

**PERANCANGAN DAN PENJADWALAN PENAMBANGAN
TAHUN 2023 DI PIT 3 PT. MUTIARA FORTUNA RAYA 180
KABUPATEN MUARO JAMBI, PROVINSI JAMBI**



SKRIPSI

Oleh:

BRIAN KHUROHMAD PUTRA

F1D118005

(Program Studi Teknik Pertambangan)

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2023

**PERANCANGAN DAN PENJADWALAN PENAMBANGAN
TAHUN 2023 DI PIT 3 PT. MUTIARA FORTUNA RAYA 180
KABUPATEN MUARO JAMBI, PROVINSI JAMBI**



SKRIPSI

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar sarjana dari
Universitas Jambi**

Oleh:

BRIAN KHUROHMAD PUTRA

F1D118005

(Program Studi Teknik Pertambangan)

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2023

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau 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, 20 Desember 2023

Yang menyatakan



Brian Khurohmad Putra

F1D118005

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PENJADWALAN PENAMBANGAN TAHUN 2023
DI PIT 3 PT. MUTIARA FORTUNA RAYA 180 KABUPATEN MUARO
JAMBI, PROVINSI JAMBI**

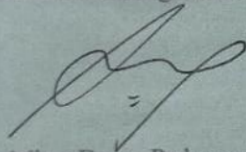
Telah berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

Susunan Tim Penguji :

Ketua : Ir. Aditya Denny Prabawa, S.T., M.T.
Sekretaris : Yudi Arista Yulanda, S.T., M.T.
Anggota : 1. Yosa Megasukma, S.T., M.T.
2. Ericson, S.T., M.Eng.Sc.
3. Sigit Suhardianto, S.T., M.T.

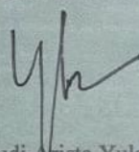
Disetujui :

Dosen Pembimbing Utama



Ir. Aditya Denny Prabawa, S.T., M.T.
NIP. 199110252019031012

Dosen Pembimbing Pendamping



Yudi Arista Yulanda, S.T., M.T.
NIP. 199107242022031005

Diketahui :

Dekan Fakultas Sains
dan Teknologi



Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T.
NIP. 196806021993031004

Ketua Jurusan Teknik Kebumihan



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

RINGKASAN

PT. Mutiara Fortuna Raya merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan Batubara dengan IUP seluas 3.075 Ha. PT. Mutiara Fortuna Raya melaksanakan penambangan hanya mengacu pada desain penambangan yang dibuat secara langsung tanpa melaksanakan penjadwalan penambangan. Pengoptimalan penambangan dalam pencapaian target produksi perlu dilakukan untuk memberikan hasil yang terbaik, sehingga salah satu usaha untuk pengoptimalan dilakukanlah penjadwalan penambangan berdasarkan cadangan yang ditentukan. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan cara menghitung estimasi batubara dan volume overburden, membuat *forecast* produksi, penjadwalan penambangan dan desain penambangan.

Penjadwalan penambangan tahun 2023 *pit* 3 didasarkan pada hasil *reserve* desain tahun 2023 yaitu 180.518,12 ton batubara dan 385.390,07 BCM. Alat mekanis yang akan digunakan setelah *setting fleet* yaitu untuk *loader* menggunakan Cat320GC sebanyak 2 unit, Hitachi ZX210F sebanyak 1 unit dan Hitachi ZX350 sebanyak 1 unit, sedangkan untuk Hauler Hino 260JD sebanyak 11 unit dan 1 unit general Hino 260JD. Penjadwalan penambangan (*mine scheduling*) dilakukan dengan menggunakan 3 *scenario* berdasarkan metode penambangan yaitu *panel*, *strip* dan blok. Dari ke-3 *scenario* tersebut menghasilkan angka *stripping ratio* yang berbeda setiap periode tertentu seperti triwulan basis. *Stripping ratio scenario panel* triwulan I SR 10,84, triwulan II SR 4,77, triwulan III SR 1,64 dan triwulan IV SR 0,20. *Stripping ratio scenario strip* triwulan I SR 5,11, triwulan II SR 2,40, triwulan III SR 1,67 dan triwulan IV SR 0,53. *Stripping ratio scenario blok* triwulan I SR 8,93, triwulan II SR 3,10, triwulan III SR 1,74 dan triwulan IV SR 0,21. Dari ke-3 *scenario* dapat dilihat hasil *stripping ratio* yang ideal untuk diterapkan adalah *scenario strip*, namun pemilihan *scenario* tetap berdasarkan kesepakatan manajemen perusahaan menimbang constraint ataupun faktor-faktor lainnya sehingga PT. Mutiara Fortuna Raya memilih *scenario blok* yang paling tepat untuk diterapkan.

Kata Kunci : Cadangan, penjadwalan, *forecast* produksi, triwulan, *scenario*, *setting fleet*, dan *stripping ratio* .

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Brian Khurohmad Putra, lahir pada tanggal 29 Februari 2000 di Sungai Bahar, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi sebagai anak kedua dari pasangan suami istri Loso dan Sari. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 174/IX Muaro Jambi pada tahun 2012, dilanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 24 Muaro Jambi. Pada tahun 2015 melanjutkan ke sekolah menengah atas di SMA Negeri 4 Muaro Jambi dan selesai pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis masuk menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Jambi, penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Pertambangan (HMTP UNJA) sebagai ketua divisi sosial dan agama.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya sampaikan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Dan Penjadwalan Penambangan Tahun 2023 Di Pit 3 PT. Mutiara Fortuna Raya 180 Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi”. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Mutiara Fortuna Raya yang telah memberi wadah bagi saya untuk terus belajar selama 2 bulan, dengan tujuan sebagai persyaratan pelaksanaan mata kuliah Skripsi. Skripsi ini disusun berdasarkan pengalaman selama melaksanakan kegiatan Tugas Akhir di perusahaan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
2. Bapak Muhammad Ikrar Lagowa, S.T., M.Eng.Sc. selaku Koordinator Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Jambi.
3. Bapak Aditya Denny Prabawa, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama dan Bapak Yudi Arista Yulanda, S.T., M.T selaku pembimbing pendamping.
4. Bapak/Ibu dosen Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Jambi
5. Abang Fuji Kurniansyah selaku pembimbing lapangan dan Bapak Ismail sebagai Kepala Teknik Tambang di PT. Mutiara Fortuna Raya.
6. Kedua orang tua, kakak dan adik saya yang telah memberikan bantuan dukungan material maupun spiritual.
7. Keluarga besar Teknik Pertambangan angkatan 2018 yang telah memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan magang ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jambi 20 Desember 2023

Penulis



Brian Khurohmad Putra

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Deskripsi Perusahaan	5
2.1.1 Profil Perusahaan	5
2.2.2 Struktur Organisasi	5
2.2 Perhitungan Estimasi Cadangan.....	6
2.1.1 Metode Perhitungan Cadangan	9
2.1.2 Perhitungan Cadangan Dengan <i>Software</i> Pertambangan.....	10
2.3 Perancangan Tambang	11
2.2.1 Parameter-Parameter Rancangan (<i>Design</i>)	13
2.2.2 Desain Timbunan (<i>Dumping Area</i>).....	16
2.2.3 Batasan Penambangan	16
2.4 Kebutuhan Alat Tambang	18
2.3.1 Ketersediaan Alat.....	18
2.3.2 Produktivitas Alat	20
2.3.3 Rencana Kebutuhan Alat Tambang Utama.....	22
2.5 Penjadwalan Tambang (<i>Mine Scheduling</i>)	23

2.6 Sistem Penyaliran Tambang	25
2.6.1 Curah Hujan	26
2.6.2 Periode Ulang Hujan Dan Curah Hujan Rencana	26
2.5.3 Daerah Tangkapan Hujan (<i>Catchment Area</i>)	28
2.6.4 Air Limpasan	28
2.6.5 Kolam pengendapan (<i>sump</i>)	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Lokasi Penelitian dan Kesampaian Daerah	30
3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	30
3.3 Metode Penelitian	31
3.3.1 Studi Literatur	32
3.3.2 Pengambilan Data Primer	32
3.3.3 Pengambilan Data sekunder	33
3.3.4 Teknik Pengolahan Data	34
3.3.5 Teknik Analisis Hasil	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Perhitungan Estimasi Cadangan Batubara dan Volume <i>Overburden</i>	38
4.2 Rancangan Penambangan	41
4.2.1 Keadaan Endapan dan Morfologi	41
4.2.2 <i>Geoteknik</i> Lereng	44
4.2.3 Jalan Angkut Tambang (Ramp)	46
4.3 Rencana Kebutuhan Alat	47
4.3.1 Rencana Kebutuhan Alat Mekanis	47
4.4 Penjadwalan Penambangan	51
4.5 Rencana <i>Sump</i>	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jarak titik informasi menurut kondisi geologi.....	7
Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang.....	14
Tabel 3. Faktor Pengisian <i>Bucket</i>	21
Tabel 4. <i>Match Factor</i>	23
Tabel 5. Hubungan derajat hujan dan intensitas curah hujan	28
Tabel 6. Harga koefisien limpasan	29
Tabel 7. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	31
Tabel 8. Volume <i>Overburden</i> dan Cadangan Pit Tahun 2023	41
Tabel 9. Rekomendasi Data Perusahaan	44
Tabel 10. Material <i>Propertis</i>	45
Tabel 11. Standar Minimum <i>Turning radius</i> dan <i>Working Bench</i>	46
Tabel 12. Jangkauan Maksimum Alat Mekanis Gali-Muat	46
Tabel 13. Rencana Jam Hujan	48
Tabel 14. Jam Kerja Efektif Perbulan	50
Tabel 15. Produktivitas alat gali muat	50
Tabel 16. <i>Distance Overburden Dump Scenario Strip</i>	53
Tabel 17. Kemampuan <i>Excavator</i> Di <i>Scenario Strip</i>	53
Tabel 18. <i>Distance Overburden Dump Scenario Panel</i>	54
Tabel 19. Kemampuan <i>Excavator</i> Di <i>Scenario Panel</i>	55
Tabel 20. <i>Distance Overburden Dump Scenario Blok</i>	56
Tabel 21. Kemampuan <i>Excavator</i> Di <i>Scenario Blok</i>	56
Tabel 22. Perbandingan Hasil <i>Distance Overburden Dump</i>	57
Tabel 23. Keselerasian Alat Mekanis	61
Tabel 24. Curah Hujan Rencana.....	61
Tabel 25. Debit Air Limpasan	62
Tabel 26. Rencana Pemompaan	63
Tabel 27. Rencana Volume Sump	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Organisasi	5
Gambar 2. Hubungan Antara Sumber Daya Dan Cadangan Batubara	6
Gambar 3. Perhitungan Cadangan Dengan <i>Software</i>	10
Gambar 4. Bagian-Bagian Jenjang	13
Gambar 5. (a) <i>Valley Fill</i> , (b) <i>Terraced Dump</i>	16
Gambar 6. <i>Bucket Fill Factor</i>	21
Gambar 7. Peta Kesampaian Daerah	30
Gambar 8. <i>Pit Limit</i>	38
Gambar 9. <i>Batterblok</i> (Blok) <i>Pit</i> Tahun 2023	39
Gambar 10. Solid <i>Pit</i> Tahun 2023	40
Gambar 11. Kontur Struktur <i>Seam A</i>	42
Gambar 12. Kontur Struktur <i>Seam B</i>	42
Gambar 13. Penampakan Aktual Morfologi	43
Gambar 14. Faktor keamanan kondisi jenuh area <i>high wall</i>	45
Gambar 15. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan I	58
Gambar 16. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan II	59
Gambar 17. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan III	59
Gambar 18. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan IV	60
Gambar 19. Pompa <i>Hino Non Submersible</i>	63
Gambar 20. Sketsa <i>Sump</i> Debit Terbesar	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Kesampaian Daerah	68
Lampiran 2. Geologi Regional	69
Lampiran 3. Peta <i>Pit Limit</i>	70
Lampiran 4. Peta Situasi Tambang.....	71
Lampiran 5. Peta Desain <i>Pit</i> Dan <i>Inpit Dump</i> Tahun 2023	72
Lampiran 7. Parameter Produktivitas.....	74
Lampiran 8. Standar Parameter Operasional (SPO).....	75
Lampiran 9. <i>Equipment List</i>	76
Lampiran 10. <i>Equipment Physical Availability</i>	77
Lampiran 11. <i>Equipment Use Of Availability</i>	78
Lampiran 12. <i>Effective Working Hours</i>	78
Lampiran 13. <i>Distance</i>	79
Lampiran 14. <i>Setting Fleet</i>	80
Lampiran 15. <i>Match Factor</i>	81
Lampiran 16. Produksi <i>Excavator</i> Berdasarkan Material	81
Lampiran 17. <i>Sumprod</i>	82
Lampiran 18. Spesifikasi Alat Mekanis	83
Lampiran 19. Peta Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan I.....	87
Lampiran 20. Peta <i>Line Section</i> Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan I.....	88
Lampiran 21. Penampang Desain <i>Pit</i> Triwulan I.....	89
Lampiran 22. Penampang Desain <i>Inpit Dump</i> Triwulan I	91
Lampiran 23. Peta Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan II	93
Lampiran 24. Peta <i>Line Section</i> Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan II	94
Lampiran 25. Penampang Desain <i>Pit</i> Triwulan II.....	95
Lampiran 26. Penampang Desain <i>Inpit Dump</i> Triwulan II.....	97
Lampiran 27. Peta Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan III	99
Lampiran 28. Peta <i>Line Section</i> Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan III	100
Lampiran 29. Penampang Desain <i>Pit</i> Triwulan III	101
Lampiran 30. Penampang Desain <i>Inpit Dump</i> Triwulan III.....	103
Lampiran 31. Peta Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan IV	105
Lampiran 32. Peta <i>Line Section</i> Desain <i>Pit</i> dan <i>Inpit Dump</i> Triwulan IV	106

Lampiran 33. Penampang Desain <i>Pit</i> Triwulan IV	107
Lampiran 34. Penampang Desain <i>Inpit Dump</i> Triwulan IV	109
Lampiran 35. Curah Hujan Dan Jam Rencana	111
Lampiran 36. Debit Air Limpasan Dan Rencana Pemompaan	113
Lampiran 37. <i>Catchment</i> Area Maksimum	115

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perencanaan penambangan dalam tambang batubara perlu dilakukan dengan baik dan secara sistematis agar sesuai dengan target produksi. Ketercapaian target produksi bisa terjadi apabila perencanaan tambang sudah terstruktur. Kesulitan atau terhambatnya kegiatan bisa terjadi akibat perencanaan tambang kurang baik. Prosedur dan sistematika yang baik dalam merancang tambang adalah menentukan perencanaan dan perancangan pertambangan yang harus diterapkan dari awal penambangan sebagai panduan dalam penentuan tahapan penambangan. Penggunaan perangkat lunak seperti komputer sangat membantu dalam perencanaan dan perancangan tambang.

Untuk memberikan acuan kegiatan penambangan agar mengikuti ketentuan yang sudah ditetapkan maka, perencanaan tambang dibagi menjadi 3 berdasarkan kurun waktunya yaitu perencanaan jangka Panjang (*long term*) yang memuat perencanaan kegiatan untuk jangka waktu lebih dari 5 tahun, perencanaan jangka menengah (*middle term*) yang memuat suatu perencanaan kerja untuk jangka waktu antara 1-5 tahun, dan perencanaan jangka pendek (*short term*) yang memuat perencanaan aktivitas untuk jangka waktu kurang dari setahun demi kelancaran perencanaan jangka menengah dan Panjang dan semuanya dilakukan secara berkesinambungan. Salah satu bentuk dari perencanaan tambang yaitu membuat rancangan *pit* untuk jangka waktu tertentu. Rancangan *pit* ini akan memberikan gambaran mengenai batas penambangan (*pit limit*) yang memiliki konsekuensi apabila tidak sesuai dengan rancangan tersebut dan jangka waktu yang telah ditentukan.

Ketelitian dalam perhitungan volume yang salah akan berakibat pada kelebihan volume atau kekurangan volume yang berakibat ketidaksesuaian dengan aktual dilapangan yang berkesinambungan dengan *forecast* produksi. Untuk mencapai target produksi yang telah ditetapkan dalam Rencana Kerja dan Anggaran Biaya (RKAB) tahun 2023 sebesar 200.000 MT, maka pemilihan peralatan utama yang digunakan harus memiliki produktivitas sesuai dengan spesifikasi atau kemampuan alat yang direncanakan, agar produksi yang dihasilkan dapat memenuhi target produksi tahunan tersebut. Dalam perhitungan hasil produksi alat

ada faktor penting yang harus di perhatikan yaitu PA (*Physical Availability*), MA (*Mechanical Availability*) dan UA (*Use Of Availability*).

