3	Jumlah pengisian	5 kali
4	Jumlah alat gali muat	3 unit
5	CT alat gali	20,02 detik

(Sumber Penulis, 2023)

$$MF = \frac{\text{Jumlah alat angkut} \times \text{Ct alat gali} \times \text{jumlah pengisian}}{\text{Jumlah alat gali muat} \times \text{CT alat angkut}}$$

$$MF = \frac{3 \times 20,02 \times 5}{1 \times 416,021}$$

$$MF = 0,72$$

Dengan hasil ini didapatkan $MF < 1$ yang berarti alat angkut bekerja 100 % dan alat muat bekerja kurang dari 100 % sehingga alat muat menunggu. Penyesuaian alat muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan dapat diketahui dengan cara menghitung besarnya nilai *match factor* (Sumarya, 2012). Untuk perhitungan lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran**.

Efisiensi Kerja Alat

Berdasarkan data perusahaan yang didapatkan oleh penulis, faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut *Overburden* di PT. Bubuhan Multi Sejahtera adalah waktu pemakaian alat gali muat dan alat angkut tersebut.

1. MA (*Mechanical Availability*)

Mechanical availability merupakan tingkat kesediaan alat untuk melakukan produksi dengan memperhitungkan kehilangan waktu karena alasan mekanis. Berdasarkan data yang didapatkan *Mechanical Availability dump truck* adalah 100% dan *excavator* adalah 100%.

2. PA (*Physical Availability*)

Physical Availability yaitu catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang digunakan, yang menunjukkan persentasenya alat untuk beroperasi dengan memperhitungkan waktu yang hilang disebabkan selain sebab mekanis. Berdasarkan data yang didapatkan *physical availability dump truck* adalah 100% dan *excavator Komatsu* adalah 100%.

3. UA (*Use of Availability*)

Use of Availability adalah Nilai yang menunjukkan persentase waktu yang digunakan oleh alat untuk beroperasi pada saat alat dapat digunakan. Berdasarkan data yang didapatkan *Use of Availability dump truck* adalah 73,55% dan *excavator* adalah 73,88 %.

4. EU (*Effective Utilization*)

Effective Utilization yaitu menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. Berdasarkan data yang didapatkan *Effective Utilization articulated dump truck* adalah 76,67% dan *excavator* adalah 77,78%.

4.3 Penjadwalan Produksi

4.3.1 Pivot Table Dan Penjadwalan Produksi

Pivot Table dibuat dengan bantuan menggunakan *software* atau perangkat lunak yaitu *Microsoft Excel* yang disusun berdasarkan faktor-faktor elevasi atau ketinggian, nama blok dan strip pada blok. Pivot table dibuat setelah melakukan perhitungan cadangan pada *pit* dengan menggunakan metode blok yang dimana blok tersebut berukuran 50x50 meter untuk *Overburden* dan 20X20 meter untuk batubara dengan tinggi sesuai tinggi blok. Pivot table berfungsi untuk mengetahui jumlah cadangan batubara maupun *Overburden* dalam satu blok yang dimana nantinya akan mempermudah didalam penjadwalan baik itu perbulan, minggu ataupun perhari. Dengan adanya pivot table arah kemajuan tambang dapat diatur sesuai rencana penambangan sehingga dapat terlaksananya penambangan yang layak secara teknis, sistematis dan terarah.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-2

Penambangan pada bulan ke-2 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.537 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. Terdapat inventory pada blok kedua yang akan ditambang pada bulan ke tiga sebanyak 537 ton. Dikarenakan penjadwalan pada bulan kedua telah mencapai target yaitu 15.000 ton/bulan.

Pada bulan ke-2 terdapat lima *blok* diantaranya *blok* W01, W02, W03, W04 dan W05. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 4 minggu

dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran**.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-3

Penambangan pada bulan ke-3 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.501 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan kedua sebanyak 537 ton yang akan ditambah pada bulan ketiga, tetapi pada bulan ketiga juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan ketiga dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan ketiga yaitu 501 maka total *inventory* keseluruhan adalah 1038 ton.

Pada bulan ke-3 terdapat empat *blok* diantaranya *blok* Y01, Y02, Y03 dan Y04. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-4

Penambangan pada bulan ke-4 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.625 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan ketiga sebanyak 1.038 ton yang akan ditambah pada bulan keempat, tetapi pada bulan keempat juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan keempat dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan keempat yaitu 625 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 1.663 ton.

Pada bulan ke-4 terdapat empat *blok* diantaranya *blok* 101, 102, 103 dan 104. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-5

Penambangan pada bulan ke-5 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.953 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan keempat sebanyak 1.663 ton yang akan ditambang pada bulan kelima, tetapi pada bulan kelima juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan kelima dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan kelima yaitu 953 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 2.616 ton.

Pada bulan ke-5 terdapat tiga *blok* diantaranya *blok* 301, 302 dan 303. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-6

Penambangan pada bulan ke-6 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.976 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan kelima sebanyak 2.616 ton yang akan ditambang pada bulan keenam, tetapi pada bulan keenam juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan keenam dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada

bulan keenam yaitu 976 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 3.592 ton.

Pada bulan ke-6 terdapat 4 *blok* diantaranya *blok* 501, 502, 503, 504 dan 505. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-7

Penambangan pada bulan ke-7 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara expose 4.721 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan keenam sebanyak 3.592 ton yang akan ditambah pada bulan tujuh sehingga total keseluruhan batubara expose pada bulan ketujuh yaitu 8.313 ton, maka pada bulan ketujuh hanya dilakukan penambangan atau penjadwalan selama 2 minggu.

Pada bulan ke-7 terdapat 2 *blok* diantaranya *blok* 701 dan 702. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Overburden Bulan Ke-1

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-1 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan dengan total *Overburden* pada *blok* bulan ke-1 mencapai 75.392 bcm dan dilakukan penjadwalan per 2 minggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 37.500 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan.

Pada bulan ke-1 terdapat 3 *blok* diantaranya *blok* G01, G02, G03 dan G04. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan *Overburden* Bulan Ke-2

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-2 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan dengan total *Overburden* pada *blok* bulan ke-2 mencapai 75.715 bcm dan dilakukan penjadwalan per 2 minggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 37.500 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan.

Pada bulan ke-2 terdapat 3 *blok* diantaranya *blok* L01, L02 dan L03. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan *Overburden* Bulan Ke-3

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-3 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan dengan total *Overburden* pada *blok* bulan ke-3 mencapai 75.545 bcm dan dilakukan penjadwalan per 2 minggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 37.500 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan.

Pada bulan ke-3 terdapat 3 *blok* diantaranya *blok* K01, K02 dan K03. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan *Overburden* Bulan Ke-4

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-4 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan, tetapi bulan keempat merupakan akhir dari penambangan pengupasan *Overburden* dan total *Overburden* pada blok bulan keempat yaitu 32.289 bcm dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 18.750 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan.

Pada bulan ke-4 terdapat 2 *blok* diantaranya *blok* M01 dan M02. penjadwalan pada *blok* ini dibagi menjadi 1 minggu selama 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

4.4 Rancangan Design Pit Limit Rekomendasi

Penentuan *pit limit* ini adalah rekomendasi dari penulis atas perubahan area penambangan pada rancangan ini terdapat perubahan yaitu geometri lereng, yang dimana perubahan tersebut akan mempengaruhi semua hasil pada rencana perusahaan mulai dari cadangan bahkan waktu yang akan dijadwalkan didalam penambangan. Untuk luas bukaan area *pit* penambangan atau *boundry* tetap sama pada luasan sebelumnya yaitu seluas 3,15 hektar dengan elevasi tertinggi 54,1 mdpl dan terendah 25,46 mdpl.

4.4.1 Geometri Lereng

Design geometri lereng akan mempengaruhi tingkat kestabilan lereng tambang. Pada penelitian ini *Design* lereng dibuat berdasarkan rekomendasi penulis. *Design* geometri lereng yang akan dibuat terdiri dari tinggi jenjang, lebar jenjang dan *single slope*. Berdasarkan rekomendasi penulis maka geometri lereng adalah sebagai berikut.

- Tinggi jenjang 10 meter
- Lebar jenjang 3 meter
- *Single slope* 80°
- *Overall slope* 60°

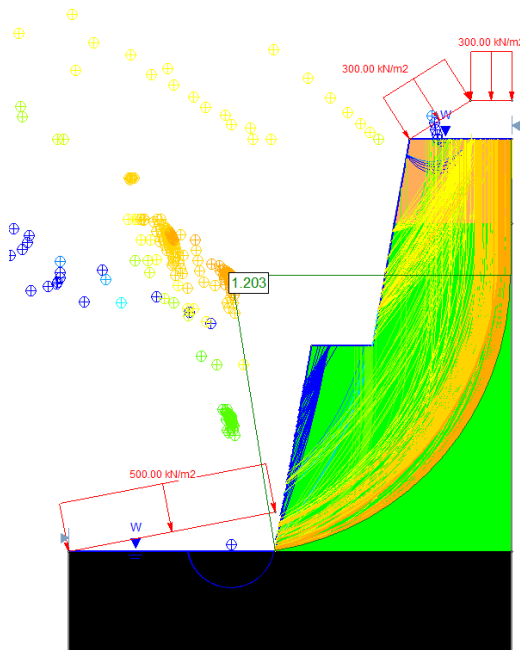
Selain geometri penulis juga memperoleh hasil uji laboratorium dari material yang terdapat pada lokasi area penambangan. Hasil uji laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut dan terdapat juga pada **lampiran**.

Tabel 21. Hasil Uji laboratorium

No.	Material Name	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
1	Soil	Cohesion	Normal	246.5	14.3	234.3	266.6
2	Soil	Phi	Normal	10.98	5.33	5.413	18.182
3	Soil	Unit Weight	Normal	38.42	0.48	37.94	38.9
4	CLAY	Cohesion	Normal	267	26.86	242.1	307.3
5	CLAY	Phi	Normal	13.92	2.6	10.238	15.799
6	CLAY	Unit Weight	Normal	40.62	0.45	40.17	41.07
7	Coal	Cohesion	Normal	258	4.8	251.3	262
8	Coal	Phi	Normal	24	3.521	12.606	20.391
9	Coal	Unit Weight	Normal	15.4	0.45	13.87	14.76

(Sumber Laboratorium, 2011)

Dari geometri dan data laboratorium diatas penulis melakukan perhitungan faktor keamanan, perhitungan ini guna untuk memastikan nilai kestabilan lereng yang akan dirancang pada *pit* penambangan dengan menggunakan bantuan *software* tambang dan menggunakan dua metode yaitu bishop sehingga menghasilkan nilai faktor keamanan 1,203. Berdasarkan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 nilai tersebut merupakan standar yaitu 1,2-1,5 dan ditambah lagi waktu penambangan hanya satu bulan perbloknya dan penulis juga mempertimbangkan jumlah lereng yang ada pada *pit* penambangan hanya terdapat satu *seam*. Perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut dan terdapat juga pada **Lampiran**.



Gambar 28. Perhitungan Faktor keamanan
(Sumber *Software* Tambang, 2023)

4.4.2 Rancangan Blok Pada Pit

Terdapat beberapa blok yang telah dibagi berdasarkan target produksi perbulannya yaitu 15.000 ton batubara dan 75.000 *Overburden*. Pada pembagian ini terdapat volume *Overburden*, luasan blok, *coal getting* dan *inventory* yang dimana rancangan *pit* ini terbagi menjadi 7 blok setiap bloknya akan dilakukan penambangan setiap bulannya. Untuk dapat mengetahui secara lengkap batubara pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel berikut ini dan terdapat juga pada **Lampiran**.

Tabel 22. Cadangan *Overburden* perbulan

CADANGAN OB PLAN REKOMENDASI				
CADANGAN	OB 1 (bcm)	OB 2 (bcm)	OB 3 (bcm)	OB 4 (bcm)
	843.49	3,000.04	5,413.04	5,778.17
	6,465.73	18,490.29	3,726.01	20,927.64
	3,655.33	21,994.96	23,891.05	13,663.87
	2,999.90	3,293.03	13,816.56	4,767.10
	14,926.69	15,655.07	18,427.95	21,365.71
	13,510.51	13,477.86	10,343.84	4,812.80
	5,701.00			
	16,874.33			
	10,863.19			
TOTAL	75840.17	75,911.25	75,618.45	71,315.29
TOTAL	298,685.16			

(Sumber Penulis, 2023)

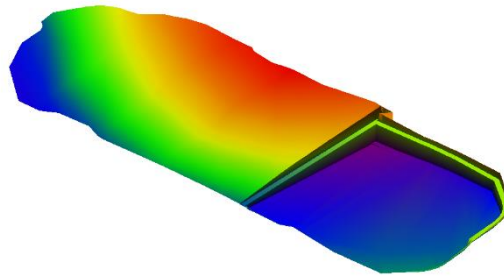
Tabel 23. Jumlah cadangan batubara

CADANGAN BB PLAN REKOMENDASI							
CADANGAN PERBLOK	BB 2	BB 3	BB 4	BB 5	BB 6	BB 7	BB 8
	29.88	257.8	27.32	122.57	230.22	424.7	
	244.85	572.47	667.54	498.95	763.6	1,028.49	
	238.67	733.99	825.18	683.77	1,116.86	1,388.90	
	226.26	897.75	960.68	983.41	1,534.38	1,713.27	
	43.91	1,045.72	1,095.23	1,275.68	1,857.60	23.78	
	413.38	527.44	813.25	375.68	323.36	532.79	
	523.45	476.91	135.91	300.53	253.2	2,118.54	
	673.23	843.42	993.76	995.73	1,420.43	2,216.14	
	1,009.62	1,050.44	1,274.53	1,422.28	1,906.95	2,655.52	
	920.99	1,265.66	1,685.97	1,500.32	2,400.53	810.48	
	5.81	1,462.96	2,003.10	2,404.11	2,356.06	1,842.00	
	0.85	397.04	1,018.85	556.94	23.74	1,114.37	
	516.99	575.7	110.37	180.21	57.3		
	612.45	928.63	501.11	622.06	245.91		
	785.07	1,140.83	669.71	898.35	318.38		
	1,115.46	1,360.69	905.15	1,123.57	379.2		
	1,310.04	1,561.00	1,109.94	1,373.83	284.26		
	45.89	129.71	438.21	526.52			
	1.1	31.51					
	590	51.25					
	718.42	83.6					
	944.91	149.98					
	1,197.45	171.69					
1,393.63	24.43						
26.66							
254.03							
316.93							
427.96							
564.45							
643.15							
2.69							
EXPOSE/TOTAL (Ton)	15798.2	15740.6	15235.8	15844.5	15472.0	15869.0	3958.2
COAL GETTING (Ton)	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	3958.2
INVENTORY (Ton)	798.2	1538.2	1773.2	2617.2	3089.2	3958.2	-
TOTAL (Ton)	93960.1						
VOLUME BLOK (M ³)	12152.4	12108.2	11719.9	12188.1	11901.5	12206.9	-

(Sumber Penulis, 2023)

Rancangan Blok Bulan Ke-1

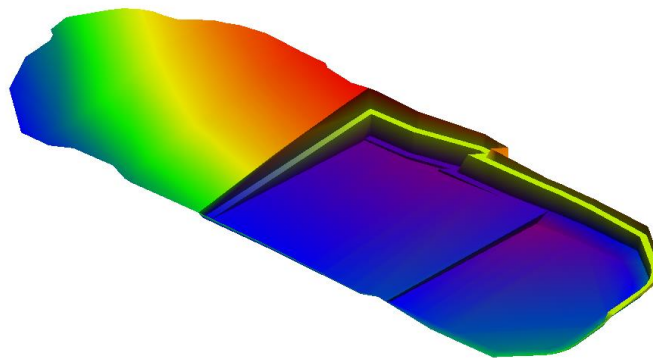
Pembuatan *Design* blok penambangan didasarkan pada beberapa pertimbangan. Diantaranya yaitu geoteknik yang direkomendasikan oleh penulis. Desain jenjang kerja yang diterapkan mengikuti rekomendasi penulis dengan geoteknik yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 3 meter, *single slope* 80° dan *overall slope* 60°. Penambangan pada blok pertama pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 75.840 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Pada blok pertama ini merupakan awal penambangan hingga mencapai elevasi terendah RL 36 atau *roof* dari batubara. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-1 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 24** dan **50**.