Dalam perencanaan tambang terdapat tahapan perancangan tambang salah satunya desain dan penjadwalan penambangan. Dalam pembuatan desain penambangan faktor penting yang harus di perhatikan geometri jenjang dan geometri jalan dalam. Untuk penjadwalan penambangan sendiri sangat berkesinambungan dengan desain penambangan karena sebelum dilakukan proses desain penambangan harus dilakukan penjadwalan penambangan terlebih dahulu. Penjadwalan penambangan dilakukan berguna untuk melihat hasil *forecast* produksi yang telah diperhitungkan dapat melakukan pengoptimalan dalam pencapaian target desain *budgeting* (desain rencana kerja dan anggaran biaya), dalam penelitian ini desain *budgeting* yang digunakan adalah desain tahun 2023. Pelaksanaan pembuatan penjadwalan penambangan dan perancangan desain umumnya dilakukan oleh departemen khusus yaitu departemen *engineering* yang hasilnya akan digunakan untuk perintah kerja setiap departemen terkait (dokumen *work order*). Dalam penjadwalan penambangan pengamatan pribadi pada lapangan juga perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang aktual sebagai contoh kita dapat melihat secara visual area-area *constraint* dilapangan apakah *constraint* itu dapat dihilangkan atau tidak.

Perusahaan pertambangan dalam pengoptimalan penambangan ternyata masih ada yang belum melaksanakan penjadwalan penambangan dengan begitu pelaksanaan penambangan hanya didasarkan desain penambangan yang dibuat tanpa mempertimbangkan semua kendala yang akan terjadi. Salah satu perusahaan yaitu PT. Mutiara Fortuna Raya akan melaksanakan penambangan di tahun 2023 sebagai tahun pertama dengan lokasi penamaan *pit* 3 dan belum melaksanakan penjadwalan penambangan di tahun tersebut. Pihak manajemen perusahaan juga mengatakan bahwasanya ketersediaan kapabilitas alat mekanis yang ada memungkinkan tidak tercapainya target produksi di tahun 2023. Sehingga penulis mengambil judul penelitian perancangan dan penjadwalan penambangan triwulan basis untuk mencapai target produksi Rencana Kerja dan Anggaran Biaya (RKAB) di tahun 2023 berdasarkan jumlah alat mekanis yang ada dan rencana PT. Mutiara Fortuna Raya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa estimasi batubara dan *overburden* pada *design pit* 3 tahun 2023 PT. Mutiara Fortuna Raya?
2. Bagaimana rancangan *pit* 3 penambangan secara teknis untuk mencapai target produksi tahun 2023 PT. Mutiara Fortuna Raya?
3. Bagaimana perancangan penjadwalan penambangan (*mine scheduling*) untuk mencapai target produksi *pit* 3 tahun 2023 berdasarkan kapabilitas alat tambang PT. Mutiara Fortuna Raya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung estimasi batubara dan *overburden* rencana *pit* 3 dengan menggunakan *software* pertambangan di tahun 2023 PT. Mutiara Fortuna Raya.
2. Membuat rancangan *pit* 3 penambangan secara teknis untuk mencapai target tahun 2023 PT. Mutiara Fortuna Raya.
3. Membuat perancangan penjadwalan penambangan untuk mencapai target produksi *pit* 3 tahun 2023 berdasarkan kapabilitas alat tambang yang ada dan direncanakan PT. Mutiara Fortuna Raya.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Lokasi yang akan direncanakan penjadwalan penambangan yaitu PT. Mutiara Fortuna Raya.
2. Desain *pit* tahun 2023 menggunakan data dari PT. Mutiara Fortuna Raya.
3. Ketetapan geometri jenjang berdasarkan rekomendasi PT. Mutiara Fortuna Raya.
4. Penjadwalan penambangan yang dirancang berhubungan dengan kegiatan produksi peralatan mekanis yang ada atau direncanakan oleh perusahaan, dengan perbandingan *scenario* searah *strike*, *dip* atau *strike* dan *dip*.
5. *Scenario* penjadwalan hanya membuat area *dumping overburden* parameter produktivitas didapatkan dari perusahaan.
6. Dalam melaksanakan penjadwalan penambangan data yang diperlukan

meliputi *schema project* desain, data topografi permukaan, jumlah dan kapasitas alat tambang utama yang ada dan rencana, *historical* jam hujan dan curah hujan wilayah.

7. Analisis tahapan penambangan dilakukan dengan beberapa *software* pertambangan.
8. Penjadwalan penambangan dilakukan dengan melihat kapabilitas alat yang tersedia, jika kemampuan alat tidak mencukupi penulis memberi saran penambahan alat berdasarkan spesifikasi alat yang mampu memenuhi target. Dan penulis tidak melakukan analisa biaya dalam penambangan.
9. Pertimbangan penjadwalan tambang didasarkan pada rencana target produksi, produktivitas alat, dan faktor hidrologi dari pengukuran curah hujan. Pengolahan dilakukan dengan *software* pertambangan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa
 - a. Melatih mahasiswa untuk berpikir secara ilmiah dalam menganalisa masalah secara terperinci hingga didapatkan pemecahan masalah yang sesuai untuk diterapkan.
 - b. Memberikan pengetahuan dan pengalaman dalam implementasi ilmu perencanaan *mine scheduling*.
 - c. Mahasiswa dapat mengenal dan membiasakan diri dengan suasana kerja yang sebenarnya sehingga dapat membangkitkan etos kerja yang baik dan memperluas wawasan dunia kerja.
2. Bagi perguruan tinggi
 - a. Sebagai evaluasi meningkatkan mutu mahasiswa untuk kedepannya.
 - b. Mempunyai referensi lebih dalam memahami kebutuhan serta prospek dari kegiatan industri pertambangan.
3. Bagi perusahaan
 - a. Menjalin hubungan baik antara akademika dengan tempat penelitian. Sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi S1 program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Perusahaan

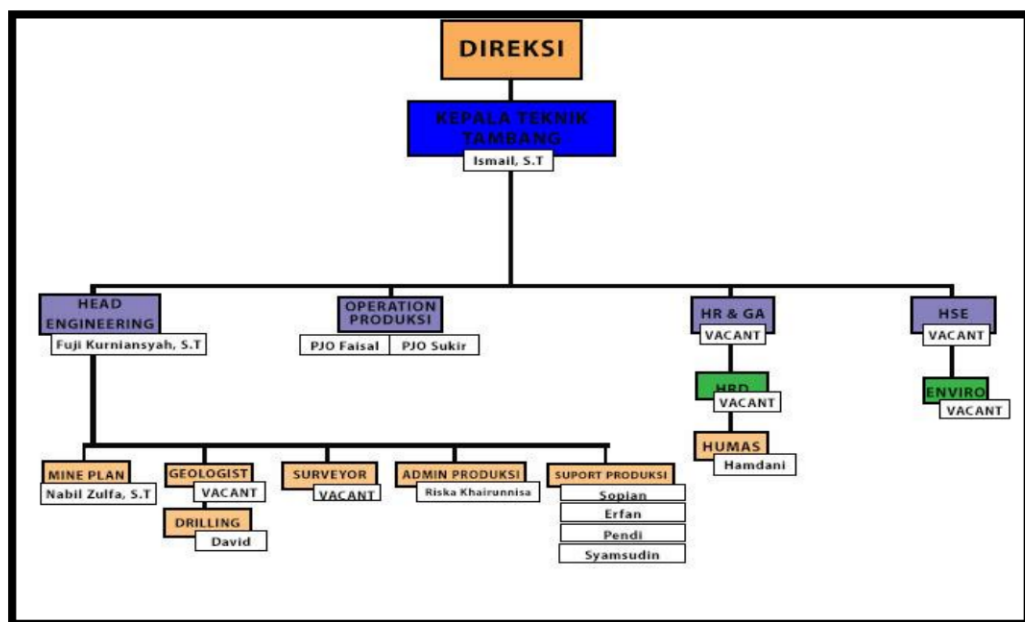
2.1.1 Profil Perusahaan

PT. Mutiara Fortuna Raya merupakan perusahaan penanaman modal dalam negeri (PMDN) yang memiliki visi dan misi sebagai perusahaan energi yang peduli lingkungan dengan mengelola sumber energi dengan sebaik-baiknya dan selalu memperhatikan aspek lingkungan. PT. Mutiara Fortuna Raya bergerak di bidang pertambangan batubara atas wilayah seluas 3.075 Ha berlokasi di Desa Sungai Gelam, Kecamatan Sumber Agung, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi.

PT. Mutiara Fortuna Raya telah mendapatkan izin usaha pertambangan operasi produksi di Sungai Gelam yang berdasarkan keputusan bupati Muaro Jambi Nomor: 180/kep.bup/ESDM/2014 tanggal 7 april 2014 tentang persetujuan peningkatan izin usaha pertambangan eksplorasi menjadi izin usaha pertambangan operasi produksi kepada PT. Mutiara Fortuna Raya.

2.2.2 Struktur Organisasi

Dalam rangka untuk melaksanakan kegiatan pertambangan batubara secara terencana, efektif, efisien dan optimal maka PT. Mutiara Fortuna Raya membentuk struktur organisasinya sebagaimana tertera di dalam bagan di bawah ini:



Gambar 1. Struktur Organisasi

(Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya)

2.2 Perhitungan Cadangan

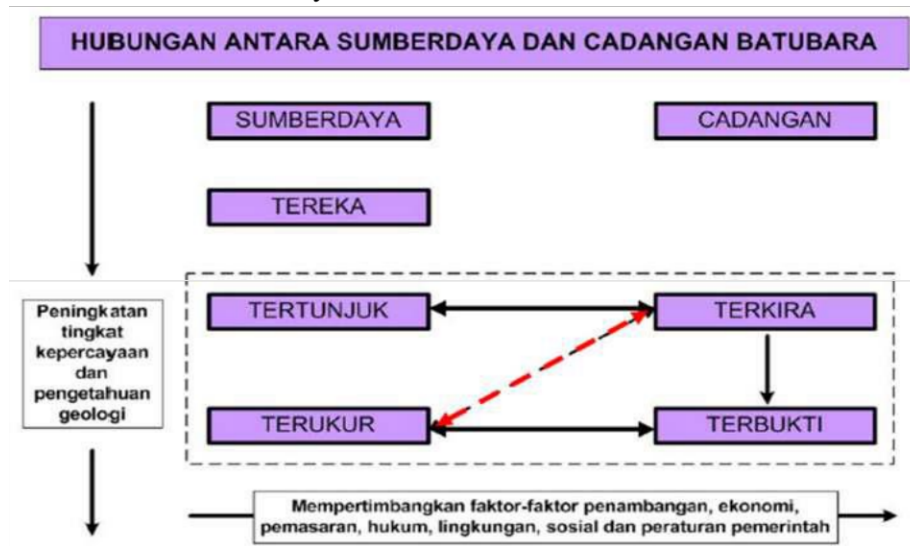
Menurut SNI 5015:2019 sumber daya batubara adalah bagian dari endapan batubara yang lokasi, kualitas, kuantitas dan kemenerusan lapisan batubara telah diketahui dan memungkinkan untuk ditambang secara ekonomis. Cadangan batubara merupakan bagian dari sumberdaya batubara terukur dan tertunjuk yang dapat ditambang secara ekonomis dengan menyertakan dilusi dan losses yang terjadi pada saat melakukan penambangan.

Klasifikasi Sumberdaya batubara dibagi menjadi 3:

1. Sumberdaya batubara tereka adalah bagian dari total estimasi sumberdaya batubara yang kualitas dan kuantitasnya diperkirakan dengan tingkat kepercayaan rendah.
2. Sumberdaya batubara tertunjuk adalah bagian dari total sumberdaya yang tingkat keyakinan masuk akal berdasarkan titik-titik informasi pengamatan.
3. Sumberdaya batubara terukur adalah bagian dari total sumberdaya batubara dengan tingkat kepercayaan yang tinggi.

Klasifikasi 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.



Gambar 2. Hubungan Antara Sumberdaya Dan Cadangan Batubara

(Sumber : SNI 5015, 2019)

Tabel 1. Jarak titik informasi menurut kondisi geologi

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)	$250 < x \leq 500$	$100 < x \leq 250$	≤ 100

Sumber : SNI 5015, 2019

Cadangan batubara hanya bisa diturunkan dari sumberdaya tertunjuk dan atau sumberdaya terukur yang terdapat di dalam suatu rencana tambang. Cadangan batubara tersebut mewakili tonase batubara pada *moisture* yang telah ditentukan, diharapkan untuk ditambang dan diserahkan sebagai batubara *Run Of Mine* (ROM). Dalam mengestimasi cadangan batubara, perolehan penambangan (*coal recovery*) dan dilusi penambangan harus diterapkan kepada sumberdaya batubaranya. Penyesuaian-penyesuaian untuk perubahan-perubahan dalam *moisture* juga sangat dianjurkan. Perolehan dan dilusi penambangan bisa dinyatakan dalam istilah batubara hilang spesifik dan atau dilusi untuk setiap lapisan atau, secara alternatif, sebagai persentase perolehan penambangan. Kecuali faktor spesifik sudah ditentukan dari studi-studi konseptual, perolehan penambangan dan dilusi secara historis untuk metode penambangan yang diusulkan pada daerah tertentu seharusnya digunakan (SNI, 2019).

Konservasi cadangan batubara adalah upaya dalam rangka optimalisasi pengelolaan, pemanfaatan, dan pendataan batubara secara terukur, efisien, bertanggung jawab, dan berkelanjutan. Pengelolaan ini dilaksanakan dengan cara melakukan proses penambangan sesuai dengan perencanaan untuk memperoleh *recovery* penambangan yang optimal serta mengendalikan dilusi dan kehilangan (*losses*) batubara. Menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, dilusi adalah masuknya material pengotor ke dalam bijih atau batubara pada kegiatan pertambangan.

Coal Losses adalah proses hilangnya batubara yang terjadi pada saat proses

penambangan berlangsung baik dari *pit* sampai pada saat pengiriman batubara di tongkang. *Losses* dimulai pada saat penambangan, yaitu ekstraksi *seam* yang tidak selesai, batubara yang tertinggal di tanah, penambangan pada batas terluar tidak dapat dilakukan atau peledakan yang salah menyebabkan batuan *overburden* menjadi tercampur dengan batubara. Pada area lapisan batubara yang berbeda dapat menimbulkan *losses* yang berbeda. Adapun rumus untuk menghitung *coal losses* dilihat pada persamaan (1) (Litvin, et al. 2017), yaitu:

$$L = \frac{(B-A)}{B} \times 100\% \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

L = *Coal Losses*

A = *Truck Count* (ton)

B = *Survey* (ton)

Coal Recovery adalah suatu angka atau besaran yang menunjukkan seberapa efektif batubara yang ditambang. Angka *coal recovery* ditunjukkan dalam bentuk persentase (%), semakin besar angka *coal recovery* maka semakin efektif penambangan batubaranya. Metode perhitungan ini adalah jumlah batubara berdasarkan pick up survey antara lapisan batubara atas (*top coal*) dan lapisan batubara bawah (*coal floor*) dibandingkan dengan aktual batubara ditambang berdasarkan perhitungan truk. Perhitungan dengan membandingkan data survey dan Aktual yang ditambang lebih representative untuk melihat *coal recovery* dengan mengeliminir Variasi *Geology Model*. Rumus untuk menghitung *coal recovery* dilihat pada persamaan (2) (Litvin, et al. 2017), yaitu:

$$R = B - \frac{(B-A)}{B} \times 100\% \dots\dots\dots 2$$

Dimana:

R = *Coal Recovery*

A = *Truck Count* (ton)

B = *Survey* (ton)

Menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, menyusun studi kelayakan dengan memperhitungkan *recovery* penambangan yang optimal adalah sebagai berikut: tambang terbuka paling sedikit 90% (sembilan puluh persen), tambang batubara bawah tanah paling sedikit 70% (tujuh puluh persen).

2.1.1 Metode Perhitungan Cadangan

Dalam pemilihan metode perhitungan cadangan ada beberapa faktor yang mendasari diantaranya faktor geologi endapan, metode eksplorasi, data yang dimiliki, tujuan perhitungan serta tingkat kepercayaan yang diinginkan. Berdasarkan metode (teknik/asumsi/pendekatan), maka penaksiran dan perhitungan cadangan atau sumberdaya terdiri dari metode konvensional yang terbagi menjadi dua yaitu metode penampang vertikal dan horizontal.

1. Metode Penampang Vertikal

Metode ini menggambarkan kondisi endapan, bijih dan tanah penutup (*overburden*) pada penampang-penampang vertikal. Perhitungan luas masing-masing elemen tersebut dilakukan pada masing-masing penampang. Metode penampang vertikal dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Penentuan lintasan penampang.
- b. Konstruksi penampang (permukaan, geometri endapan, geometri *pit*, serta faktor pembatas lainnya).
- c. Perhitungan luas masing-masing elemen.
- d. Pemilihan rumus perhitungan.
- e. Perhitungan volume dan *tonase*.

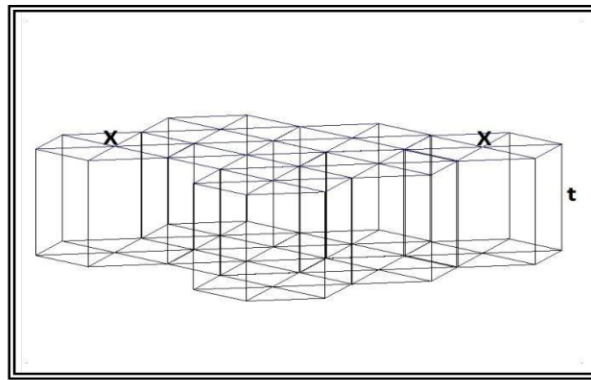
2. Metode Penampang Horizontal

Beberapa metode penampang horizontal yang biasa digunakan adalah metode triangulasi, metode poligon, *isoline*, dan metode *circular* USGS 1983. Pada metode triangulasi setiap lubang bor diambil dengan ketentuan titik-titiknya dibentuk menjadi prisma segitiga. Jika pada bentuk triangular ketebalan konstan, volumenya adalah luas area dikalikan dengan ketebalan. Metode poligon dalam perhitungan cadangan menggunakan garis bagi tegak lurus untuk menetapkan daerah pengaruh titik informasi ketebalan lapisan. Metode ini sebenarnya merupakan contoh penerapan *nearest point*. Metode poligon adalah suatu perhitungan dengan konsep dasar yang menyatakan bahwa seluruh karakteristik endapan suatu daerah diwakili oleh suatu titik tertentu. Jarak titik bor di dalam poligon dengan batas poligon sama dengan jarak batas poligon ke titik bor terdekat. Di dalam poligon ini nilai kadar diasumsikan sama dengan kadar pada titik bor di dalam poligon. (Kenedy, 1990).

2.1.2 Perhitungan Cadangan Dengan *Software* Pertambangan

Prinsip dari perhitungan cadangan (*reserve*) yang digunakan oleh *Software* Pertambangan adalah metode poligon. Perhitungan cadangan (*reserve*) didasarkan pada konsep sebuah sampel yang didefinisikan sebagai prisma. Bagian atas dan bawah prisma terletak pada bagian atas dan bawah *surface* yang membatasi blok *reserve*. Tanda (x) pada Gambar 9 merupakan titik pusat dari prisma dimana letak lubang bor berada, sedangkan tanda (t) merupakan ketinggian dari prisma atau ketebalan dari endapan pada *log* bor. Pada perhitungan volume cadangan sama halnya dalam menghitung prisma gambar (2) yaitu:

$$\text{Volume} = \text{Luas permukaan} \times \text{Ketebalan}$$



Gambar 3. Perhitungan Cadangan Dengan *Software*

(Sumber : *Alkausar, 2020*)

Hasil dari bentuk cadangan yang dihasilkan berupa bentuk tiga dimensi, dan jumlah perhitungan cadangan akan ditampilkan pada *table viewer*. Parameter-parameter yang perlu dilihat dalam perhitungan cadangan yang ditampilkan oleh *table viewer* yaitu seperti *seam* (lapisan), dapat menampilkan *seam* yang sedang dihitung. Bagian *burden* akan menampilkan dua tampilan yaitu *overburden* dan *reserve* (cadangan). Apabila menampilkan *overburden* maka volume yang dihitung adalah volume *overburden* sedangkan apabila menghasilkan tampilan *reserve* maka volume yang dihitung adalah volume *reserve*. Sedangkan pada bagian total volume akan menampilkan hasil perhitungan dari *overburden* dan *reserve*. Untuk menghitung *tonnage* dari batubara volume *reserve* yang didapat dikalikan dengan densitas batubara.

Perhitungan cadangan pada *software* Pertambangan dilakukan dengan aplikasi modul *Open Cut*, dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Penentuan *pit* potensial.

2. Pembuatan blok tambang dengan spesifikasi ukuran tertentu.
3. Perhitungan cadangan per blok tambang.
4. Akumulasi cadangan seluruh blok.

Dalam menentukan jumlah cadangan per blok tambang, digunakan aplikasi modul *Open Cut* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Perhitungan luas area batubara per blok: luas areal yang dihitung merupakan luas areal yang memiliki *seam* batubara, sedangkan daerah yang tidak memiliki batubara tidak dihitung.
2. Perhitungan volume batubara per blok: luas areal tersebut dikalikan dengan ketebalan sebenarnya (*true thickness*) dari lapisan batubara.
3. Perhitungan insitu mass per blok: volume per blok dikalikan dengan *relative density* blok yang didapat dari *quality* model.

2.3 Perancangan Tambang

Perencanaan adalah penentuan persyaratan dalam mencapai sasaran, kegiatan serta urutan teknik pelaksanaan berbagai macam kegiatan untuk mencapai suatu tujuan dan sasaran yang diinginkan. Dalam perencanaan dibagi atas beberapa jangka, yaitu perencanaan jangka panjang, perencanaan jangka menengah dan perencanaan jangka pendek. Perencanaan jangka panjang adalah perencanaan tambang dengan jangka waktu sampai *final pit*. Sedangkan jangka menengah adalah perencanaan jangka waktu menengah dimana perencanaan jangka menengah ini pembagian *design* tambang dari jangka panjang. Serta perencanaan jangka pendek adalah perencanaan jangka waktu bulanan atau mingguan dimana perencanaan jangka pendek ini adalah pembagian dari perencanaan jangka menengah. Pada dasarnya perencanaan dibagi atas 2 bagian utama, yaitu:

1. Perencanaan strategis yang mengacu kepada sasaran secara menyeluruh, strategi pencapaiannya serta penentuan cara, dan waktu.
2. Perencanaan operasional, menyangkut teknik pengerjaan dan penggunaan sumberdaya untuk mencapai sasaran.

Aktivitas merancang suatu tahapan penambangan perlu mempertimbangkan sekian banyak aspek yang butuh dicermati seperti aspek geologi, geoteknik, alat-alat berat yang digunakan, penjadwalan penciptaan, desain *pit* penambangan, *disposal*, dan rencana penyaliran. Dengan mengenali faktor-faktor yang

mempengaruhi, hingga tahapan penambangan yang direncanakan hendak berjalan dengan baik. Tahapan penambangan dirancang secara baik akan membagikan akses ke seluruh wilayah kerja serta menyediakan ruang kerja yang layak untuk operasi peralatan kerja tambang. Sekian banyak langkah yang perlu dicermati dalam rancangan tahapan penambangan(Aryanda et al. 2016), yaitu:

1. Tingkat produksi *overburden* dan batubara yang ditambang pada masing-masing tahapan penambangan.
2. Spesifikasi dan jenis alat yang akan digunakan sebagai pertimbangan lebar minimum front penambangan dapat diperhitungkan.
3. Dimensi dari jalan masuk *front* penambangan dan sudut lereng.
4. Merancang *phases* penambangan secara detail dengan mempertimbangkan jalan angkut dan dimensi lereng tunggal dengan tetap memperhatikan tonase cadangan dan *overburden* pada selang kedalaman tertentu.

Dalam melaksanakan perancangan tambang, perlu terlebih dahulu dilakukan permodelan geologi, baik topografi maupun struktur lapisan endapan batubara. Permodelan geologi ini bertujuan untuk mendapatkan data dalam melakukan penaksiran cadangan batubara, yang memenuhi syarat untuk dilakukan penambangan. Sesuai batasan dari nilai *stripping ratio* yang ditetapkan. Hasil dari penaksiran jumlah volume lapisan tanah penutup (*overburden*), volume lapisan batuan antar *seam* batubara (*interburden*), dan jumlah volume batubara untuk proses penjadwalan produksi disesuaikan dengan target produksi dan kualitas batubara terutama kadar kalori batubara.

Salah satu perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam kegiatan perancangan tambang yaitu *Minescape*. Perangkat lunak *Minescape* digunakan agar dapat mempermudah proses perancangan tambang seperti permodelan geologi, maupun dalam penaksiran sumberdaya dan cadangan batubara, dan memilih daerah yang lebih memiliki prospek lebih optimum sehingga menghasilkan proses penambangan yang layak. Perangkat lunak *Minescape* merupakan salah satu *mining software system* terpadu yang khusus digunakan dalam dunia pertambangan. *Minescape* mampu meningkatkan semua aspek informasi teknis suatu lokasi tambang mulai dari data eksplorasi, perancangan tambang jangka pendek (*short term*) dan perancangan jangka Panjang.

2.2.1 Parameter-Parameter Rancangan (*Design*)

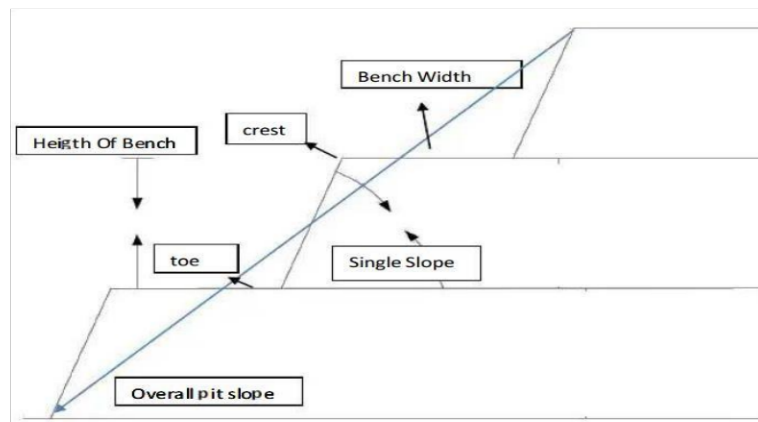
Kegiatan merancang tentunya memiliki syarat dan tujuan tertentu yang harus dicapai. Syarat dan tujuan itulah yang nantinya akan menjadi parameter-parameter dalam pembuatan suatu desain *phases* penambangan. Apabila setiap parameter sudah dipenuhi dan sesuai dengan syarat yang ada, maka tujuan yang diinginkan pun akan tercapai. Oleh karena itu penting untuk mengetahui apa saja yang menjadi parameter di dalam pembuatan suatu desain tahapan penambangan.

1. Data Topografi Permukaan (*Surface*)

Informasi ini dapat berupa kontur hasil dari digitasi yang tersimpan di dalam file komputer, atau beberapa file *surface* titik-titik ketinggian, termasuk juga *drillholes*, *collars*. Alternatif lain dengan memodelkan permukaan berdasarkan data titik-titik ketinggian menggunakan beberapa perangkat lunak seperti *AutoCAD*, *Quicksurf*, *Globalmapper*, *Google Earth*, dan *Google Scateup* dan juga *Minescape* yang dibuat atau diolah secara komputerisasi dengan metode triangulasi membentuk tampilan tiga (3) dimensi.

2. Kemiringan Jenjang (*Bench*)

Sebuah desain *pit* penambangan harus dibuat sesuai dengan rekomendasi dari geoteknik. Informasi *geoteknik* mencakup informasi dari material yang ada di dalam *pit* tersebut. Sebaiknya kemiringan dari suatu lereng kurang dari 60° pada kedalaman 65 meter dan kurang dari 40° pada kedalaman 300 meter. Kemudian keseluruhan dari kemiringan jenjang (*bench*) yang ada dari mulai yang paling tinggi sampai yang paling rendah disebut dengan *overall slope* Gambar (4).



Gambar 4. Bagian-Bagian Jenjang

(Sumber : Hustrulid, et al. 2013)

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor	Kriteria dapat diterima (<i>Acceptance Criteria</i>)		
		Faktor Keamanan Statis(Min)	Faktor Keamanan Dinamis(min)	Probabilitas Longsor PoF ($FK \leq 1$)
Lereng Tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
<i>Inter-ramp</i>	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 1827 K/30/MEM/2018

3. Tinggi Jenjang (*Bench Height*)

Tinggi jenjang merupakan jarak vertikal yang diukur tegak lurus dari lantai *bench* (toe) sampai ujung *bench* bagian atas (*crest*). Alat yang digunakan harus mampu mencapai pucuk atau bagian atas *bench*, jika tingkat produksi atau faktor lain mengharuskan ketinggian *bench* tertentu, alat muat yang akan digunakan harus disesuaikan pula ukurannya. Tinggi *bench* penambangan agar aktivitas *loading* optimal, harus kurang lebih sama dengan tinggi pemotongan maksimum (maximum cutting height) alat gali muat *excavator*. Menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, tinggi dinding penggalian tidak boleh melebihi tinggi jangkauan efektif alat gali-muat terbesar yang dioperasikan. Ketinggian *bench* yang melebihi ketentuan dapat menyebabkan *bench* yang kurang aman, sedangkan untuk penggunaan alat gali muat *crest excavator*, tinggi *bench* akan tergantung kemampuan penggalian alat (*digging depth capabilities*).

4. Permukaan Lereng (*Bench Face*)

Permukaan lereng dapat dibedakan menurut jenis dari lereng tersebut. Misalnya sebuah lereng aktif atau lereng kerja (*working Bench*) dapat menggunakan pedoman stabilitas jangka pendek yaitu lereng dapat dibuat

relatif lebih terjal. Namun untuk lereng permanen, pertimbangan utama yang digunakan adalah jangka panjang. Permukaan lereng dapat dibuat dengan ketentuan untuk mencapai lereng seoptimum mungkin dengan pemilihan alat yang tepat.

5. Lebar Jenjang (*Bench Wide*)

Lebar jenjang disesuaikan dengan ultimate slope dan single slope pada ketinggian yang ditentukan. Namun jika *pit* semakin dalam, maka lebar jenjang juga semakin lebar. *Berm* dapat pula merefleksikan ukuran *coal* deposit. Lebar dari jalan angkut yang umumnya mengikuti *berm*, ditentukan oleh ukuran truk yang digunakan, dimana harus memiliki ukuran yang relatif terhadap ukuran *coal* deposit dan kapasitas produksi yang diharapkan.

6. Kedalaman *Pit Bottom*

Penentuan *pit bottom* (dasar *pit*) sangat tergantung pada banyak faktor seperti perubahan *stripping ratio*, naiknya biaya produksi dan pengangkutan, nilai mineral yang ditambang, ukuran (jumlah) deposit, serta kapasitas mill dan produksi. Batas kedalaman dari *pit bottom* penambangan dapat dioptimisasi menggunakan prosedur-prosedur optimisasi *design* seperti Lerch and Grossman.

7. Jalan Angkut (*Haul Road*)

Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan operasi penambangan adalah desain dimensi jalan karena jalan mampu mempengaruhi produktivitas alat, besar volume tanah penutup yang harus dikupas dan nilai *stripping ratio*. Jalan angkut dirancang pada jenjang dasar kemudian mengikuti naiknya jenjang ke arah permukaan dengan *gradient* (kemiringan) tidak lebih dari 12 %. *Cost* dan kecelakaan yang tinggi disebabkan perencanaan jalan angkut yang buruk. Ada dua hal utama yang harus diperhatikan pada jalan angkut tambang yaitu sebagai sarana untuk transportasi yang efisien dan keamanan dari suatu proses operasi penambangan. Desain dari jalan angkut harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

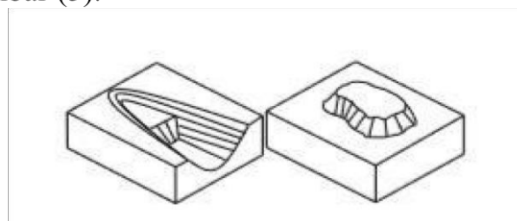
- a. Ongkos minimum untuk transportasi bahan galian beserta material buangan selama umur tambang.
- b. Kriteria – kriteria persimpangan dan sedapat mungkin diminimalisasi untuk

membuat persimpangan. Menghindari tempat-tempat yang kemungkinan terjadinya masalah longsor. Jalan yang berumur panjang lebih baik dari jalan yang berumur pendek.

2.2.2 Desain Timbunan (*Dumping Area*)

Aspek yang paling penting untuk diperhatikan yaitu faktor keamanan di dalam setiap menentukan geometri lereng timbunan. Berdasarkan kondisi topografi dan permukaannya, jenis-jenis *dump* dapat dibedakan menjadi dua (Hartman, 1987), yaitu:

1. *Valley fill* atau *crest dump*
 - a. Digunakan pada daerah yang memiliki topografi curam
 - b. Awal pembuatan *dump* dimulai dari elevasi puncak (*dump crest*). Truck bermuatan menumpahkan material yang dibawahnya ke daerah di bawahnya.
 - c. *Dump* dibuat berdasarkan *angle of repose*.
 - d. *Dumping* dimulai dari kaki *dump* final sehingga pada awal proyek jarak pengangkutan truk lebih panjang.
 - e. Pemadatan diperlukan untuk memenuhi persyaratan reklamasi.
2. *Terraced dump*
 - a. Dapat diterapkan jika topografi tidak begitu curam pada lokasi timbunan.
 - b. Timbunan dirancang dari bawah ke atas.
 - c. Timbunan selanjutnya terletak di belakang timbunan sebelumnya sehingga sudut keseluruhan (*overall slope angle*) mendekati yang dibutuhkan untuk reklamasi gambar (5).



Gambar 5. (a) *Valley Fill*, (b) *Terraced Dump*

(Sumber : Hartman, 1987)

2.2.3 Batasan Penambangan

Langkah 2023 di dalam pembuatan perencanaan jangka panjang maupun jangka pendek adalah menentukan batasan penambangan (*Pit limit*). *Pit limit* menunjukkan jumlah batubara yang dapat ditambang dan jumlah *overburden* yang harus dipindahkan selama penambangan berlangsung. Batas penambangan (*pit*

limit) akan sangat mempengaruhi jumlah produksi dan umur ekonomi suatu kegiatan penambangan.