Gambar 29. *Design blok bulan ke-1 rekomendasi*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan Blok Bulan Ke-2

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-2 juga sama pada rekomendasi blok bulan pertama yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti rekomendasi penulis yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 3 meter, *single slope* 80° dan *overall slope* 60°. Penambangan pada blok bulan ke-2 yaitu pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 75.911 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Pada blok bulan ke-2 ini dilakukan penambangan *Overburden* hingga mencapai elevasi terendah RL 36 atau *roof* dari batubara. Pada bulan ke-2 juga dilakukan penambangan pada blok pertama yaitu proses *coal getting* dengan elevasi terendah RL 34 atau *floor* dari batubara dengan target produksi 15.000 ton/bulan dengan total *coal expose* 15.798 ton, *inventory* 798 ton dan luasan blok 12.152 m³. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-2 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 26** dan **51**.

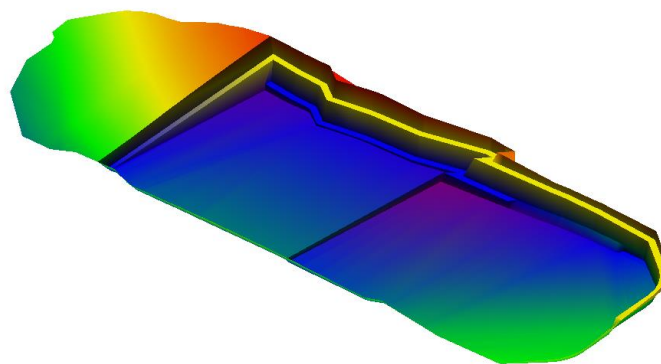


Gambar 30. *Design blok bulan ke-2*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan Blok Bulan Ke-3

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-3 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-2 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti rekomendasi penulis yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar

jenjang 3 meter, *single slope* 80° dan *overall slope* 60°. Penambangan pada blok bulan ke-3 yaitu pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 75.618 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Pada blok bulan ke-3 ini dilakukan penambangan *Overburden* hingga mencapai elevasi terendah RL 33 atau *roof* dari batubara. Pada bulan ke-3 juga dilakukan penambangan pada blok kedua yaitu proses *coal getting* dengan elevasi terendah RL 31 atau *floor* dari batubara dengan target produksi 15.000 ton/bulan dengan total *coal expose* 15.740 ton, *inventory* 740 ton dan luasan blok 12.108 m³. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan kedua yang harus ditambang pada bulan ketiga sebanyak 798 ton sehingga *coal getiing* pada bulan ketiga dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan ketiga yaitu 798 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan ketiga yaitu 740 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 1.538 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-3 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 28** dan **52**.

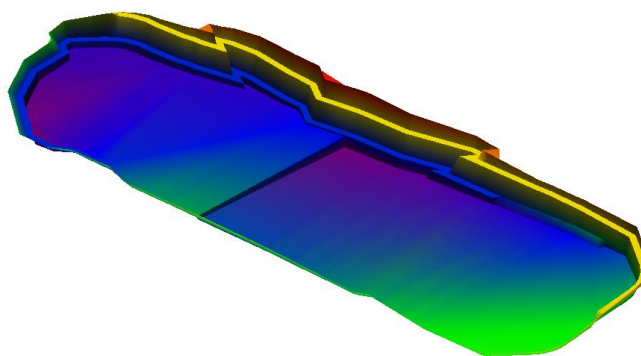


Gambar 31. *Design blok bulan ke-3*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan Blok Bulan Ke-4

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-4 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-3 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti rekomendasi penulis yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 3 meter, *single slope* 80° dan *overall slope* 60°. Penambangan pada blok bulan ke-4 yaitu pengupasan *Overburden* dengan target produksi yaitu 75.000 bcm/bulan dengan total volume *Overburden* 71.315 bcm yang dimana dilakukan mulai dari area *low wall* menuju *highwall*. Bulan

keempat merupakan proses pengupasan *Overburden* terakhir didalam *pit* dengan luasan *boundry* 3 hektar. Pada blok bulan ke-4 ini dilakukan penambangan *Overburden* hingga mencapai elevasi terendah RL 30 atau *roof* dari batubara. Pada bulan ke-4 juga dilakukan penambangan pada blok ketiga yaitu proses *coal getting* dengan elevasi terendah RL 30 atau *floor* dari batubara dengan target produksi 15.000 ton/bulan dengan total *coal expose* 15.235 ton dan luasan blok 11.719 m³. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan ketiga yang harus ditambang pada bulan keempat sebanyak 1.538 ton sehingga *coal getting* pada bulan keempat dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan keempat yaitu 1.538 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan empat yaitu 235 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 1.773 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-4 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 30 dan 53**.

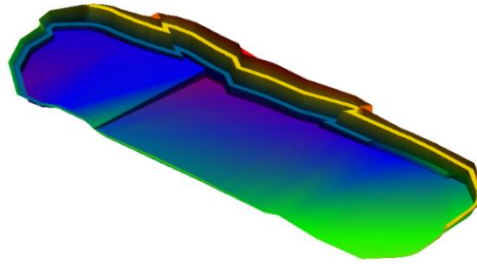


Gambar 32. *Design blok bulan ke-4*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan blok bulan ke-5

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-5 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-4 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti rekomendasi penulis yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 3 meter, *single slope* 80° dan *overall slope* 60°. Pada blok bulan ke-5 hanya dilakukan *coal getting* dengan target produksi yaitu 15.000 ton/bulan dengan *coal expose* 15.844 ton dan luasan blok 12.188 m³ sehingga adanya penurunan elevasi yaitu elevasi terendah RL 29 atau *floor* dari batubara. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan keempat yang harus ditambang pada bulan kelima sebanyak 2.617 ton sehingga *coal getting* pada bulan keempat dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target

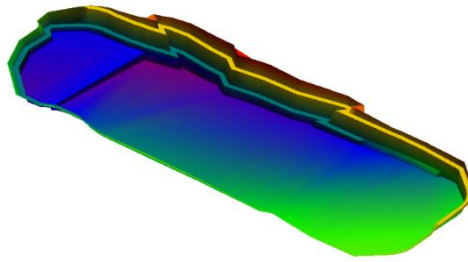
15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan kelima yaitu 1.773 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan kelima yaitu 844 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 2.617 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-5 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 32** dan **54**.



Gambar 33. *Design blok bulan ke-5*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan Blok Bulan Ke-6

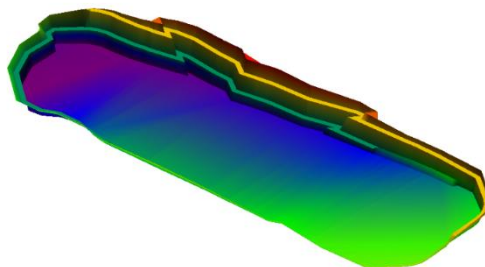
Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-6 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-5 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti rekomendasi penulis yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 3 meter dan *single slope* 45°. Pada blok bulan ke-6 hanya dilakukan *coal getting* dengan target produksi yaitu 15.000 ton/bulan dengan *coal expose* 15.472 ton dan luasan blok 11.901 m³ sehingga adanya penurunan elevasi yaitu elevasi terendah RL 28 atau *floor* dari batubara. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan kelima yang harus ditambang pada bulan keenam sebanyak 2.617 ton sehingga *coal getting* pada bulan kelima dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan keenam yaitu 2.617 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan keenam yaitu 472 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 3089 ton. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-6 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 34** dan **55**.