Parameter yang mempengaruhi batas penambangan (*pit limit*) adalah sebagai berikut :

1. Nisbah kupas/*Stripping ratio* (SR)

Salah satu cara menggambarkan efisiensi geometri (*geometrical efficiency*) dalam kegiatan penambangan adalah dengan istilah "*stripping ratio*" atau nisbah pengupasan (Hartman, 1987). *Stripping ratio* (SR) menunjukkan jumlah *overburden* yang harus dipindahkan untuk memperoleh sejumlah bijih timah yang diinginkan. 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*. 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 bahan galian yang diinginkan dihitung dengan Persamaan (3) (Akbari et al, 2008).

$$SR = \frac{\text{jumlah overburden yang dikupas (m}^3\text{)}}{\text{jumlah batubara yang ditambang (ton)}} \dots\dots\dots 3$$

2. Geometri lereng

Keamanan dari geometri lereng merupakan suatu pertimbangan paling penting di dalam pembuatan geometri lereng. Namun, pembuatan geometri lereng juga harus dapat memenuhi jumlah *overburden* maupun batubara yang akan ditambang. Oleh karena itu pembuatan geometri lereng ditetapkan dengan rekomendasi *geoteknik* sesuai hasil penelitian *geoteknik* di sekitar lokasi penambangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan rencana geometri jenjang:

a. Produksi

Salah satu tujuan penentuan dimensi jenjang adalah harus dapat menghasilkan produksi yang diinginkan dan memiliki standar keamanan (Jiskani, 2013). Maka jenjang yang dibuat perlu mempertimbangkan jumlah produksi yang diinginkan. Umumnya jumlah produksi menentukan dimensi jenjang yang dibuat.

b. Kondisi Material

Kondisi material batuan yang ada dapat menentukan peralatan yang harus digunakan sehingga sesuai untuk produksi yang dikerjakan dapat ditentukan. Kondisi batuan yang lebih dominan anatara lain kekuatan batuan, faktor pengembangan, dimensi batuan dan struktur geologi. Beberapa parameter penentuan dimensi jenjang, yaitu :

- Sasaran produksi dan *stripping ratio*
- Kondisi *overburden* (rekomendasi geoteknik)
- Kondisi dan karakter endapan batubara
- Peralatan yang digunakan
- Penimbunan material

Lehar jenjang minimum yang akan dibuat sangat dipengaruhi:

- Jenis dan kemampuan alat
- Posisi kerja dari peralatan yang sedang beroperasi dilantai yang sama
- Lehar dari tumpukan basil pembongkaran
- Kapasitas produksi yang dipakai

3. Kondisi topografi dan geologi

Kondisi topografi dan geologi menjadi salah satu batasan penambangan karena digunakan untuk mengetahui arah dan persebaran lapisan batubara serta bentang alam yang ada di daerah lokasi penambangan.

2.4 Kebutuhan Alat Tambang

Faktor yang mempengaruhi pemilihan alat berat menurut (Rostiyanti, 2008), dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari. Faktor-faktor tersebut antara lain, yaitu fungsi yang harus dilaksanakan, kapasitas peralatan, cara operasi, pembatasan dari metode yang dipakai, ekonomi, jenis proyek, lokasi proyek, jenis tanah, dan kondisi lapangan.

2.3.1 Ketersediaan Alat

Merupakan salah satu yang mempengaruhi produktivitas alat muat maupun alat angkut. Ketersediaan alat merupakan faktor yang menunjukkan kondisi alat-alat mekanis yang digunakan dalam kegiatan penambangan. Berikut ini beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan ketersediaan alat dan penentuan

penggunaan alat di lapangan:

1. *Mechanical Availability* (MA)

Mechanical availability adalah faktor *availability* yang menunjukkan kesiapan (*available*) suatu alat yang hilang dari waktu yang hilang dari kerusakan gangguan alat (*mechanical reason*) (Indonesianto, 2011) Persamaan (4).

$$MA = \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{repairs hours}} \times 100\% \dots\dots\dots 4$$

Keterangan :

Hours worked = waktu yang dimulai dari operator berada di dalam suatu alat dimana alat tersebut dalam keadaan *operable* (siap dipakai).

Repair hours = merupakan waktu yang hilang dikarenakan menunggu perbaikan alat juga termasuk waktu untuk penyediaan suku cadang dan waktu perawatan preventif

2. *Physical availability* (PA)

Physical Availability merupakan faktor *availability* yang menunjukkan waktu yang digunakan suatu alat untuk bekerja. *Physical Availability* menyatakan unjuk kerja *mechanical* alat dan juga sebagai petunjuk terhadap efisiensi mesin dalam program penjadwalan. Nilai PA biasanya lebih besar daripada nilai MA, tetapi nilai keduanya bias sama apabila *standby hours* = 0. Jika nilai PA mendekati nilai MA, berarti efisiensi operasi meningkat (Indonesianto, 2011) Persamaan (5).

$$PA = \frac{\text{hours worked} + \text{standby hours}}{\text{scheduled hours}} \times 100\% \dots\dots\dots 5$$

Keterangan :

Standby hours = waktu dimana alat siap pakai, tetapi karena lain hal tidak dapat dipergunakan ketika operasi penambangan berlangsung.

Scheduled hours = waktu dimana tambang dikerjakan meliputi *hours worked*, *repair hours*, dan *standby hours*.

3. *Use Of Availability* (UA)

Use of Availability adalah parameter yang menyatakan berapa persen waktu yang dipergunakan suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut

dipergunakan (Indonesianto, 2011) Persamaan (6).

$$UA = \frac{\text{hours worked}}{\text{hours worked} + \text{stanby hours}} \times 100\% \dots\dots\dots 6$$

4. *Effective Utilization*

Effective utilization bisa dikatakan mirip dengan *used of availability* dimana hanya berbeda pada hubungan *worked hours* dengan *total hours* dibandingkan dengan *availability hours* (Indonesianto, 2011) Persamaan (7).

$$EU \% = \frac{\text{Hours work}}{\text{Total Hours}} \times 100\% \dots\dots\dots 7$$

2.3.2 Produktivitas Alat

Kemampuan produktivitas alat gali muat dan angkut adalah besar produktivitas yang dicapai dalam kenyataan alat gali muat dan alat angkut berdasarkan kondisi yang dapat dicapai saat ini.

1. Kemampuan Produktivitas Alat Gali-Muat

Nilai Produktivitas alat gali muat secara umum dipengaruhi oleh kapasitas *bucket* alat gali muat, *cycle time*, *swell factor*, dan faktor koreksi yang terdiri dari faktor pengisian *bucket* alat gali muat, dan efisiensi kerja. Produktivitas alat gali muat (Tenriajeng, 2003) persamaan (8-10).

$$Q_{es} = \frac{Kb \times Fb \times Sf \times Eff \times 3600}{Ct} \dots\dots\dots 8$$

$$\text{Produksi/Bulan} = Q_{es} \times PA \times UA \times \text{Jam} \dots\dots\dots 9$$

$$\text{Produksi/Bulan} = Q_{es} \times EU \times \text{Jam} \dots\dots\dots 10$$

Keterangan:

Q_{es} = Produktivitas alat gali muat (BCM/jam)

Kb = Kapasitas *bucket* dari spesifikasi alat (m³)

Fb = Faktor koreksi dari pengisian *bucket* (%)

Sf = *Swell factor* (%)

PA = *Physical Availability* (%)

UA = *Utilization Availability* (%)

EU = *Effective Utilization* (%)

Jam = Total jam kerja dalam 1 bulan (jam/bulan)

Eff = Efisiensi kerja alat (%)

Ct = Waktu edar alat muat/*excavator*, (detik)

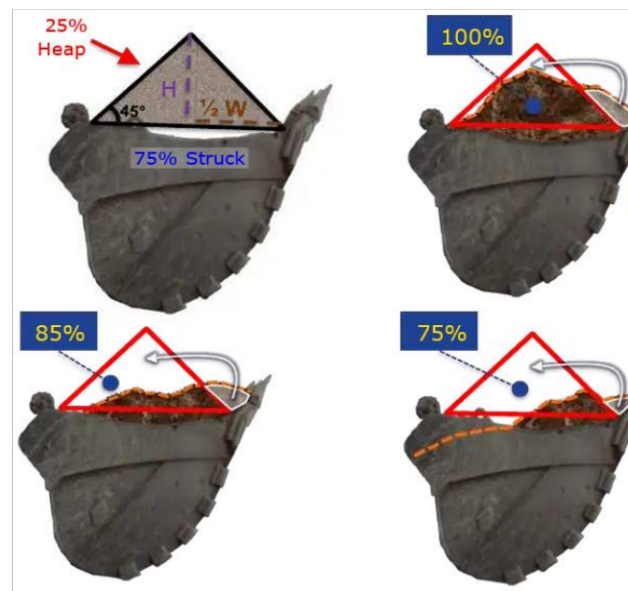
Nilai *bucket fill factor* tergantung kepada sifat alami dari material yang digali.

Nilainya dapat ditentukan berdasarkan tabel berdasarkan kondisi material tersebut (Tabel 2).

Tabel 3. Faktor Pengisian *Bucket*

Kategori	Kondisi Material	Nilai
Easy	Tanah asli, lempung tanah, lempung, tanah lunak	1,1 – 1,2
Average	Tanah berpasir dan tanah kering	1,0 – 1,1
Rather Difficult	Tanah berpasir dengan kerikil	0,8 – 0,9
Difficult	Batuan hasil blasting	0,7 – 0,8

Sumber : Komatsu, 2009



Gambar 6. *Bucket Fill Factor*

Sumber : Komatsu, 2016

Sedangkan nilai dari *bucket fill factor* dapat dihitung apabila diketahui jumlah aktual material dalam *bucket* dan jumlah *heaped* material secara teoritis (Indonesianto, 2011) Persamaan (11)

$$\text{Bucket Fill Factor} = \frac{\text{Jumlah Aktual Material Dalam Bucket}}{\text{Heaped Material Secara Teoritis}} \dots\dots\dots 11$$

2. Kemampuan Produktivitas Alat Angkut

Terkait dengan alat angkut dimana produktivitas sangat dipengaruhi oleh jarak, maka proses penganalisaan terhadap produktivitas *hauler* akan terfokus

terhadap pengaruh jarak pengangkutan terhadap produktivitas *hauler*. Kita akan menentukan jarak yang tepat pada suatu *fleet* bekerja dengan produktivitas yang optimal dan pengangkutan itu bergantung untuk dikerjakan. Jarak juga digunakan sebagai parameter untuk menentukan *front* kerja alat. Dengan diketahui jarak tersebut, kita juga dapat mengestimasi kebutuhan *hauler*. Dimana perhitungan jumlah *hauler* juga akan mempengaruhi produktivitas. Jumlah *hauler* yang tepat maka akan dapat meminimalisir waktu saat antrian.

Produktivitas dari alat angkut secara umum dipengaruhi oleh jumlah pengisian material oleh alat gali muat dan kapasitas *bucket* alat gali muat sehingga didapatkan kapasitas *vessel* dari alat angkut, faktor koreksi pengisian *bucket*, *swell factor*, efisiensi kerja, dan *cycle time*. Produktivitas alat angkut (Tenriajeng, 2003) persamaan (12-14)

$$Q_{dt} = \frac{Kb \times n \times BFF \times Sf \times Eff \times 3600}{Ct} \dots\dots\dots 12$$

$$\text{Produksi/Bulan} = Q_{es} \times PA \times UA \times \text{Jam} \times \text{Jumlah DT} \dots\dots\dots 13$$

$$\text{Produksi/Bulan} = Q_{es} \times EU \times \text{Jam} \dots\dots\dots 14$$

Keterangan :

- Q_{dt} = Produktivitas alat angkut (BCM/jam)
- n = Jumlah Pemuatan *bucket* (m3)
- Kb = Kapasitas *bucket* dari spesifikasi alat (m3)
- Sf = *Swell factor* (%)
- BFF = *Bucket Fill Factor* (%)
- Eff = Efisiensi kerja alat (%)
- Ct = Waktu edar alat muat/*excavator*, (detik)

2.3.3 Rencana Kebutuhan Alat Tambang Utama

Rencana kebutuhan alat yang digunakan dalam memenuhi target produksi persatuan waktu dapat ditentukan dengan alat yang digunakan dan produktivitas alat mekanis tersebut.

1. Rencana Kebutuhan Alat Berdasarkan Cycle Time

Waktu edar (*cycle time*) merupakan waktu siklus yang terjadi secara berulang yang diperlukan alat untuk memulai aktivitas dari gali (*digging*) sampai dengan muat (*loading*) untuk backhoe ataupun power shovel atau aktivitas pengisian

(loading), pengangkutan (hauling) serta memposisikan alat (manuver) untuk truk dan sejenisnya. Selain daripada aktivitas-aktivitas tersebut terdapat juga delay time atau waktu tunda saat terjadi antrian ketika kegiatan pengisian atau pemuatan berlangsung. Perhitungan Kebutuhan alat tambang utama berdasarkan *cycle time* dari alat gali-muat dan angkut bisa di hitung dari rumus keserasian (*match factor*) sebagai berikut (Prodjosumarto, 1996).

$$MF = \frac{n \times Nh \times Ctm}{Nm + Cta} \dots\dots\dots 15$$

Keterangan :

- MF = Faktor keselarasan (*Match Factor*)
n = Jumlah pemuatan *bucket*
Nh = Jumlah alat angkut
Ctm = Waktu edar alat muat (detik)
Nm = Jumlah alat muat
Cta = Waktu edar alat angkut (detik)

Tabel 4. Match Factor

Nilai <i>Match Factor</i>	Keterangan
MF>1	Dalam keadaan sibuk, faktor kerja alat muat 100 % sedangkan alat angkut kurang dari 100 % sehingga alat angkut menunggu
MF<1	Dalam keadaan sibuk, alat muat bekerja kurang dari 100 % sehingga alat muat menunggu keadaan ini dan menunjuk kan faktor kerja alat angkut 100 %
MF=1	Keserasian kerja yang sempurna sehingga tidak ada waktu tunggu diantara keduanya

Sumber : Projosumarto, 1996

2.5 Penjadwalan Tambang (*Mine Scheduling*)

Penjadwalan produksi batubara termasuk dalam tahap perancangan tambang. Perancangan tambang biasanya dimaksudkan sebagai bagian dari proses perencanaan tambang yang berkaitan dengan masalah geometric. Beberapa pengertian penjadwalan menurut para ahli;

1. Penjadwalan produksi adalah proses pengalokasian sumber daya dan mesin untuk melakukan semua pekerjaan dengan mempertimbangkan kendala yang

ada (Arifin & Rudyanto, 2010).

2. Penjadwalan adalah proses menugaskan mesin yang ada untuk melakukan tugas dalam jangka waktu tertentu (Baker & Trietsch, 2009).

Kegiatan penjadwalan memiliki tujuan mengurangi atau meminimalisir keterlambatan pekerjaan agar dapat selesai dalam waktu tertentu sesuai rencana. Produktivitas alat juga dapat meningkat karena adanya penjadwalan karena berkurangnya waktu menganggur. Semakin meningkatnya produktivitas alat maka semakin kecil juga waktu tunggu.

Perancangan tambang biasanya dimaksudkan sebagai bagian dari proses perencanaan tambang yang berkaitan dengan masalah-masalah geometrik. Proses perancangan tambang mencakup beberapa pekerjaan antara lain perancangan batas akhir penambangan, penentuan tahapan penambangan, penentuan urutan penambangan tahunan atau bulanan, penjadwalan produksi (*mine scheduling*) dan perancangan timbunan (Bargawa, 2018). Penjadwalan tambang bertujuan untuk membuat suatu rencana produksi tambang yang akan menghasilkan *tonase* pada tingkat produksi yang telah ditentukan dengan berdasarkan *stripping ratio* yang ekonomis ditambang.

Teori *strip*, *panel*, dan blok dijumpai pada rancangan penambangan endapan batubara. *Panel* berupa masing-masing pit dibagi menjadi *panel-panel* yang melintang misalnya dari arah barat ke timur. *Strip* berupa setiap *panel* yang dibagi lagi menjadi *strip-strip* yang dibuat tegak lurus garis *panel*. Blok merupakan perpotongan antara *panel* dan *strip* (Bargawa, 2018).

Proses *mine scheduling* bisa dilakukan secara *manual* dan *trial & error*. Tahap awal dari *mine scheduling* di sini adalah pembuatan *master scheduling* atau *pit limit* yang merupakan *development bench* yang bentuknya disesuaikan dengan blok-blok, elevasinya disesuaikan dengan perkiraan target elevasi. *Surface master scheduling* bentuknya tetap, elevasinya disesuaikan mengikuti *schedule & target* penambangan. *Design scheduling* dari suatu periode merupakan hasil *intersect* antara *master scheduling* dengan topografi dan master *pit* disain.

1. Pemilihan Alat

Berdasarkan hasil penjadwalan produksi, kemudian dihitung kebutuhan alat untuk setiap periode waktu (*Unit Loader*, *Hauler* maupun unit *support* yang

akan dipakai).

2. Perancangan *Pushback*

Perancangan *pushback* yaitu merancang penjadwalan dalam *pit* yang membagi keseluruhan *pit* menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sesuai batasan waktu operasional

3. Penjadwalan Produksi

Membuat perhitungan produksi baik batubara maupun *overburden* material, dilakukan per jenjang mengikuti urutan *pushback* sampai mendapatkan produksi batubara baik secara *tonnage* maupun kualitas. Hasilnya akan dipakai menentukan jadwal produksi yang memberikan tingkat produksi dan kualitas terbaik.

2.6 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. Penanganannya ini terbagai dua jenis yakni *mine drainage* dan *mine dewatering*. Air dilokasi tambang bisa berasal dari air bawah tanah dan air permukaan. Penanganan 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.

2.6.1 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 mempengaruhi banyak sedikitnya air tambang.

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 jumlah maksimal setiap tahun berpengaruh dalam analisis data dan *partial duration series*. (Soewarno, 1995).

2.6.2 Periode Ulang Hujan Dan 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 data curah hujan adalah metode distribusi ekstrim, atau dikenal dengan metode distribusi Gumbel (Suwandhi, 2004).

Perkiraan nilai curah hujan rencana dapat ditentukan dengan *Formula Extreme Value E.J Gumbel* (Persamaan 19) (Soewarno, 1995).

$$X_t = \bar{x} + \frac{S}{S_n} (y - y_n) \dots\dots\dots 19$$

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 :

$$\bar{x} = \frac{\sum CH}{n} \dots\dots\dots 20$$

Keterangan :

$\bar{x}$ = Rata-rata nilai data

$\sum CH$ = Jumlah nilai data

n = Jumlah data

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 21$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

$\bar{x}$ = 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):

$$Y_t = -\ln [-\ln \{T-1\}] / T \dots\dots\dots 22$$

Keterangan :

Y_t = Koreksi varians

T = Periode ulang hujan

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

$$Y_n = -\ln \left[-\frac{\{n+1-m\}}{n+1} \right] \dots\dots\dots 23$$

Keterangan :

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

n = Jumlah data

m = Urutan data (1,2,3)

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

$$S_n = \sqrt{\sum (Y_n - Y_N) / (n-1)} \dots\dots\dots 24$$

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

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 pengamatan curah hujan yang terjadi.

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots 25$$

Keterangan :

R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (mm/hari)

T = Durasi hujan rencana (jam)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

Tabel 5. 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

2.5.3 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, 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 menggunakan peta rencana penambangan dan peta situasi tambang. Daerah tangkapan hujan dibatasi oleh pegunungan dan bukit-bukit diperkirakan air hujan sementara (Soewarno, 1995).

2.6.4 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 dan Ramli, 2013). Laju aliran air limpasan bisa diketahui dengan

persamaan metode rasional berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots 26$$

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 6. Harga koefisien limpasan

Kemiringan	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
Datar	Persawahan, rawa-rawa	0,2
Kemiringan < 3%	Hutan, perkebunan	0,3
	Pemukiman	0,4
Agak miring (3-15%)	Hutan, perkebunan	0,4
	Pemukiman	0,5
	Vegetasi ringan	0,6
	Tanah gundul	0,7
Curam	Hutan	0,6
	Pemukiman	0,7
	Vegetasi ringan	0,8
	Tanah gundul, penambangan	0,9

Sumber: Suwandhi, 2004

2.6.5 Kolam pengendapan (*sump*)

Sump atau sering disebut dengan kolam penampung merupakan tempat yang dibuat untuk menampung air sebelum 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 topografi kemajuan tambang (Suwandhi, 2004).

$$V = Q \times t \dots\dots\dots 27$$

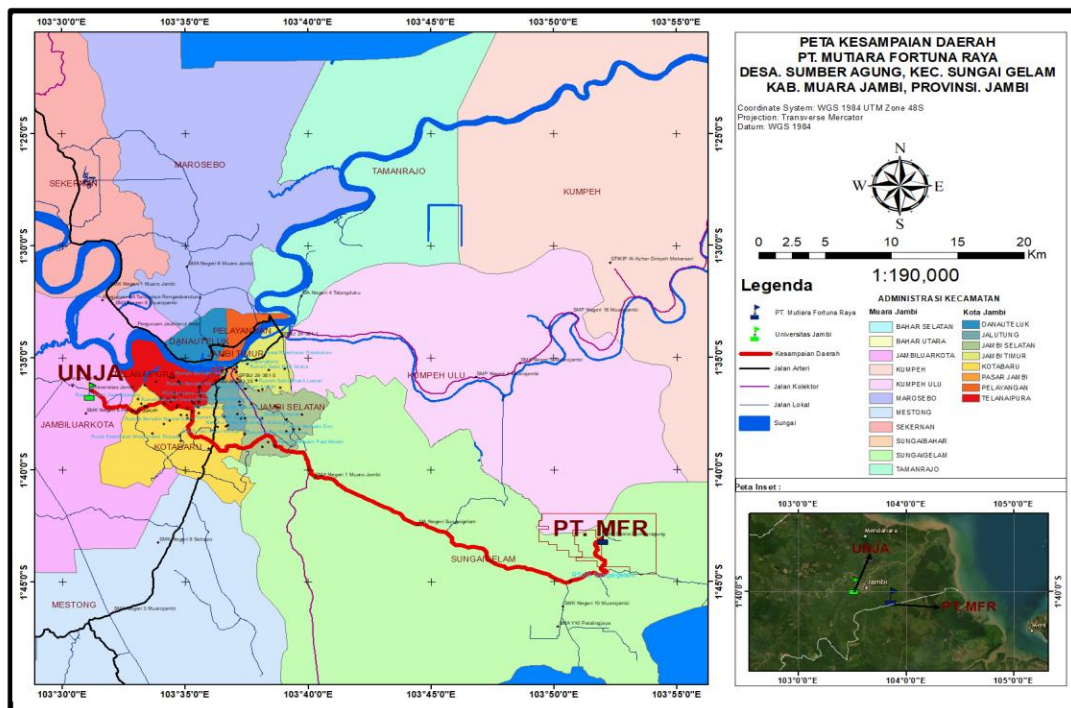
Keterangan:

- V = Volume *sump* rekomendasi (m³)
 Q = Debit air yang masuk waktu dengan konsentrasi selama 3 hari (m³)
 T = Durasi hujan (jam/hari)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian dan Kesampaian Daerah

Penelitian dilaksanakan di PT. Mutiara Fortuna Raya yang terletak di Desa Sumber Agung, Kecamatan Sungai Gelam, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Lokasi penelitian tepatnya berada di Desa Sumber Agung dimana sebelah timur berbatasan dengan wilayah sumber agung. Lokasi penelitian dapat dicapai dengan menempuh jalur darat melalui jalan provinsi yang berjarak ± 46 Km dengan waktu tempuh sekitar $\pm 1,5$ jam menggunakan kendaraan roda dua dari Universitas Jambi. Adapun waktu pelaksanaan kegiatan penelitian ini dilakukan selama dua bulan yaitu pada 12 November 2022 sampai dengan 12 Januari 2023 di PT. Mutiara Fortuna Raya. Peta kesampaian daerah yang diolah menggunakan *software mapping* dapat dilihat di gambar 7.



Gambar 7. Peta Kesampaian Daerah

(Sumber : Penulis, 2023)

3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dari tanggal 12 November 2022 sampai dengan 12 Januari 2023. Jadwal pelaksanaan kegiatan tersebut dilaksanakan sesuai pengajuan jadwal kegiatan oleh peneliti ke PT. Mutiara Fortiuna Raya. Sedangkan

selama dilapangan peneliti melaksanakan kegiatan Studi literature, pengambilan data, pengolahan data, penyusunan laporan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Nov 2022			Des 2022			Jan 2022			Feb 2023			Mar 2023			Keterangan
		Minggu			Minggu			Minggu			Minggu			Minggu			
		Ke-			Ke-			Ke-			Ke-			Ke-			
		2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Studi Literatur																Mempelajari teori berkaitan dengan materi melalui buku, jurnal dan beberapa sumber lain yang terkait dengan penelitian
2	Pengambilan Data																Melakukan pengambilan data yang dibutuhkan dalam penelitian
3	Pengolahan Data																Melakukan pengolahan data hasil penelitian
4	Penyusunan Laporan																Melakukan penyusunan laporan terkait penelitian

3.3 Metode Penelitian

Rancangan penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan literatur dan data-data lapangan yang berkaitan dengan penelitian sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Selanjutnya dilakukan pengolahan data, analisis

data sehingga didapatkan kesimpulan hasil penelitian. Berikut ini merupakan urutan pekerjaan penelitian yang akan dilakukan:

3.3.1 Studi Literatur

Mengumpulkan informasi-informasi yang berhubungan dengan penelitian, baik dari buku materi acuan, buku diktat kuliah, buku diktat dari perpustakaan di perusahaan, jurnal yang terkait, dokumen-dokumen yang bisa didapatkan dari perusahaan, dan laporan dari penelitian-penelitian sebelumnya mengenai:

1. Perencanaan tambang terbuka (*Open pit mine planning and design*)
2. Perencanaan kebutuhan dan kapabilitas alat (*Forecast*)
3. Perencanaan penjadwalan tambang (*Mine Scheduling*)

3.3.2 Pengambilan Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil langsung dari lapangan seperti:

1. Kondisi material *pit* dan *disposal* aktual

Kondisi material didasarkan atas jenis material dan sifat material yang menjadi tolak ukur dalam racangan.

2. Morfologi *pit*

Morfologi *pit* terkhususkan dalam pengamatan secara langsung kondisi permukaan tambang seperti sungai, rawa, dataran tinggi, dataran rendah, dll.

Waktu siklus adalah waktu yang dipergunakan alat untuk menyelesaikan suatu kegiatan dari gerakan awal sampai ke gerakan awal lagi.

1. Pencatatan Waktu Siklus Alat Muat

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan *excavator* untuk melakukan kegiatan pemuatan ke dalam *dump truck*. Adapun pencatatan yang dilakukan:

- a. Waktu gali adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk menggali material (detik).
- b. Waktu *swing* isi adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk mengangkat material ke *dump truck* (detik).
- c. Waktu bongkar adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk membongkar material (detik).
- d. Waktu *swing* kosong adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk kembali ke tempat pemuatan material semula (detik).

2. Pencatatan waktu siklus alat angkut

Sebelum mencatat waktu siklus alat angkut, tentukan dulu alat apa yang akan diambil datanya. Waktu siklus alat angkut adalah waktu yang diperlukan oleh alat angkut untuk menyelesaikan suatu gerakan awal ke gerakan awal lagi. Gerakan yang dilakukan oleh alat angkut dalam satu siklus yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan produktivitas adalah (Indonesianto, 2011):

- a. Waktu Tunggu adalah waktu menunggu alat angkut untuk di muat *excavator*.
- b. *Manuver* adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk gerakan membelok, mundur dan mencari posisi yang sesuai untuk membuang material.
- c. Waktu muat (*loading*) adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memuat material kedalam *dump truck*.
- d. Waktu angkut (*hauling*) adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengangkut material dari area penambangan ke tempat penumpukan/penyimpanan material.
- e. *Manuver loading* adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk gerakan membelok, mundur dan mencari posisi yang tepat untuk di muat oleh *excavator*.
- f. Waktu bongkar (*dumping*) adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk membuang/menumpahkan muatan di *disposal area*.
- g. Waktu kembali (kosong) adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke tempat pengisian.

3.3.3 Pengambilan Data sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (pihak perusahaan).

1. Data topografi
2. Data situasi tambang
3. Desain *pit* dan *inpit dump* tahun 2023
4. Data rencana produksi
5. Data rekomendasi geoteknik
6. *Schema Project*
7. IUP

8. Jam Kerja
9. Data curah hujan
10. Spesifikasi Alat Tambang Utama dan Pendukung
11. *Standart Parameter Operation*
12. Data Geologi

3.3.4 Teknik Pengolahan Data

Data yang diperoleh di lapangan berupa data survei yang menunjukkan situasi topografi dari area tambang. Data tersebut kemudian diolah menjadi peta topografi tambang terbuka. Hasil pengolahan data berupa peta topografi ini kemudian diolah bersamaan dengan *schema design pit* dan *inpit* menggunakan *software* pertambangan untuk mendapatkan tonase batubara dan volume *overburden* yang terdapat pada *pit* area penambangan sampai dengan *pit limit* penambangan. Dari volume yang telah didapat, penyusunan *scheduling* penambangan dapat direncanakan sampai dengan terpenuhinya kesesuaian *material balance*. Melalui data *Standart Parameter Operation* yang dipadukan dengan kapasitas dan alokasi *fleet* yang tepat untuk ketercapaian target produksi serta target *productivity* unit tersebut dengan demikian penjadwalan penambangan/*mine scheduling* yang tepat bisa didapatkan.

3.3.5 Teknik Analisis Hasil

Pemecahan masalah-masalah dilakukan berdasarkan pada analisa terhadap data yang diperoleh di lapangan dengan berpegang pada literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah tersebut. Hasil dari pengolahan data ini akan dihasilkan jumlah batubara dan *overburden* dari disain tahun 2023, rencana kapabilitas dan kebutuhan alat tambang, disain *disposal* dan penjadwalan penambangan.

1. Perhitungan estimasi batubara dan *Overburden*

Batubara kalori tinggi dimana nilai *moisture* rendah, perbedaan antara *relative density* hasil perhitungan laboratorium dengan *in situ relative density* tidak terlalu *significant*. Untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi dan mendekati aktual, dalam menghitung estimasi batubara harus menggunakan *insitu relative density*, terutama untuk batubara kalori rendah dimana perbedaan nilai *relative density* hasil lab dengan *insitu relative density* cukup

signifikan. *In situ relative density* didapat dengan cara mengkonversi menggunakan formula Preston Sander.

Perhitungan estimasi batubara dan *overburden* akan dihitung menggunakan *software* pertambangan, yang akan dilakukan menggunakan menu *reserve* metode *solid* yang dimana menggunakan *sample density* 0,1. Pada umumnya perhitungan batubara dan *overburden* menggunakan metode *solid* dan *polygon*, namun pada penelitian ini metode yang dipilih yaitu metode *solid* yang lebih akurat berdasarkan *quality* yang diberikan dan mengikuti *prosuderal* dimana dalam mengitung cadangan *pit* menggunakan *solid* dalam *software* pertambangan pada umumnya membuat *batter block* terlebih dahulu sehingga perhitungan yang lebih baik dapat disimpulkan menggunakan *solid*.

2. Rencana Kebutuhan Peralatan Mekanis Tambang

Alat mekanis yang tersedia di perusahaan akan dihitung kemampuan produktivitasnya. Dalam perhitungan produktivitas banyak parameter yang perlu di rencanakan seperti jam kerja efektif tahunan berserta hambatannya. Perhitungan rencana kebutuhan alat mekanis bisa dihitung dengan waktu edar (*cycle time*), dan juga bisa dihitung dengan target produksi.

Target produksi bisa didapat dari pembeli (*buyer*) dan dari kemampuan alat tambang utama. Target produksi ditentukan dari kemampuan alat tambang utama. Setelah didapatkan alokasi *fleet* setiap alat mekanis dan produktivitasnya maka dapat dijadwalkan penambangan.

3. Rancangan penambangan

Rancangan penambangan merupakan salah satu bagian penting dalam perencanaan kegiatan penambangan dengan tujuan tercapainya target produksi yang diinginkan dan memberikan gambaran mengenai rencana kemajuan penambangan pada suatu periode waktu. Oleh karena itu perlu dibuat rancangan penambangan triwulan, rancangan penambangan yang akan dilakukan di tahun 2023 dibagi menjadi 4 triwulan yaitu triwulan I, triwulan II, triwulan III dan triwulan IV.