Gambar 34. *Design blok bulan ke-6*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan Blok Bulan Ke-7

Pembuatan *Design* blok penambangan bulan ke-7 juga sama pada rekomendasi blok bulan ke-5 yaitu *Design* jenjang kerja yang diterapkan mengikuti rekomendasi penulis yaitu tinggi *bench* 10 meter dengan lebar jenjang 3 meter dan *single slope* 45°. Pada blok bulan ke-7 hanya dilakukan *coal getting* dengan target produksi yaitu 15.000 ton/bulan dengan *coal expose* 15.869 ton dan luasan blok 1.206 m³ sehingga adanya penurunan elevasi yaitu elevasi terendah RL 25 atau *floor* dari batubara. Selain itu juga terdapat *inventory* pada bulan keenam yang harus ditambang pada bulan ketujuh sebanyak 3.089 ton sehingga *coal getiing* pada bulan ketujuh dikurangi dengan jumlah *inventory* bulan sebelumnya agar dapat dilakukan penambangan sesuai dengan target 15.000 ton, sisa pengurangan *coal getting* tersebut menjadi *inventory* bulan ketujuh yaitu 3.089 ton dan ditambah *inventory* sebenarnya pada bulan ketujuh yaitu 869 ton sehingga jumlah *inventorynya* keseluruhan pada bulan ini yaitu 3.958 ton sehingga *inventory* tersebut dilakukan penambangan pada bulan kedelapan. Pada gambar dibawah ini merupakan rancangan blok pada bulan ke-6 dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 35. *Design blok bulan ke-7*
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

4.4.3 Perhitungan Cadangan

Pada penelitian ini cadangan yang dihitung adalah cadangan didalam *pit* yang akan dirancang. Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software* tambang. Data-data yang diperoleh dari perusahaan berupa data

logbor, *survei* dan *topografi*. Didalam perhitungan ini menggunakan metode blok yang dimana setiap blok dibagi dengan ukuran 50x50 meter untuk blok pada perhitungan cadangan *Overburden* dan 20x20 meter untuk blok pada perhitungan batubara, kemudian dilakukan perhitungan *reserves* dan perhitungan tersebut mendapatkan total *Overburden* dan batubara dalam bentuk data *report* sehingga pengolahan data untuk mendapatkan nilai *Striping rasio* (SR) bisa dilakukan dengan membagi total *Overburden* dan total batubara. Pada perhitungan cadangan didalam *pit* didapatkan 294.568 bcm dan 88.248 ton batubara dan rata-rata SR dengan nilai 3,3. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan pada **Lampiran.**

1
62821
Date: 01-Jul-23

Laporan cadangan LoM BMS
Herik Dirga

Page: 1
TABULATE Version 5.700

SUBNAME_1	TOPELEVATION METRES	BOTELEVATION METRES	TOTALRRMASS TONNES	TOTBURDVOLUME CU. METRES
1 FFE01F02.L1	41.722	39.535	433.92	392.08
2 FFE01F03.L1	44.446	38.394	2150.48	5589.39
3 FFE01F04.L1	47.366	37.189	1311.75	4698.27
4 FFE02F02.L1	41.335	38.383	1579.46	1846.02
5 FFE02F03.L1	44.254	37.341	4362.90	13326.93
6 FFE02F04.L1	47.165	35.298	5513.22	16655.59
7 FFE03F02.L1	42.103	36.655	1964.21	5121.53
8 FFE03F03.L1	45.742	35.280	3079.75	21966.01
9 FFE03F04.L1	48.070	32.812	3990.11	18293.45
10 FFE04F02.L1	43.628	35.774	2336.17	9566.20
11 FFE04F03.L1	48.676	33.055	6934.01	31786.41
12 FFE04F04.L1	51.598	30.629	3695.39	20359.76
13 FFE05F02.L1	43.333	33.461	4275.67	11327.42
14 FFE05F03.L1	49.093	30.946	12174.91	34623.79
15 FFE05F04.L1	52.613	28.450	3238.18	17262.24
16 FFE06F02.L1	40.987	30.264	5169.66	13170.32
17 FFE06F03.L1	46.478	28.512	14881.08	32824.59
18 FFE06F04.L1	50.702	27.085	1322.21	11190.33
19 FFE07F02.L1	39.122	26.309	2156.36	5842.32
20 FFE07F03.L1	42.986	26.223	7719.38	18576.01
21 FFE07F04.L1	47.012	45.002	0.00	149.23
TOTAL	958.432	706.588	88248.82	294567.88

Gambar 36. Laporan cadangan (Sumber Software Tambang, 2023)

4.4.4 Rancangan Waste dump

Rancangan *Disposal* merupakan rancangan yang harus disesuaikan pada jumlah pengupasan *Overburden* didalam *pit* atau blok. Pada rancangan *Design Disposal* ini terdapat 4 bulan rancangan dikarenakan pengupasan *Overburden* hanya dilakukan selama 4 bulan. Untuk ketentuan geometri, luasan dan daya tampung akan dijelaskan dibawah ini sesuai rancangan setiap bulannya.

Tabel 24. Volume waste dump rekomendasi

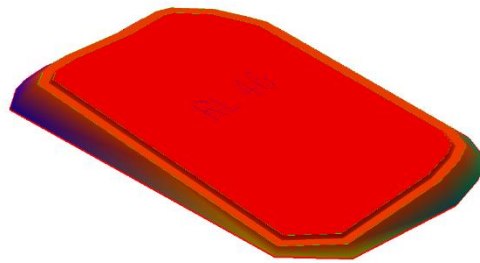
VOLUME WASTE DUMP PLAN REKOMENDASI				
Bulan	BULAN ke-1 (ccm)	BULAN ke-2 (ccm)	BULAN ke-3 (ccm)	BULAN ke-4 (ccm)
Overburden (ccm)	72806.5632	72,874.80	72593.712	68462.6784
Kapasitas disposal	74,059.95	74,244.00	75,681.00	72,624.00

(Sumber Penulis, 2023)

Rancangan *Disposal* Bulan Ke-1

Pembuatan *Design Disposal* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposal* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter

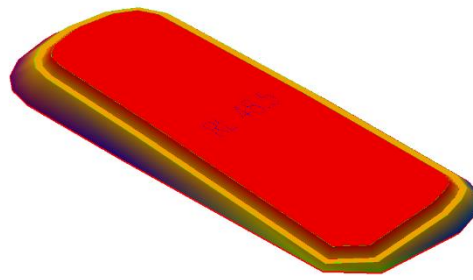
dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknnya yaitu 75.840 bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposal* merupakan material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposal* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh topografi sampai elevasi RL 46. Luasan pada *boundry Disposal* yaitu 1,09 hektar dan bulan pertama menampung *Overburden* 72.806 ccm dengan kapasitas *Disposal* 74.059 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran** .



Gambar 37. Rancangan rekomendasi *Disposal* bulan ke-1
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

Rancangan *Disposal* Bulan Ke-2

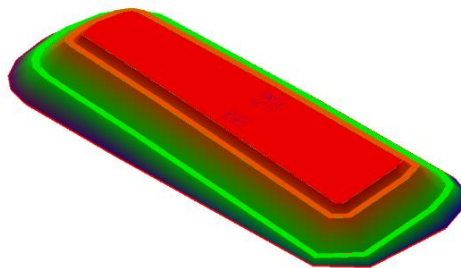
Pembuatan *Design Disposal* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposal* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknnya yaitu 75.911 bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposal* merupakan material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposal* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh topografi sampai elevasi RL 48,5. Luasan pada *boundry Disposal* yaitu 1,66 hektar dan bulan kedua menampung *Overburden* 72.874 ccm dengan kapasitas *Disposal* 74.244 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran**.



Gambar 38. Rancangan Rekomendasi Disposasi bulan ke-2
(Sumber Software Tambang 2023)

Rancangan Disposasi Bulan Ke-3

Pembuatan *Design Disposasi* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposasi* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknya yaitu 75.618 bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposasi* merupakan material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposasi* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh topografi sampai elevasi RL 58. Luasan pada *boundry Disposasi* yaitu 1,66 hektar dan bulan ketiga menampung *Overburden* 72.593 ccm dengan kapasitas *Disposasi* 75.681 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran**.