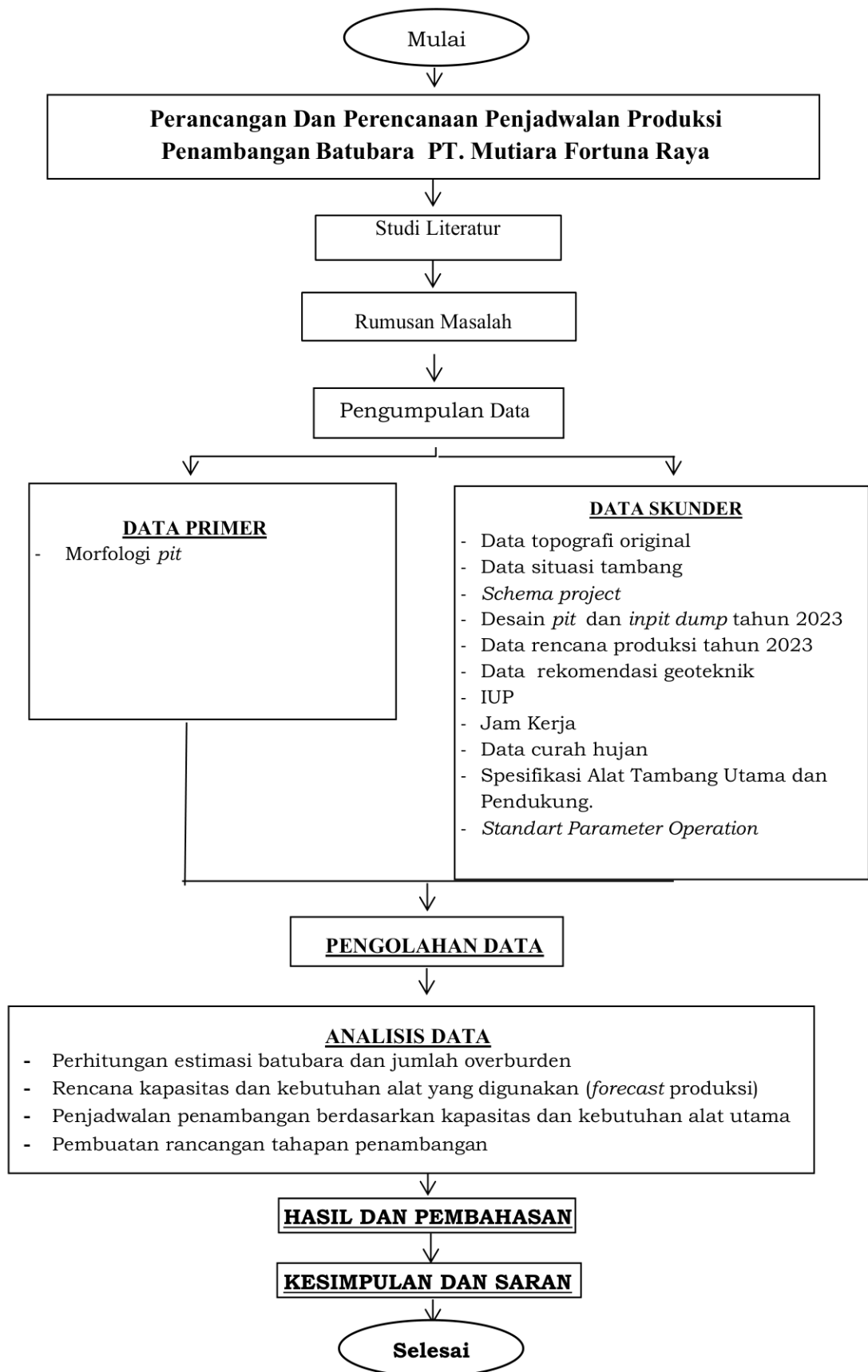
Beberapa referensi dalam penggunaan istilah memiliki perbedaan seperti metode *Block* dijumpai pada rancangan penambangan batubara *pit design* jangka panjang dibagi-bagi menjadi ukuran kecil sesuai *block* dan *strip* yang

ditetapkan. Rancangan penambangan yang akan dilakukan dengan 2 metode yaitu *panel* dan *strip*. *Block* atau *panel* merupakan garis yang dibuat searah dengan kemiringan (*dip*) batubara dan memotong arah kemenerusan batubara (*strike*). *Strip* merupakan garis yang dibuat searah dengan kemenerusan batubara (*strike*) dan memotong kemiringan (*dip*) batubara. Konsep dasar rancangan penambangan dimulai dari hasil penjadwalan produksi kemudian membuat blok penambangan. Blok penambangan disesuaikan dengan dimensi alat-alat tambang yang direncanakan. Rancangan penambangan berhubungan erat dengan geometri sehingga kegiatan teknis berpengaruh besar di rancangan penambangan.

4. Penjadwalan Penambangan

Penjadwalan produksi penambangan direncanakan jangka menengah. Proses penjadwalan jangka menengah dilakukan untuk mencapai target produksi tahun 2023 yang diolah dengan *software* pertambangan untuk mendapatkan titik koordinat. Penjadwalan penambangan untuk pencapaian target produksi tahun 2023 akan terbagi menjadi 4 triwulan. Topografi original menjadi base surface penambangan yang dimana skenario penjadwalan penambangan didasarkan dari metode *strip*, *panel* dan blok yang akan dipilih metode yang lebih optimal dalam pencapaian target produksi di tahun 2023. Bentuk penjadwalan penambangan yang berupa blok penambangan akan didesain menjadi *sequence*. Setiap disain tahunnya akan dibuat *solid pit* dan dihitung *reserve* untuk proses penjadwalan triwulan.

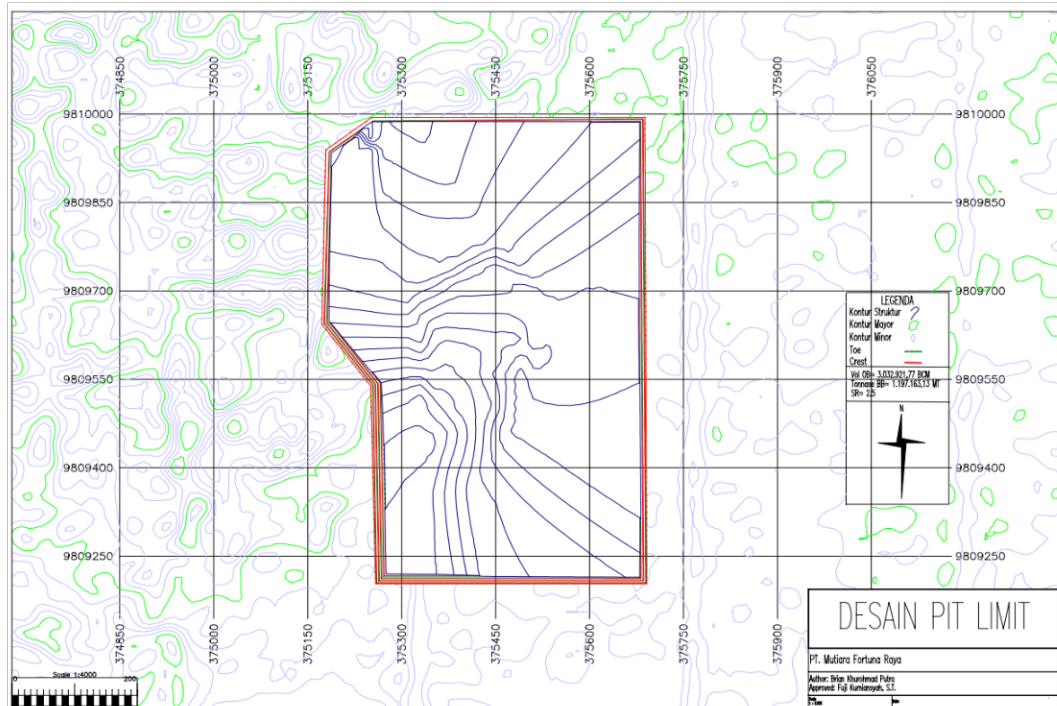
Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam menganalisa data yang diperoleh dapat dilihat pada bagan alir berikut ini.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Estimasi Batubara dan Volume *Overburden*

Kualitas batubara di *pit* 3 PT. Mutiara Fortuna Raya merupakan batubara muda atau *lignite* dengan nilai kalori *As Received* Basis (ARB) 2.808 KCAL/Kg sedangkan untuk *Air Dried* Basis (ADB) 4.903 KCAL/Kg, yang dimana batubara *pit* 3 ini akan digunakan sebagai *coal blending*. *Pit* 3 di rencanakan akan melakukan penambangan dengan SR 2.53 sesuai desain *Pit limit* yang telah dilakukan kajian keekonomisan dimana bagian paling bawah *pit* (*bottom pit*) dibatasi oleh *floor seam* paling bawah batubara yaitu *seam* B. Untuk total cadangan *final pit* (*pit reserve*) di desain *pit limit* yaitu 1.197.163 MT sedangkan *overburden* 3.032.921 BCM untuk gambar desain *pit limit* dapat dilihat di gambar 8 dan lampiran 3.



Gambar 8. *Pit Limit*

(Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya, 2022)

Cadangan yang akan digunakan dalam penjadwalan di tahun 2023 yaitu cadangan di dalam desain tahun 2023 yang masuk dalam Rencana Kerja Dan anggaran Biaya (RKAB) tahun 2023. Dalam perhitungan estimasi batubara dan volume *overburden* tahun 2023 dilakukan dengan cara menggunakan data *design pit* tahun 2023 yang sudah dibuat oleh perusahaan dalam *schema project software*

tambang. Berdasarkan *design pit* tahun 2023 selanjutnya dilakukan perhitungan estimasi cadangan dengan cara membagi area yang berada dalam *design pit* tahun 2023 dengan membuat blok-blok penambangan.

Pembuatan blok dilakukan dengan membentuk ukuran 50 m x 50 m dan jika blok penambangan terlalu kecil atau luasan kurang dari 1.000 m² atau 0,1 Ha maka akan digabungkan dengan blok disebelahnya, yang dimana blok ini mewakili geometris blok-blok tambang yang ditentukan dengan mempertimbangkan kemampuan alat, faktor geoteknik, keamanan dan kemudahan operasional dalam Penambangan, untuk gambar blok-blok penambangan dari desain *pit* tahun 2023 dapat dilihat di gambar 9.

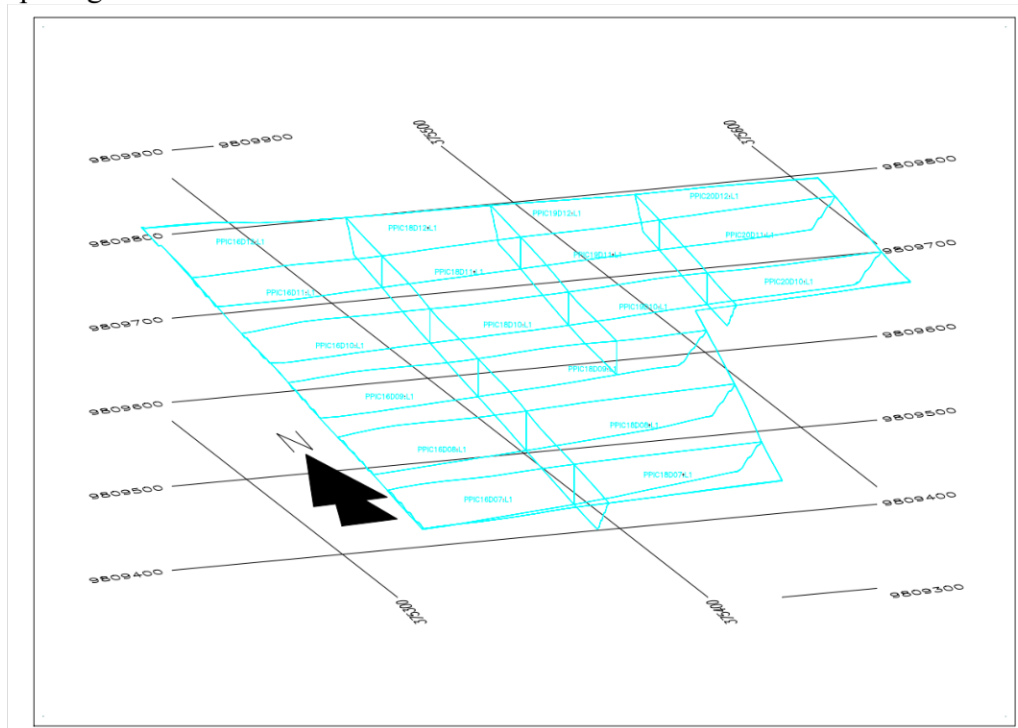


Gambar 9. Batterblok (Blok) Pit Tahun 2023

(Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya, 2022)

Estimasi cadangan merupakan bagian terpenting dalam perencanaan tambang sebagai langkah awal pada proses penjadwalan tambang. Persiapan dalam perhitungan evaluasi cadangan berupa *panel* dan *strip* yang mencakup kuantitas dan kualitas cadangan *pit* yang menghasilkan batasan optimal *pit*. Untuk mendapatkan hasil yang akurat maka paling tidak penaksiran dilakukan dengan dua cara perhitungan yaitu *reserve solid* dan *reserve poligon* dari kedua perhitungan didapatkan deviasi kurang lebih satu persen, namun dalam penelitian ini digunakan

reserve solid karena dalam perhitungannya peneliti dapat melihat *missing area* sebelum melakukan perhitungan cadangan dengan demikian dapat dikatakan perhitungan solid lebih akurat. Kemudian setelah adanya blok-blok penambangan maka kita membutuhkan *top surface* dan *bottom surface* dari desain yang telah dibuat untuk pembuatan *solid* dalam metode *reserve solid grouping*. Untuk cadangan *pit* tahun 2023 sendiri menggunakan *topografi original* sebagai *top surface* dan desain *pit* tahun 2023 menjadi *bottom surface* sehingga terbentuk solid seperti gambar 10.



Gambar 10. Solid Pit Tahun 2023

(Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya, 2022)

Setelah *solid* desain *pit* tahun 2023 terbentuk maka dapat dilakukan perhitungan dengan metode *reserve solid grouping* menggunakan *sampling density* 0,1 yang dimana perhitungan ini dilakukan menggunakan *software* pertambangan. Estimasi cadangan batubara harus dimasukkan *losses* yang muncul pada saat batubara ditambang pada proses *clean up* batubara, pemuatan batubara di *loading point* dan pengangkutan batubara yang dimana dalam penelitian ini menghitung *losses clean up* dan *losses* batubara tidak *pit* setiap layer batubara (*seam* batubara) nilainya direkomendasikan oleh perusahaan yaitu *losses* 20 cm dengan pengurangan ketebalan 10 cm untuk *roof* dan 10 cm *floor* digunakan untuk setiap

seam yaitu *seam* A dan B. Hasil dari perhitungan cadangan menjadi dasar dalam evaluasi studi kelayakan. Hasil perhitungan cadangan dapat dilihat di tabel 8.

Tabel 8. Volume *Overburden* dan Estimasi Cadangan *Pit* Tahun 2023

<i>Overburden</i> (BCM)	385.390
<i>Coal</i> (MT)	180.518
SR	2,13

4.2 Rancangan Penambangan

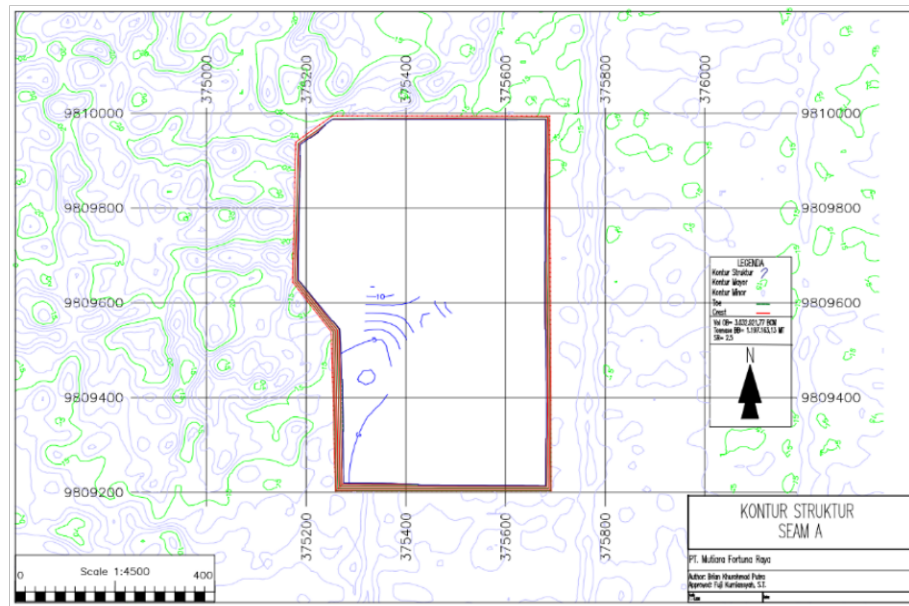
Rancangan penambangan dibutuhkan kajian teknis dalam membuat bentuk tambang untuk keselamatan pekerja dan perolehan yang sesuai. Dalam merancang bentuk penggalian tambang batubara diharapkan dapat menghasilkan gambaran yang optimal. Dalam kajian teknis rancangan dapat memuat keadaan endapan, morfologi, *geoteknik* dan lain-lain

4.2.1 Keadaan Endapan dan Morfologi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi keekonomian dalam industri pertambangan diantaranya keadaan endapan dan morfologi. Dalam dunia pertambangan sebelum melaksanakan kelayakan tambang ada beberapa kajian yang harus diamati. Keuntungan yang besar dengan *cost* yang minim merupakan sasaran utama dalam berbisnis. Dalam proses penambangan jika dilakukan kajian keekonomian maka semakin penggalian mendekati area *down dip* maka semakin besar *cost* dalam penggalian.

Keadaan endapan bahan galian yang melingkupi geometri endapan menjadi hal terpenting dalam pengamatan. Kedudukan batubara yang berupa arah lapisan (*strike*) dan kemiringan lapisan (*dip*) dapat diamati secara langsung dilapangan, namun sering juga bahan galian tidak tersingkap sehingga diperlukan pengamatan lanjutan seperti menggunakan *logging* dan *drilling*. Untuk kedudukan lapisan batubara di rencana penambangan *pit* 3 PT. Mutiara Fortuna Raya terdapat 2 lapisan batubara *seam* A dan B dengan *strike* dan *dip* untuk *seam* A dan B yaitu N 160° E / 2°, sehingga dapat dikatakan endapan batubara di *pit* 3 relatif cukup datar. Batubara di *pit* 3 memiliki ketebalan untuk *seam* A rata-rata 60 cm namun untuk *seam* A ketika dikorelasikan diperkirakan terdapat banyak zona *washout* (terkikisnya suatu lapisan) dan untuk *seam* B rata-rata 4,5 m berdasarkan data

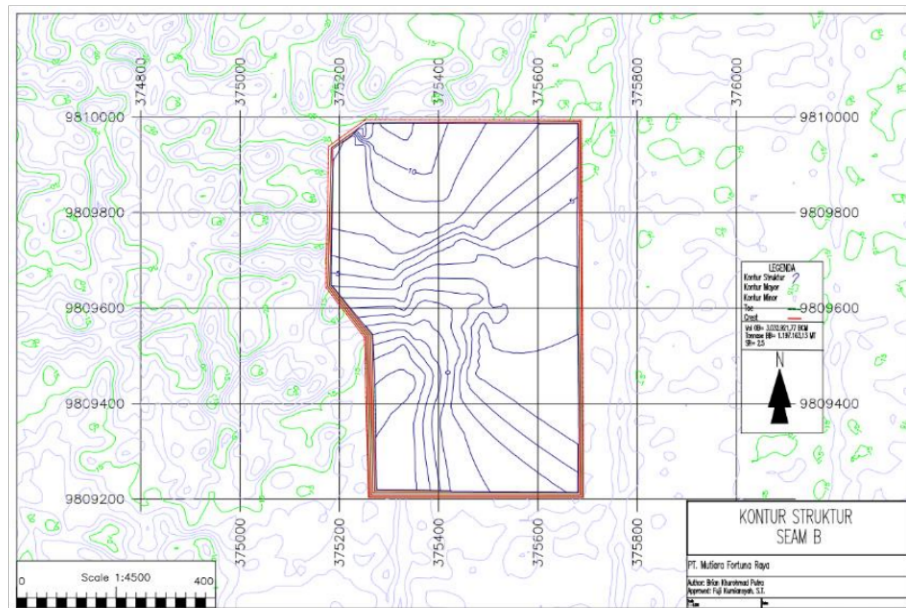
pengeboran yang telah dilakukan Endapan *pit 3* berada di formasi Muara Enim yang dimana secara tidak langsung memungkinkan terdapat endapan batubara.



Gambar 11. Kontur Struktur *Seam A*

(Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya, 2022)

Dari gambar 11 dapat dilihat bahwa kontur struktur lapisan batubara *seam A* tidak menerus mengikuti bentuk dari desain *Pit Limit*, dengan demikian secara kuantitas *seam A* bukan menjadi *seam* utama dalam penambangan di *pit 3*. Cadangan *Pit seam A* dalam *pit limit* hanya berjumlah 53.727 MT.



Gambar 12. Kontur Struktur *Seam B*

(Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya, 2022)

Gambar 12 menggambarkan bentuk kontur struktur lapisan batubara *seam* B yang menjadi *seam* utama atau target *seam* penambangan di *pit* 3 PT. Mutiara Fortuna Raya dengan estimasi cadangan *pit* 1.143.436 MT, dengan ketebalan rata-rata 4,5 m. Gambar diatas menggambarkan bentuk atau kedudukan dari lapisan batubara *seam* B berupa *floor* batubara. Cara lain yang dapat menggambarkan kedudukan batubara yaitu dengan melihat *line section* atau sayatan penampang. Sayatan penampang (*line section*) merupakan garis sayatan yang menggambarkan area yang ingin disayat yang umumnya ditampilkan dalam 2 dimensi namun bisa juga dalam bentuk 3 dimensi untuk kepentingan *user*, dalam pembuatan sayatan tidak ada aturan yang tertera namun harus tertampil secara teknis.

Morfologi di area *pit* 3 memiliki karakteristik bentang alam yang landai dengan titik tertinggi di 20 m dan titik terendah 13 m. Dengan tanah penutup berupa gambut dengan ketebalan rata-rata 2-3 m yang diindikasikan material yang mudah menyerap air dan banyak menyimpan air, hal ini menjadi salah satu pertimbangan dalam aktivitas penambangan. Sehingga di area sekitar banyak saluran air (*drainage*) yang dibuat baik dari PT. Mutiara Fortuna Raya maupun dari warga sekitar. Vegetasi di sekitar area berupa pohon sawit yang berusia lebih kurang 15 tahun.



Gambar 13. Penampakan Aktual Morfologi

Situasi kerja di area *pit* untuk tahun 2023 berada di *latitude* $1^{\circ} 43' 16.069''$ S sampai $1^{\circ} 43' 25.324''$ S dan *longitude* $-109^{\circ} -52' -45.43''$ W sampai $-109^{\circ} -52' -52.984''$ W. Luas rencana kerja *pit* 3 tahun 2023 yaitu 4,8 Ha, yang dimana letaknya berada di tengah desain *pit limit* yang dibuat oleh perusahaan. Penggalian menggunakan metode penambangan *strip mining* dengan jenis *box cut*, dimana penggalian ini dilakukan dengan menimbun area *mine out pit* 2. Salah satu alasan lainnya mengapa menggunakan *box cut* yaitu penambangan ini tergantung dengan area pembebasan lahan.

4.2.2 Geoteknik Lereng

Kajian *Geoteknik* dilakukan dengan pengujian laboratorium atau lapangan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik material yang teramati, hasil dari kajian ini digunakan dalam perencanaan dan perancangan tambang. Parameter hasil pengujian nantinya akan digunakan dalam pembuatan *geoteknik* lereng yang dimana sesuai dengan faktor keamanan untuk keselamatan pekerja dimana FK tidak boleh kurang dari 1 sesuai dengan regulasi pemerintah, untuk ketentuan PT.Mutiara Fortuna Raya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Rekomendasi Data Perusahaan

<i>Pit</i>	<i>Inpit Disposal</i>
Lereng tunggal (<i>single slope</i>):	Lereng tunggal (<i>single slope</i>):
-tinggi= 4m	-tinggi= 4m
-lebar= 1m	-lebar= 4m
-sudut lereng= 60°	-sudut lereng= 53°
Lereng keseluruhan (<i>overall slope</i>):	Lereng keseluruhan (<i>overall slope</i>):
-sudut lereng= 52°	-sudut lereng= 35°

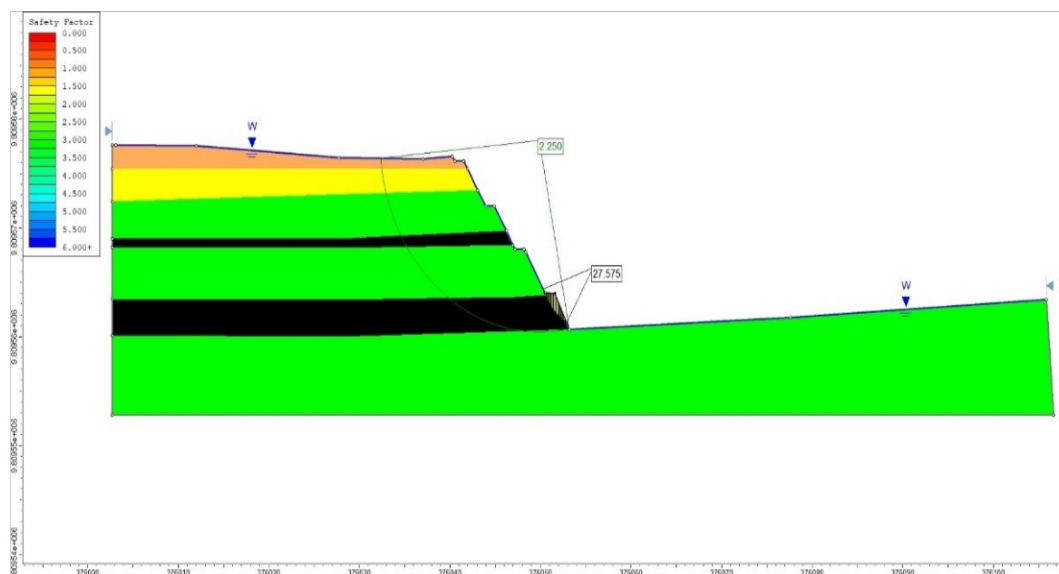
Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya

Analisis dilakukan terhadap rancangan desain *pit* tahun 2023 dengan tujuan untuk mencari nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK). Analisis dilakukan dengan membuat section di area *Highwall* serta berdasarkan parameter material properties yang diperoleh dari data uji laboratorium pada Tabel 10. Lereng *highwall* aktual pada keadaan kondisi air tanah jenuh (*full saturated*). Hasil analisis lereng aktual menunjukkan menunjukkan bahwa lereng keseluruhan (*overall slope*) stabil, dengan nilai faktor keamanan $FK = 2,250$.

Tabel 10. Material Propertis

Nama Material	Parameter	Mean
<i>Claystone</i>	Kohesi (Kpa)	110
	Sudut geser dalam ($^{\circ}$)	23.6
	Unit weight / wet (Kn/m ³)	21.3
<i>Coal</i>	Kohesi (Kpa)	184
	Sudut geser dalam ($^{\circ}$)	39.3
	Unit weight / wet (Kn/m ³)	13
<i>Sandstone</i>	Kohesi (Kpa)	85
	Sudut geser dalam ($^{\circ}$)	28.4
	Unit weight / wet (Kn/m ³)	22.1
<i>Soil</i>	Kohesi (Kpa)	60
	Sudut geser dalam ($^{\circ}$)	17.7
	Unit weight / wet (Kn/m ³)	23

Sumber : PT. Mutiara Fortuna Raya



Gambar 14. Faktor keamanan kondisi jenuh area high wall

Jenjang kerja (*working bench*) merupakan area kerja dimana alat gali, muat dan angkut akan bekerja memindahkan material yang ada baik batubara ataupun *overburden*. Lebar dan luas jenjang kerja memiliki aturan yang dimana itu menyesuaikan alat mekanis yang akan digunakan di area kerja. Untuk lebarnya bergantung dengan alat angkut yaitu *turning radius* dari alat angkut. Lebar *working bench* yaitu 3 kali lebar alat angkut terbesar ditambah 3 meter, untuk PT. Mutiara Fortuna Raya 3 model alat angkut yang akan digunakan di *pit* 3 yaitu Hino FM 260 JD. Pembuatan *working bench* harus sesuai dengan regulasi pemerintah setidaknya

7 hari produksi aturan tersebut tercantum dalam regulasi pemerintah yang digunakan sebagai acuan. Standar minimum *turning radius* dan *working bench* yang akan digunakan PT. Mutiara Fortuna Raya berdasarkan handbook alat mekanis dapat dilihat di tabel 11.

Tabel 11. Standar *Minimum Turning radius dan Working Bench*

Model	<i>min. turning radius</i> (m)	<i>bench width</i> (m)
<i>Hino FM 260 JD</i>	9	30

Sumber: Handbook Alat Mekanis, 2022

Sedangkan untuk tinggi *working bench* berdasarkan regulasi pemerintah, tinggi dari penggalian tidak boleh melebihi jangkaun efektif alat gali-muat terbesar yang beroperasi di area kerja dan agar kinerja alat mekanis gali-muat maka setidaknya harus ada standar optimum. Alat gali muat di area kerja *pit 3* ada 3 model alat mekanis yaitu *Caterpillar 320 GC*, *Hitachi ZX210F* dan *Hitachi ZX350H* dengan alat terbesar *ZX350H*. Untuk rekomendasi tinggi maksimal *working bench* di area *pit 3* yaitu 8 m. Untuk melihat jangkaun alat dapat dilihat di tabel 12.

Tabel 12. Jangkauan Maksimum Alat Mekanis Gali-Muat

Model	Jangkauan Alat (m)
<i>Caterpillar 320GC</i>	9,77
<i>Hitachi ZX210F</i>	10
<i>Hitachi ZX350H</i>	10

Sumber: Handbook Alat Mekanis, 2022

4.2.3 Jalan Angkut Tambang (Ramp)

Jalan angkut tambang (Ramp) adalah jalan di area pit penambangan yang digunakan untuk mengangkut bahan galian ke area *dumping*. Jalan angkut tambang di rancang dengan menyesuaikan regulasi pemerintah yang telah ditetapkan yang lebar jalan tambang harus mempertimbangkan alat mekanis angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut paling kurang tiga setengah kali lebar alat angkut terbesar untuk jalan tambang dua arah dan dua kali lebar alat angkut untuk jalan tambang satu arah.

$$\begin{aligned}
 L_{\min} (2 \text{ jalur}) &= 3,5 \times W_t \\
 &= 3,5 \times 2,5 \\
 &= 8,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

L_{min} = lebar minimum jalan 2 jalur (meter)

W_t = Lebar alat angkut terbesar (meter)

Kemiringan jalan angkut tambang (*Grade*) merupakan kemiringan jalan yang berada di area penambangan dimana kemiringan jalan angkut menjadi kajian terpenting dalam geometri jalan angkut tambang dimana kinerja alat akan diamati secara detail. *Grade* jalan tambang produksi dibuat tidak boleh lebih dari 12% dengan memperhitungkan spesifikasi kemampuan alat angkut jenis material dan *fuel ratio*. Apabila *grade* lebih dari 12% maka harus melakukan kajian resiko, spesifikasi teknis alat dan spesifikasi teknis jalan. Namun, berdasarkan rekomendasi dari PT. Mutiara Fortuna Raya setelah dilakukan kajian untuk *grade* yang di rekomendasikan yaitu 10%. Jalan tambang harus dilakukan perawatan dan pemeliharaan untuk memperlancar kegiatan penambangan. Jalan tambang menggunakan tipe *boxcut* berpotensi material lepas sehingga perlu dilakukan penguatan lereng.

4.3 Rencana Kebutuhan Alat

Penambangan yang sesuai dengan kaidah teknis pastinya akan memberikan banyak manfaat. Perhitungan dengan parameter yang sesuai dengan ketentuan pastinya menghasilkan perhitungan yang tepat, sehingga perhitungan itu dapat digunakan atau dengan kata lain dapat terealisasi. Manfaat dari kajian teknis pada dunia pertambangan berkaitan erat dengan biaya yang masuk dan dikeluarkan.

4.3.1 Rencana Kebutuhan Alat Mekanis

Merencanakan kebutuhan alat yang akan di operasikan menjadi faktor terpenting, dalam hal ini rencana kebutuhan alat mekanis dan *support* yang sesuai akan memberikan perhitungan yang tepat terhadap *cost* perusahaan yang dimana pastinya di awal penambangan perusahaan belum mendapatkan pemasukan (*income*).

Peramalan kebutuhan alat umumnya dibuat oleh departemen *engineering* devisi *long term plan* yang disusun dalam *annual plan* atau dengan kata lain penentuan kebutuhan alat akan dihitung setiap setahun sekali bersamaan dengan pengajuan RKAB (rencana kerja dan anggaran biaya) setiap setahun sekali, salah satunya berisi target produksi yang akan diajukan dan disarankan oleh departemen

manajemen dan *marketing* kemudian diajukan ke Direktur Jendral Mineral dan Batubara. Target produksi yang diajukan akan menjadi salah satu basis dalam penentuan kebutuhan alat mekanis. Beberapa parameter yang akan digunakan untuk menghitung kebutuhan alat mekanis yaitu jam kerja efektif (*effective working hours*).

Sebelum menentukan jam kerja efektif diharuskan untuk mengetahui jam tersedia dan *delay time* yang ada diperusahaan. *Delay time* ini sebelumnya sudah direncanakan perusahaan didalam waktu kerja tahunan atau biasanya disusun dalam Standar Parameter Operasional (SPO). *Delay time* dalam perusahaan yaitu jam hujan rencana dengan mengambil data *history rain* 5 tahun kebeleakang kemudian jam hujan harian akan diambil rata-rata untuk memprediksi jam hujan bulanan dengan cara dikalikan dengan hari hujan sebenarnya dalam setiap bulan.

Tabel 13. Rencana Jam Hujan

Bulan	Jam hujan rencana (jam perbulan)	Jam hujan rencana (jam perhari)
Jan	37	3,30
Feb	45,03	4,79
Mar	57,82	3,66
Apr	40	2,78
Mei	38,48	3,50
Jun	21,53	2,76
Jul	25	3,05
Agu	46,75	4,41
Sep	33,38	2,74
Okt	35,98	2,22
Nov	50,50	3,66
Des	68,02	4,60
Total	499,49	41,46

Selain jam hujan rencana curah hujan yang direncanakan nantinya juga diperlukan dalam menghitung debit air limpasan yang masuk ke *pit* 3. Curah hujan rencana diambil dari data curah hujan sebelumnya untuk penelitian ini di ambil curah hujan 5 tahun terakhir, dimana nanti akan didapatkan curah hujan maksimal yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana. Air limpasan sendiri

merupakan air yang kemungkinan bisa masuk ke area lubang penambangan. Debit air limpasan didapat dari *Catchment area* atau area tangkapan hujan berdasarkan luasan bukaan penambangan. Dari data curah hujan rencana nantinya digunakan untuk menghitung rencana volume *sump* sehingga didapatkan rencana pemompaan menggunakan pompa yang tersedia di PT. Mutiara Fortuna Raya.