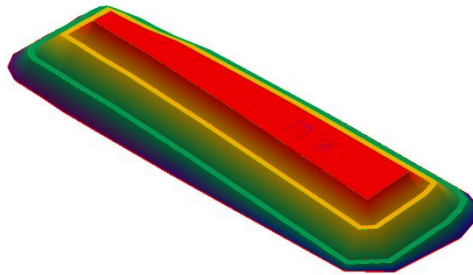


Gambar 39. Rancangan Rekomendasi Disposasi bulan ke-3
(Sumber Software Tambang, 2023)

Rancangan Disposasi Bulan Ke-4

Pembuatan *Design Disposasi* juga perlu memperhatikan rekomendasi geoteknik yang ditetapkan oleh BMS. *Design* geoteknik untuk pembuatan *Disposasi* memiliki lebar jenjang 5 meter dengan tinggi jenjang 10 meter dan *single slope* 45° atau mengikuti jumlah *Overburden* yang tertimbun sesuai dengan pengupasan *Overburden* pada setiap bloknya yaitu 71.315

bcm. Hasil dari pengupasan *Overburden* yang akan ditimbun di *Disposal* merupakan material *compact* karena terdapat pemadatan menggunakan *compactor* di *Disposal* sehingga bcm menjadi lcm dengan cara mengalikan dengan 1,2 dan kemudian dikalikan dengan 0,80 untuk menjadikannya ccm. Penimbunan ini dilakukan dari bawah yang didasari oleh topografi sampai elevasi RL 63. Luasan pada *boundry Disposal* yaitu 1,97 hektar dan bulan keempat menampung *Overburden* 68.462 ccm dengan kapasitas *Disposal* 72.624 m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan terdapat juga pada **Lampiran**.



Gambar 40. Rancangan Rekomendasi Disposal bulan ke-4
(Sumber *Software Tambang*, 2023)

4.4.5 Penjadwalan Produksi dan Pivot table

Pada penjadwalan produksi *plan* rekomendasi tetap menggunakan cara yang sama pada penjadwalan *plan* sebelumnya yaitu *plan* perusahaan hanya terdapat perbedaan jumlah cadangan sehingga penjadwalannya menjadi berubah. Pada penjadwalan ini masih menggunakan pivot table atau menggunakan Microsoft excel yang disusun berdasarkan elevasi ketinggian, nama blok dan strip pada blok. Pivot table dibuat setelah melakukan perhitungan cadangan pada *pit* dengan menggunakan metode blok yang dimana blok tersebut berukuran 50x50 meter untuk *Overburden* dan 20x20 meter untuk batubara.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-2

Penambangan pada bulan ke-2 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.798 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. Terdapat inventory pada blok kedua yang akan ditambang pada bulan ke tiga sebanyak 798 ton. Dikarenakan penjadwalan pada bulan kedua telah mencapai target yaitu 15.000 ton/bulan.

Pada bulan ke-2 terdapat lima *blok* diantaranya *blok* A01, A02, A03, A04 dan A05. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran**.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-3

Penambangan pada bulan ke-3 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.740 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan kedua sebanyak 798 ton yang akan ditambang pada bulan ketiga, tetapi pada bulan ketiga juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan ketiga dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan ketiga yaitu 740 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 1.538 ton.

Pada bulan ke-3 terdapat empat blok diantaranya blok C01, C02, C03 dan C04. penjadwalan pada blok ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing blok yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-4

Penambangan pada bulan ke-4 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.235 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan ketiga sebanyak 1.538 ton yang akan ditambang pada bulan keempat, tetapi pada bulan keempat juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi

inventory bulan keempat dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan keempat yaitu 235 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 1.773 ton.

Pada bulan ke-4 terdapat tiga blok diantaranya blok E01, E02 Dan E03. penjadwalan pada blok ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing blok yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-5

Penambangan pada bulan ke-5 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.844 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan keempat sebanyak 1.773 ton yang akan ditambah pada bulan kelima, tetapi pada bulan kelima juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan kelima dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan kelima yaitu 844 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 2.617 ton.

Pada bulan ke-5 terdapat tiga blok diantaranya blok I01, I02 dan I03. penjadwalan pada blok ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing blok yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-6

Penambangan pada bulan ke-6 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara *expose* 15.472 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan kelima sebanyak 2.617 ton yang akan ditambah pada bulan keenam, tetapi pada bulan keenam juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat

menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan keenam dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan keenam yaitu 472 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 3.089 ton.

Pada bulan ke-6 terdapat 3 blok diantaranya blok K01, K02 dan K03. penjadwalan pada blok ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing blok yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-7

Penambangan pada bulan ke-7 sesuai rekomendasi perusahaan dengan target produksi batubara sebesar 15.000 ton/bulan dengan total cadangan batubara expose 15.869 ton dan dilakukan penjadwalan perminggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu. Kemudian cadangan tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan. *Inventory* bulan keenam sebanyak 3.089 ton yang akan ditambah pada bulan ketujuh, tetapi pada bulan ketujuh juga telah memiliki *inventory* dan target 15.000 ton, untuk dapat menambang *inventory* bulan sebelumnya maka target bulan ini dikurangi *inventory* bulan sebelumnya dan hasil dari pengurangan tersebut menjadi *inventory* bulan ketujuh dan ditambah dengan *inventory* sebenarnya pada bulan ketujuh yaitu 869 ton maka total *inventory* keseluruhan adalah 3.958 ton.

Pada bulan ke-7 terdapat 3 blok diantaranya blok M01, M02 dan M03. penjadwalan pada blok ini terbagi menjadi 4 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing blok yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Batubara Bulan Ke-8

Penambangan pada bulan ke-8 Merupakan penambangan terakhir atau telah mencapai *mine out* pada *pit plan* rekomendasi dan penjadwalan pada bulan kedelapan adalah penjadwalan untuk menghabiskan sisa *inventory* sebanyak 3.958 ton. Pada produktivitas perminggunya yaitu 3.750 ton/minggu sehingga *inventory* bulan sebelumnya dapat dilakukan selama 1 minggu.

Pada bulan ke-8 tidak terdapat pivot table seperti bulan

sebelumnya, penjadwalan bulan kedelapan ini bertujuan untuk menambang dan mengambil *inventory* bulan sebelumnya.

Pivot Table Penjadwalan *Overburden* Bulan Ke-1

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-1 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan dengan total *Overburden* pada *blok* bulan ke-1 mencapai 75.840 bcm dan dilakukan penjadwalan per 2 minggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 37.500 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan.

Pada bulan ke-1 terdapat 3 *blok* diantaranya *blok* O01, O02 dan O03. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan *Overburden* Bulan Ke-2

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-2 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan dengan total *Overburden* pada *blok* bulan ke-2 mencapai 75.911 bcm dan dilakukan penjadwalan per 2 minggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 37.500 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan.

Pada bulan ke-2 terdapat 2 *blok* diantaranya *blok* Q01 dan Q02. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan *Overburden* Bulan Ke-3

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-3 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan dengan total *Overburden* pada *blok* bulan ke-3 mencapai 75.618 bcm dan dilakukan penjadwalan per 2 minggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 37.500 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal

penambangan.

Pada bulan ke-3 terdapat 3 *blok* diantaranya *blok* S01, S02 dan S03. penjadwalan pada *blok* ini terbagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing *blok* yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

Pivot Table Penjadwalan Overburden Bulan Ke-4

Penambangan pada pengupasan *Overburden* bulan ke-4 sesuai dengan target produksi perusahaan yaitu sebesar 75.000 bcm/bulan, tetapi bulan keempat merupakan akhir dari penambangan pengupasan *Overburden* dan total *Overburden* pada blok bulan keempat yaitu 71.315 bcm dan dilakukan penjadwalan per 2 minggu pada *blok* tersebut sehingga produktivitasnya yaitu 37.500 bcm/minggu. Kemudian pengupasan *Overburden* tersebut dilakukan penjadwalan manual dengan menggunakan pivot table berdasarkan elevasi dan *strip blok* sesuai arah awal penambangan.

Pada bulan ke-4 terdapat 2 blok diantaranya blok U01 dan U02. penjadwalan pada blok ini dibagi menjadi 2 minggu dimana pembagian tersebut berdasarkan jumlah cadangan pada masing-masing blok yang telah dibagi didalam pivot table dan ditunjukkan oleh waktu dengan warna pada pivot table tersebut.