Setelah mendapatkan jam hujan rencana maka bisa dilanjutkan ke perhitungan jam kerja efektif. Beberapa hal yang harus diperhitungkan untuk mendapatkan jam kerja efektif yaitu *slippery* direncanakan 40% dari jam hujan rencana yang mengacu dari *historical pit existing*, istirahat makan siang dengan waktu tersedia 1 jam, ibadah rutin seperti shalat jum'at diberikan 1 jam, *safety talk* rencana 10 menit, P2H diberikan waktu 10 menit, pengisian bahan bakar dan persiapan front 10 menit. setelah ada *physical availability* (PA) yang diberikan perusahaan yang diperhitungkan oleh departemen plant maka bisa didapatkan lah *use of availability* (UA). Secara sederhana hasil jam kerja efektif (*effective working hours*) bisa didapatkan perhitungan *physical availability* (PA) dan *use of availability* (UA) yang disederhanakan dari hasil *delay time* dan total *calender hours*. Sehingga jam kerja efektif yang didapatkan dapat dilihat di tabel 14.

Kebutuhan alat mekanis direncanakan berdasarkan target produksi yang sudah ditetapkan oleh semua pihak manajemen perusahaan. Dalam penyesuaian kebutuhan alat mekanis terhadap target produksi faktor utama yang menjadi pedoman yaitu *standar parameter operasional* (SPO) dan spesifikasi alat yang direncanakan dengan melihat hasil perhitungan produktivitasnya. Dan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus yang ada maka dilakukan pendekatan angka hasil produksi alat terhadap target produksi. Umumnya hasil perhitungan hasil produksi alat terhadap target produksi tidak sama angkanya. Maka untuk meminimalisirkan tidak tercapainya target produksi dibutuhkan angka hasil produksi alat mekanis lebih besar sedikit dari target produksi.

Tabel 14. Jam Kerja Efektif Perbulan

bulan	<i>Effective Working Hours</i> (jam perbulan)			
	<i>Caterpillar</i>		<i>Hitachi</i>	
	320GC_01	320GC_02	ZX210F _GKU08	ZX350
Jan	142,60	142,60	142,60	159,37
Feb	112,15	112,15	112,15	125,35
Mar	112,45	112,45	112,45	125,67
Apr	119,20	119,20	119,20	133,23
Mei	139,53	139,53	139,53	155,95
Jun	151,46	151,46	151,46	169,28
Jul	159,39	159,39	159,39	178,14
Agu	121,56	121,56	121,56	135,86
Sep	141,27	141,27	141,27	157,89
Okt	143,05	143,05	143,05	159,88
Nov	117,29	117,29	117,29	131,09
Des	92,78	92,78	92,78	103,69
Total	1.552,72	1.552,72	1.552,72	1.735,39

Setelah mendapatkan nilai jam kerja efektif alat gali muat maka diperlukan perhitungan produktivitas alat gali muat menggunakan rumus dasar, dengan dimasukkan beberapa ketentuan perusahaan. Ketentuan yang diberikan perusahaan yaitu kapasitas *bucket*, *fill factor*, *swell factor*, *job efficiency* dan *cycle time* alat gali muat. sehingga didapatkan kapabilitas alat gali muat.

Tabel 15. Produktivitas alat gali muat

material	Unit <i>Excavator</i>	Qty	Produktivitas
<i>Overburden</i>	<i>Caterpillar</i> 320GC_01	1	94,79 BCM/jam
	<i>Hitachi</i> ZX350	1	172,08 BCM/jam
Batubara	<i>Hitachi</i> ZX210F_GKU08	1	81,03 Ton/jam
	<i>Caterpillar</i> 320GC_02	1	81,66 Ton/jam

Dalam penentuan alat dapat diketahui dari target produksi yang berbanding produktivitas alat dan jam kerja efektif.

$$\begin{aligned}\text{Pemilihan Excavator Coal} &= \frac{\text{Target Produksi tahun}}{\text{Produktivitas total x jam efektif tahun}} \\ &= \frac{200.000 \text{ Ton}}{(81,03+81,66) \times (1.644,05)} = \frac{200.000 \text{ Ton}}{267.470,5} = 0,75 \longrightarrow 1\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diartikan bahwasanya alat yang digunakan mampu memenuhi target produksi yang ada dalam asumsi jika nilai pemilihan alat kurang dari 1 maka alat tersebut mampu memenuhi target produksi yang ada dan jika lebih dari 1 maka alat tidak mampu memenuhi target yang ada.

4.4 Penjadwalan Penambangan

Setiap perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pasti melaksanakan program peningkatan produktivitas. Dalam melaksanakan aktivitas perusahaan harus melakukan penjadwalan produksi yang baik. Perusahaan berproduksi berdasarkan job order dituntut untuk selalu dapat memenuhi permintaan konsumen pada waktu yang telah disepakati. Namun banyaknya jenis produk yang dipesan oleh para konsumen dapat selesai dalam waktu bersamaan seringkali membuat kesulitan pihak perusahaan dalam melakukan penjadwalan produksi terhadap prioritas jenis produk yang harus diproduksi terlebih dahulu. Selama ini produk-produk yang dipesan oleh konsumen dapat dipenuhi oleh perusahaan, baik dari segi kualitas maupun kuantitas namun membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga apabila tidak direncanakan dengan baik akan mengecewakan konsumen atau pembeli.

Setelah peneliti melakukan proses pengolahan data penulis dapat mendefinisikan bahwasanya penjadwalan penambangan adalah salah satu bagian dari perencanaan tambang yang termasuk dalam perancangan tambang, yang digunakan dalam pengalokasian *fleet* berdasarkan *working face* dengan meninjau spesifikasi alat mekanis. Nantinya hasil dari penjadwalan penambangan ini akan di gambar berdasarkan kajian teknis yang ada seperti geometri jenjang dan geometri jalan yang membetuk arah penambangan berupa desain. Desain yang dapat dibuat berupa desain 5 tahun, 1 tahun, 6 bulan, 3 bulan, 1 bulan, 2 minggu, 1 minggu dan harian, menyesuaikan kebutuhan atau aturan perusahaan.

Pembuatan penjadwalan penambangan ada beberapa data yang dibutuhkan dalam penginputan di *software* penjadwalan penambangan. Data yang di input adalah data perhitungan cadangan *pit*, perhitungan volume *dump*, kalender tahunan, *physical availability* (PA), *Use Of Availability* (UA) dan produktivitas *excavator*.

Perhitungan cadangan akan menjadi data *base* hasil *geological modelling* berbentuk solid di *software* penambangan, data yang di input yaitu *mining reserve* dan *reformat reserve* dimana hasil ini didapatkan dari *software* perancangan tambang. Dalam perhitungan estimasi cadangan dan volume ada beberapa metode yang bisa digunakan, namun dalam perhitungan penelitian ini mengambil metode *solid* dengan *sampling density* 0,1 agar meminimalkan *error* dalam penginputan data ke *software* penjadwalan penambangan yang dapat dilihat di gambar 10.

Setelah *prepare database* dapat dilakukan penginputan data solid hasil perhitungan cadangan dan volume ke *software* penjadwalan dengan membuat setup level dan field terlebih dahulu, kemudian import data *mining reserve* dan *reserve reformat* setelahnya lakukan pengikatan titik *centroid* agar membentuk solid lakukan yang sama untuk kalender produktivitas hanya saja tidak ada pengikatan *centroid*.

Pembuatan *scenario* penambangan ini bergantung pada administrasi yang ada di perusahaan PT. Mutiara Fortuna Raya. Secara teoritis ada beberapa metode dalam pembuatan *scenario* apakah mengikuti arah *strike* yaitu *strip*, mengikuti arah *dip* yaitu blok atau *panel* dan mengikuti arah *dip* dan *strike* yaitu blok. Metode ini semuanya akan di simulasikan untuk mendapatkan arah penambangan yang optimal.

Scenario strip

Pembuatan *scenario strip* dengan mengikuti arah *strike* yang dimulai dari area *low wall* dari desain tahun 2023. *Fleet* penggalan yang dibuat di *scenario strip* terdapat 4 *fleet* dimana 2 *fleet coal getting* dan 2 penggalan *overburden*. Secara *quantity scenario strip excavator* mampu menggali seperti tabel 17.

Mutiara Fortuna Raya merencanakan untuk melakukan penimbunan di *mineout pit* 2 karena bukaan di *pit* 2 masih belum tertimbun. Jika metode *strip* maka penambangan akan dilakukan dari utara *pit* ke arah timur. Dari *distance* yang ada alat angkut butuh waktu edar yang lebih lama di triwulan I dan triwulan II namun pada triwulan III dan triwulan IV waktu edar alat angkut lebih cepat. Dibandingkan dengan metode penambangan yang lain, yang dapat diartikan alat angkut akan bekerja maksimal. *Scenario* ini umum digunakan oleh beberapa perusahaan terkait dengan angka *stripping ratio* yang sesuai. *Scenario strip* umumnya digunakan

karena perusahaan sudah bisa mendapatkan batubara dengan kata lain perusahaan memiliki pemasukan biaya. Hasil dari penjadwalan *scenario dump strip* didapatkan jarak *dumping overburden (overburden)* yang dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 16. *Distance Overburden Dump Scenario Strip*

Bulan	320GC_01 (meter)	ZX350 (meter)
Jan	1.213	1.213
Feb	1.334	1.334
Mar	1.274	1.274
Apr	1.409	1.409
Mei	1.137	1.137
Jun	1.315	1.315
Jul	1.098	1.098
Agu	1.129	1.129
Sep	1.173	1.173
Okt	1.103	1.103
Nov	1.134	1.134
Des	-	-
Total	13.319	13.319
Rata- Rata	1.211	1.211

Tabel 17. *Kemampuan Excavator Di Scenario Strip*

Process	Equipment	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Total
<i>Overburden</i> (BCM)	320GC_01	85.363	86.312	71.249	13.155	256.079
	ZX350	43.106	43.585	35.978	6.643	129.312
<i>Overburden</i> Total (BCM)		128.469	129.896	107.227	19.798	385.390
<i>Coal</i> (ton)	320GC_02	13.104	28.260	33.440	19.318	94.122
	ZX210F_08	12.028	25.941	30.695	17.732	86.396
<i>Coal</i> Total (ton)		25.132	54.201	64.135	37.050	180.518

Scenario panel

Fleet penggalian yang dibuat dalam *scenario* terdapat 4 *fleet* dimana 2 *fleet* *coal getting* dan 2 penggalian *overburden*. Untuk arah penggalian *scenario* ini dimulai dari utara *pit* ke arah selatan area *highwall* namun dalam administrasi perusahaan terdapat kendala di area selatan *pit* yaitu dalam pembebasan lahan warga yang masih dalam proses. Dalam hasil *scenario panel* secara teknis *excavator* yang melakukan penggalian batubara terdapat *waiting on block* pada alat gali-muat batubara. Sehingga dapat dikatakan *scenario* ini kurang tepat karena masih terdapat *excavator* yang menunggu. Secara *distance* metode ini mengalami perubahan yang signifikan sehingga alat angkut dapat melakukan perawatan dan pemeliharaan dengan baik dan dalam pencapaian target produksi di awal kegiatan kurang sesuai dengan target yang ingin dicapai Perusahaan. Hasil dari penjadwalan *scenario dump strip* didapatkan jarak *dumping overburden (overburden)* yang dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 18. *Distance Overburden Dump Scenario Panel*

Bulan	320GC_0	ZX350
	1 (meter)	(meter)
Jan	1.124	1.124
Feb	1.229	1.229
Mar	1.133	1.133
Apr	1.343	1.343
Mei	1.139	1.139
Jun	1.116	1.116
Jul	1.328	1.328
Agu	1.233	1.233
Sep	1.182	1.182
Okt	1.127	1.127
Nov	1.037	1.037
Des	1.203	1.203
Total	14.194	14.194
Rata-Rata	1.183	1.183

Tabel 19. Kemampuan *Excavator* Di *Scenario Panel*

Process	Equipment	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Total
<i>Overburden</i> (BCM)	320GC_01	43.099	43.585	37.760	4.868	129.312
	ZX350	85.350	86.312	74.778	9.639	256.079
<i>Overburden</i> Total (BCM)		128.449	129.896	112.538	14.507	385.390
<i>Coal</i> (ton)	320GC_02	5.672	13.028	32.910	34.785	86.395
	ZX210F_08	6.179	14.193	35.853	37.896	94.121
<i>Coal</i> Total (ton)		11.851	27.222	68.764	72.681	180.518

Scenario blok

Scenario blok dibuat dengan mengikuti arah *dip* dan *strike* yang dimulai dari area *low wall*. *Fleet* penggalian yang dibuat dalam *scenario* terdapat 4 *fleet* dimana 2 *fleet* *coal getting* dan 2 penggalian *overburden*. Untuk arah penggalian *scenario* ini dimulai dari utara *pit* yang arahnya menyebar mengikuti *dip* dan *strike* atupun bisa dikatakan metode ini merupakan metode penambangan *box cut* yang melaksanakan penggalian hingga ke *bottom pit* dengan membentuk *box*. Secara keseluruhan metode penambangan ini disetujui oleh perusahaan berdasarkan kajian teknis perusahaan. Beberapa pertimbangan yang dilakukan perusahaan baik aspek teknis ataupun non teknis penambangan antara lain seperti penggalian *overburden* lebih diutamakan terlebih dahulu di triwulan pertama disebabkan perusahaan menginginkan penimbunan di area *mine out pit 2* sebagai bentuk kepatuhan terhadap regulasi pemerintah dan blok penambangan yang masih dalam proses pembebasan lahan. Sehingga metode blok menjadi pilihan yang sesuai untuk rencana penambangan *pit 3* di tahun 2023 dan hasil *scenario* blok sangat minim terjadi *waiting on block*. Secara *quantity* dan *distance* dalam *scenario* blok *excavator* mampu melakukan penggalian dalam jarak seperti tabel 18 dan 19.

Tabel 20. *Distance Overburden Dump Scenario Blok*

Bulan	320GC_0 1 (meter)	ZX350 (meter)
Jan	1.213	1.213
Feb	1.336	1.336
Mar	1.198	1.198
Apr	1.513	1.513
Mei	1.113	1.113
Jun	1.288	1.288
Jul	1.168	1.168
Agu	1.047	1.047
Sep	1.210	1.210
Okt	1.175	1.175
Nov	1.163	1.163
Des	-	-
Total	13.434	13.434
Rata-Rata	1.220	1.220

Tabel 21. *Kemampuan Excavator Di Scenario Blok*

Process	Equipment	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Total
<i>Overburden</i> (BCM)	320GC_01	43.106	43.585	38.514	4.107	129.312
	ZX350	85.363	86.312	76.271	8.133	256.079
<i>Overburden</i> Total (BCM)		128.469	129.896	114.785	12.240	385.390
<i>Coal</i> (ton)	320GC_02	6.887	20.053	31.512	27.945	86.397
	ZX210F_08	7.503	21.846	34.329	30.443	94.121
<i>Coal</i> Total (ton)		14.391	41.898	65.841	58.388	180.518

Istilah penjadwalan produksi umumnya digunakan untuk menentukan peralatan produksi dari blok-blok penambangan dari pit dengan dasar jam ke jam kerja atau shift ke shift kerja. Dari ketiga *scenario* yang ada maka dapat di analisa *scenario* terbaik yang disetujui dan dapat diterapkan di pit 3 PT. Mutiara Fortuna Raya tahun 2023, yang dapat dilihat pada tabel 20. Dari hasil penelitian ini PT. Mutiara Fortuna Raya menyetujui *scenario* blok.

Tabel 22. Perbandingan Hasil *Distance Overburden Dump*

<i>Scenario</i>	<i>Proses</i>	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	End Of The Year (EOY)
<i>Strip</i>	<i>Overburden</i> (BCM)	128.469	129.896	107.227	19.798	385.390
	<i>Coal</i> (MT)	25.132	54.201	64.135	37.050	180.518
	SR	5,11	2,40	1,67	0,53	2,13
	<i>Avg. Distance</i> (m)	1.274	1.287	1.133	746	1.211
<i>Panel</i>	<i>Overburden</i> (BCM)	128.449	129.896	112.538	14.507	385.390
	<i>Coal</i> (MT)	11.851	27.222	68.764	72.681	180.518
	SR	10,84	4,77	1,64	0,20	2,13
	<i>Avg. Distance</i> (m)	1.162	1.222	1.324	1.368	1.183
Blok	<i>Overburden</i> (BCM)	128.469	129.896	114.785	12.240	385.390
	<i>Coal</i> (MT)	14.391	41.898	65.841	58.388	180.518
	SR	8,93	3,10	1,74	0,21	2,13
	<i>Avg. Distance</i> (m)	1.249	1.305	1.141	779	1.220