4.4.6 Rekomendasi Rancangan Penyaliran

Perhitungan Debit Air Limpasan

Catchment Area (A)

Untuk menentukan luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) pada *Pit* barat peneliti dibantu dengan bantuan software Tambang Daerah tangkapan hujan di bentuk dengan cara menghitung luasan area *Boundry* atau garis mengelilingi *pit* dan di tentukan berdasarkan tinggi dan rendah dari bentuk kontur tersebut. Air dari *catchment area* akan mengalir ke *sump* tambang dan *catchment area* dibagi setiap bulannya dikarenakan setiap blok akan terjadi perubahan setiap bulan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 25. Luasan Cathment Area

Cathment Area				
Satuan	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	Bulan 4
Hektar	1,24	1,87	2,50	3,15
Km ^o	0,0121	0,0187	0,025	0,0315

(Sumber Penulis, 2023)

Koefisien Limpasan (C)

Nilai koefisien limpasan ditentukan berdasarkan kondisi lapangan, dari hasil pengamatan peneliti di lapangan diketahui bahwa kondisi di utara tumbuhan yang jarang dan daerah tambang. Sehingga berdasarkan pada tabel 2 diperoleh nilai koefisien limpasan 0,9.

Tabel 26. Koefisien Limpasan

Kemiringan	Jenis lahan	Koefisien Limpasan (C)
>3% (datar)	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	perumahan	0,4
3%-15% (Sedang)	Hutan, perkebunan	0,4
	perumahan	0,5
	semak-semak agak jarang	0,6
	Lahan terbuka daerah tambang	0,7
	hutan	0,6
>15% (Curam)	perumahan	0,7
	semak-semak agak jarang	0,8
	Lahan terbuka daerah tambang	0,9

(Sumber Bambang S, 1985)

Intensitas Curah Hujan (I)

Intensitas curah hujan merupakan jumlah hujan yang jatuh atau turun dan dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan per satuan waktu. Adapun satuan dalam intensitas curah hujan dinyatakan dalam mm/jam. Untuk mendapatkan intensitas curah hujan yaitu dengan menggunakan persamaan Mononobe. Adapun tahapannya harus dari pengolahan data curah hujan yang diolah untuk mendapatkan curah hujan rencana menggunakan metode distribusi *gumbell*. Dari hasil curah hujan rencana yang diolah maka akan didapatkan nilai intensitas curah hujan. Nilai intensitas curah hujan dengan menggunakan data curah hujan selama 5 tahun yaitu sebesar 5,82 mm/jam **Lampiran.**

$$X_t = X + \frac{S}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

$$X_t = 378,2 + \frac{47,19}{0,98} (0,36 - 0,21)$$

$$X_t = 385,61 \text{ mm/bulan}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} \\ &= \frac{26,44}{24} \left(\frac{24}{1,97} \right)^{2/3} \\ &= 5,82 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

- Xt = Curah Hujan Rencana
 X = Rata-rata curah hujan maksimal pertahun
 S = Simpangan Baku
 Sn = Simpangan Koreksi
 Yt = Periode ulang

Debit Air Limpasan

Beberapa faktor yang mempengaruhi besar debit air limpasan yaitu luas catchment area dan intensitas hujan. Jumlah air limpasan yang masuk ke *Pit* barat hampir berasal dari limpasan air hujan.

Perhitungan debit limpasan (Q) dengan luas catchment berbeda dikarenakan ada beberapa blok yang dimana setiap bulannya terjadi perubahan luasan area. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel bawah ini dan terdapat juga pada Lampiran.

$$Q = 0,278 \times c \times I \times A$$

Tabel 27. Perhitungan Debit air limpasan

Debit air limpasan					
Bulan 1	0,018056/detik	65,00316/jam	128,4872/hari	385,46/3 hari	1.860,325/bulan
Bulan 2	0,02723/detik	98,02896/jam	193,767/hari	581,30/3 hari	5.545,419/bulan
Bulan 3	0,036404/detik	131,0548/jam	259,0468/hari	777,14/3 hari	7.413,661/bulan
Bulan 4	0,045869/detik	165,129/jam	326,399/hari	979,19/3 hari	9.341,213/bulan

(Sumber Penulis, 2023)

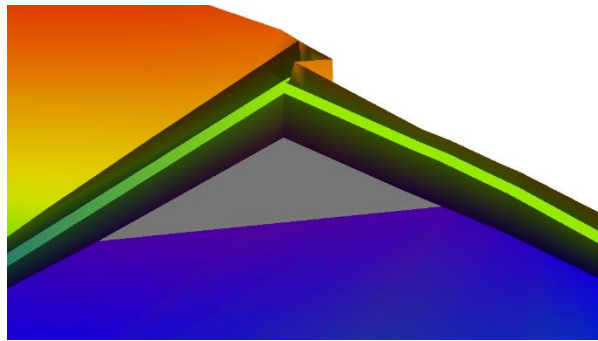
Rekomendasi Temporary Sump

Sump atau kolam penampung merupakan tempat yang dibuat untuk menampung air dalam tambang sebelum air tersebut dipompakan. Volume *sump* rekomendasi dihitung menggunakan perangkat lunak, kemudian volume tersebut dikalikan dengan nilai 1,25 sesuai dengan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 dan dengan metode *trial dan error*, didapatkan ukuran titik tertinggi, titik terendah, sisi 1 (panjang), sisi 2 (lebar) dan sisi 3 dari *sump* tersebut. Pada penelitian ini terdapat 4 rancangan *sump* yang dimana pada rancangan bulan keempat menjadi rancangan sampai bulan kedelapan, perubahan ukuran *sump* dikarenakan adanya kemajuan tambang. Untuk hasil dapat dilihat pada gambar bawah ini atau terdapat pada Lampiran.

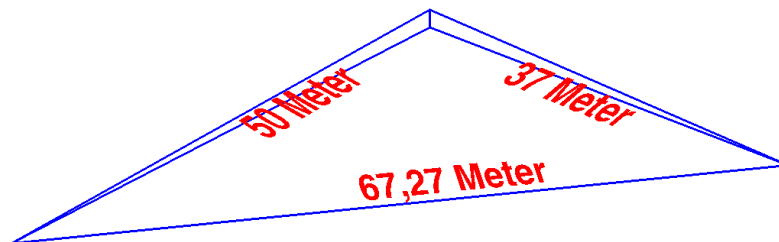
Tabel 28. Volume Sump

Volume Sump/3 hari			
Waktu	debit/3 hari	dimensi sump	dimensi sump design
Bulan 1	385,46/3 hari	481,81 m ³	487,77 m ³
Bulan 2	581,30/3 hari	726,62 m ³	719,55 m ³
Bulan 3	777,14/3 hari	971,42 m ³	987,06 m ³
Bulan 4	979,19/3 hari	1.223,99 m ³	1.245,19 m ³

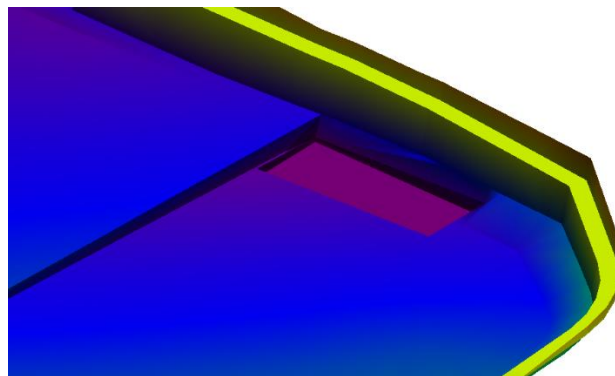
(Sumber Penulis, 2023)



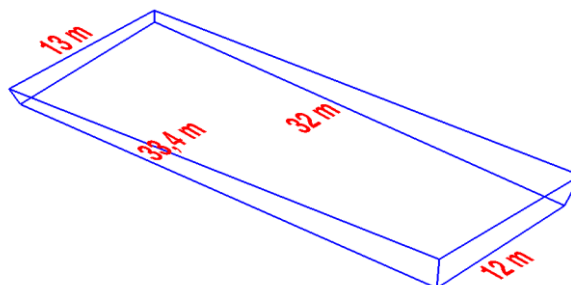
Gambar 41. Dimensi sump bulan ke-1
(Sumber Software Tambang, 2023)



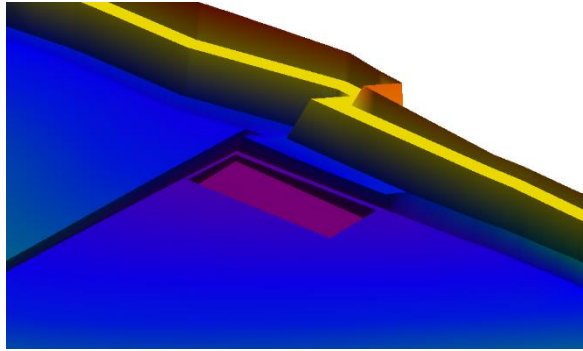
Gambar 42. Dimensi sump bulan ke-1
(Sumber Software Tambang, 2023)



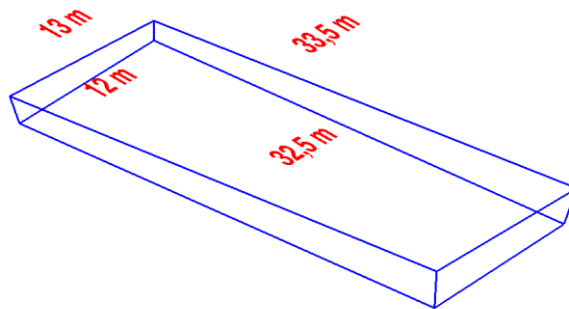
Gambar 43. Dimensi sump bulan ke-2
(Sumber Software Tambang, 2023)



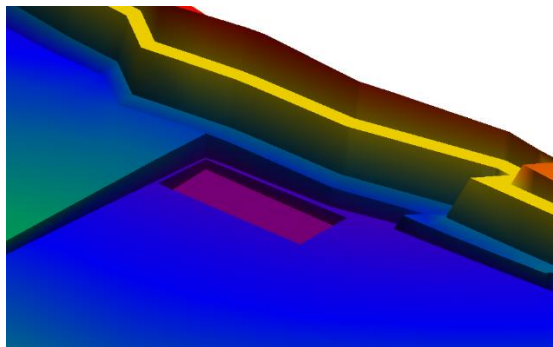
Gambar 44. Dimensi sump bulan ke-2
(Sumber Software Tambang, 2023)



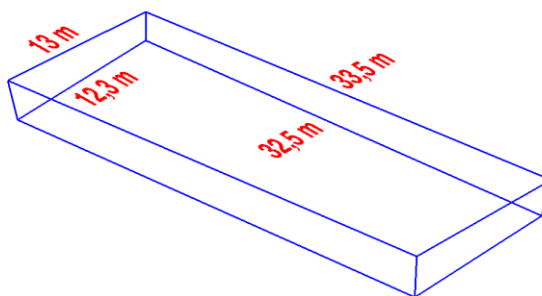
Gambar 45. Dimensi sump bulan ke-3
(Sumber Software Tambang, 2023)



Gambar 46. Dimensi sump bulan ke-3
(Sumber Software Tambang, 2023)



Gambar 47. Dimensi sump bulan ke-4
(Sumber Software Tambang, 2023)



Gambar 48. Dimensi sump bulan ke-4
(Sumber Software Tambang, 2023)

Tabel 29. Dimensi sump keseluruhan

Dimensi Sump (Meter)				
	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	Bulan 4
Sisi 1 (panjang top)	50	33,4	33,5	33,5
Sisi 2 (lebar top)	37	13	13	13
Sisi 3	67,27	-	-	-
Sisi 4 (panjang bottom)	49,7	32	32,5	32,5
Sisi 5 (lebar bottom)	37,5	12	12	13,3
Slope	80	80	80	80
Titik tertinggi	36,16	35,48	32,75	30,59
Titik terendah	34,42	32,5	29,3	27,4

(Sumber Software Tambang, 2023)

Waktu Pemompaan

Jenis pompa yang digunakan pada PT. Bubuhan Multi sejahtera pada penambangan sebelumnya yaitu jenis rakitan yang mampu mengeluarkan debit air 300 m³/jam sehingga untuk mencari waktu pemompaan yaitu debit pompa dibagi dengan debit air yang masuk. Pada waktu pemompaan penulis merekomendasi pemompaan dilakukan setiap 3 hari sekali didalam satu bulan, sehingga terdapat 10x pemompaan perbulannya. Didalam 1 bulannya waktu jam kerja pompa berbeda-beda dikarenakan adanya perbedaan ukuran *catchment area*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 30. Jam kerja pompa

Jam Kerja Pompa/3hari	
Bulan 1	385,46/3 hari 1,28 jam
Bulan 2	581,30/3 hari 1,93 jam
Bulan 3	777,14/3 hari 2,59 jam
Bulan 4	979,19/3 hari 3,26 jam

(Sumber Penulis, 2023)



Gambar 49. Pompa PT. BMS
(Sumber Penulis, 2023)

4.5 Ringkasan Penelitian

Pada ringkasan penelitian merupakan perbandingan secara singkat dan garis besar untuk melihat perbandingan total cadangan *Overburden* dan batubara, geometri lereng dan penjadwalan produksi. Perbandingan antara *plan* perusahaan dan *plan* rekomendasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 31. Perbandingan *plan* penambangan

CADANGAN (BCM)						
	OVERBURDEN	BATUBARA				
PLAN PERUSAHAAN	258.943,82	83.315,50				
PLAN REKOMENDASI	298.685,16	93.960,10				
CADANGAN/BLOK						
PLAN PERUSAHAAN						
EXPOSE/TOTAL (Ton)	15537.00	15501.00	15625.00	15953.00	15976.00	4721.00
COAL GETTING (Ton)	15000.00	15000.00	15000.00	15000.00	15000.00	8313.00
INVENTORY (Ton)	537.00	1038.00	1663.00	2616.00	3592.00	-
TOTAL (Ton)	83313.00					
VOLUME BLOK (M ³)	11951.54	11923.85	12019.23	12271.54	12289.23	3631.54
PLAN REKOMENDASI						
EXPOSE/TOTAL (Ton)	15798.0	15740.0	15235.0	15844.0	15472.0	15869.0
COAL GETTING (Ton)	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15869.0
INVENTORY (Ton)	798.0	740.0	235.0	844.0	472.0	-
TOTAL (Ton)	93958.0					
VOLUME BLOK (M ³)	12152.3	12107.7	11719.2	12187.7	11901.5	12206.9
GEOMETRI LERENG (METER)						
	PLAN PERUSAHAAN		PLAN REKOMENDASI			
TINGGI (M)	10		10			
LEBAR (M)	5		3			
SINGLE SLOPE (°)	45		80			
OVERALL SLOPE (°)	50		60			
FK Metode Bishop	2,239		1,203			
PENJADWALAN PRODUKSI						
	PLAN PERUSAHAAN			PLAN REKOMENDASI		
WAKTU	OVERBURDEN (BCM)	BATUBARA (TON)		OVERBURDEN (BCM)	BATUBARA (TON)	
BULAN 1	37.500/2 weeks for 1 month	-		37.500/2 weeks for 1 month	-	
BULAN 2	37.500/2 weeks for 1 month	3.750/week for 1 month		37.500/2 weeks for 1 month	3.750/week for 1 month	
BULAN 3	37.500/2 weeks for 1 month	3.750/week for 1 month		37.500/2 weeks for 1 month	3.750/week for 1 month	
BULAN 4	32.289/2 weeks for 2 weeks	3.750/week for 1 month		37.500/2 weeks for 1 month	3.750/week for 1 month	
BULAN 5	-	3.750/week for 1 month		-	3.750/week for 1 month	
BULAN 6	-	3.750/week for 1 month		-	3.750/week for 1 month	
BULAN 7	-	3.750/week for 2 weeks		-	3.750/week for 1 month	
BULAN 8	-	-		-	3.960/week for 1 week	

(Sumber Penulis, 2023)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Pada rancangan *Design pit* didalamnya terdapat geometri lereng, geometri jalan angkut, perhitungan cadangan, rancangan blok dan *Design waste dump*. Geometri lereng menggunakan rekomendasi dari perusahaan yaitu tinggi 10 meter, lebar 5 meter, single slope 45° dan didapatkan factor keamanan 2,23 untuk metode *bishop*. selain itu juga terdapat geometri jalan angkut berupa lebar jalan 12,25 meter dan grade 8-12%. Pada perhitungan cadangan *Overburden* yaitu 258.943 Bcm dan 83.315 ton untuk batubara, sedangkan pada rancangan blok ukuran atau bukaan blok dibagi sesuai dengan target produksi yaitu 75.000 Bcm *Overburden* dan 15.000 ton untuk batubara, terdapat 4 blok *Overburden* dan 6 blok batubara. Selain itu terdapat rangan waste dump yang mampu menampung *Overburden* setiap bulannya dalam bentuk material ccm, *waste dump* ini dirancang selama 4 bulan dikarenakan material pada *pit* hanya selama 4 bulan.
2. Pada kemampuan alat mekanis penulis hanya melakukan perhitungan alat pada *Overburden* dan didapatkan kemampuan alat 76.154 bcm/bulan. Terdapat 2 *fleet* yang dimana alat yang digunakan yaitu 2 *excavator komatsu pc400* dengan kemampuan 105.990 bcm dan 76.154 bcm untuk *articulated dump truck volvo A35e* sedangkan untuk keserasian alat didapatkan nilai 0,72 dengan waktu kerja 9 jam, waktu kerja efektif 6,65 jam/hari dan terdapat 1 *shift*/hari.
3. Pada penjadwalan produksi terdapat 4 penjadwalan pada *Overburden* dan 7 pada penjadwalan batubara, penjadwalan ini didasari oleh blok model yang dimana model pada *Overburden* yaitu 50x50 meter dan 20x20 meter pada batubara dan penjadwalan dilakukan perminggu untuk batubara dengan target produksi 3.750/minggu dan per 2 minggu untuk *Overburden* dengan target produksi 37.500/2 minggu.
4. Pada *plan* rekomendasi terdapat *Design pit* dengan geometri lereng tinggi 10 meter, lebar 3 meter, single slope 80°, overall slope 60° dan didapatkan factor keamanan 1,20 untuk metode *bishop*. Pada perhitungan cadangan *Overburden* 298.685 bcm dan 93.960 ton untuk batubara. Terdapat 4 blok *Overburden* dan 6 blok untuk batubara selain itu juga dilakukan penjadwalan selama 4 bulan untuk *Overburden* dan 7 bulan untuk batubara. Selain itu penulis juga merekomendasi penyaliran atau

rancangan *sump* dengan waktu pompa per 3 hari dan jam kerja pompa 1,28 jam volume 385,46 m³ bulan ke-1, 1,93 jam volume 581,30 m³ bulan ke-2, 2,59 jam volume 777,14 m³ bulan ke-3 dan 3,26 jam volume 979,19 m³ bulan ke-4.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Studi kelayakan tetap harus diperhatikan didalam melakukan rancangan *middle term* maupun *short term* agar tidak menjadi suatu rancangan yang bersifat illegal.
2. Diperlukan koordinasi kepada pengawas lapangan agar keberlangsungan penambangan sesuai dengan yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnannst, Maryanto, & Guntoro, D. (2015). Rencana Rancangan Tahapan Penambangan Untuk Menentukan Jadwal Produksi PT Cipta Kridatama Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh. Prosiding Teknik Pertambangan.
- Alkausar, T. J. (2020). Rancangan Penambangan *Pit* SR4 Pada PT. Manggala Usaha Manunggal Jobsite Bara Anugra h Sejahtera, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Jurnal Bina Tambang, Vol 5 (1).
- Asdak, C., 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, P.O.Box 14 Bulak sumur Yogyakarta 55281, hal.7– 8; 151–161
- Badhurahman, abie. 2017. *Materi Praktikum Sistem Dewatering Tambang Terbuka (Pemompaan dan Sumuran)*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Bambang, S. (1985). *Perencanaan Drainase Tambang Terbuka*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Barber, A. J., Crow, M. J., & Milsom, J. S. (2005). Sumatera : Geology, Resources, and Tectonic Evolution, Geological Society. Oxford University.
- Bargawa, W. S. (2008). Penjadwalan Produksi (Mine Scheduling) pada Perancangan Teknis Penambangan Batubara secara Tambang Terbuka. Prosiding Seminar Nasional FTM UPNVY Yogyakarta 5 Agustus 2008, 221–230.
- Bargawa, W. S. (2018). Perencanaan Tambang Edisi ke 8. Anugerah Print.
- Budiarto. 1997. *Diktat Kuliah Sistem Penirisan Tambang*, Fakultas Teknologi Mineral. Universitas Pembangunan Veteran, Yogyakarta.
- Bowles, Joseph, E. (1989). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah) Edisi kedua*. Jakarta : Erlangga.
- De Coster, G. (1974). The Geologi of Central Sumatera and South Sumatera Basin, Proceedings Indonesian Petroleum Association 3rd Annual Convention. IPA.
- Depari, A. A., Sakdillah, & Umar, H. (2020). Perhitungan *Overburden* dan Cadangan Batubara Pada *Pit* Di Area B III-S Warute South di PKP2B PT. Antang Gunung Meratus Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Teknologi Mineral, 8 (1), 1–5.
- Hartman, H. L. (1987). *Introductory Mining Engineering*. A Wiley Interscience Publication.
- Hustrulid, W., & Kuchta, M. (1998). *Open Pit Mine Planning and Design Vol. 1 Fundamentals*. AA Balkema.
- Ibrahim, E. (2015). Rekonsiliasi Penambangan Antara Rencana Penambangan Bulanan dengan Realisasi di Tambang Swakelola B2 PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. Jurnal Ilmu Teknik, 3 (1).
- Indonesianto, Y. (2007). *Pemindahan Tanah Mekanis*. UPN.
- Komang, Anggana, Syafrizal, & Haris W, A. (2005). *Diktat Kuliah TE-4211 Eksplorasi Batubara*. Institut Teknologi Bandung.
- Mincom. (1998). *Petunjuk Menggunakan Startmodel*. Mincom Ltd.
- Nabar, D. (1998). *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*. Universitas Sriwijaya.
- Notosiswoyo, S., Sudarto, Lillah, S., Nur H, M., & Haris, A. (2005). *Diktat Matakuliah Metode Perhitungan Cadangan*. Institut Teknologi Bandung. 63.
- Pardosi, M. R., Amsyar, R. M., & Ervil, R. (2020). Perancangan *Pit* Limit Berdasarkan Stripping Ratio Pada *Pit* 5 Penambangan Batubara PT Caritas Energi Indonesia Provinsi Jambi. Sains Dan Teknologi Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri, XX.

- Parhusip, M., Bargawa, W. S., & Cahyadi, T. A. (2021). Simulasi Rancangan Teknis dan Penjadwalan Penambangan Dengan Metode Block Strip Mining. *Jurnal Geosapta*, Vol 7 (2).
- Projosumarto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. ITB.
- Projosumarto, P. (2004). *Pengantar Perencanaan Tambang*. Universitas Islam Bandung.
- Suhairi, R., Nurhakim, N., & Riswan, R. (2018). Evaluasi Kemajuan Tambang Bulanan Berdasarkan Metode Survey Pada PT XYZ. *Jurnal Geosapta*, 4 (1).
- Sunanrno, P. (2008). *Standar Job Procedure Perencanaan dan Pelaksanaan Disposal Mining Departement*. PT. INCO Tbk.
- Suwandi, A. (2004). *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. UNISBA.
- Suyartono. (2003). *Pengelolaan Pertambangan Yang Baik dan Benar (Good Mining Practice)*. Studi Nusa.
- Wilopo. (2011). *Metode Konstruksi dan Alat - Alat Berat*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia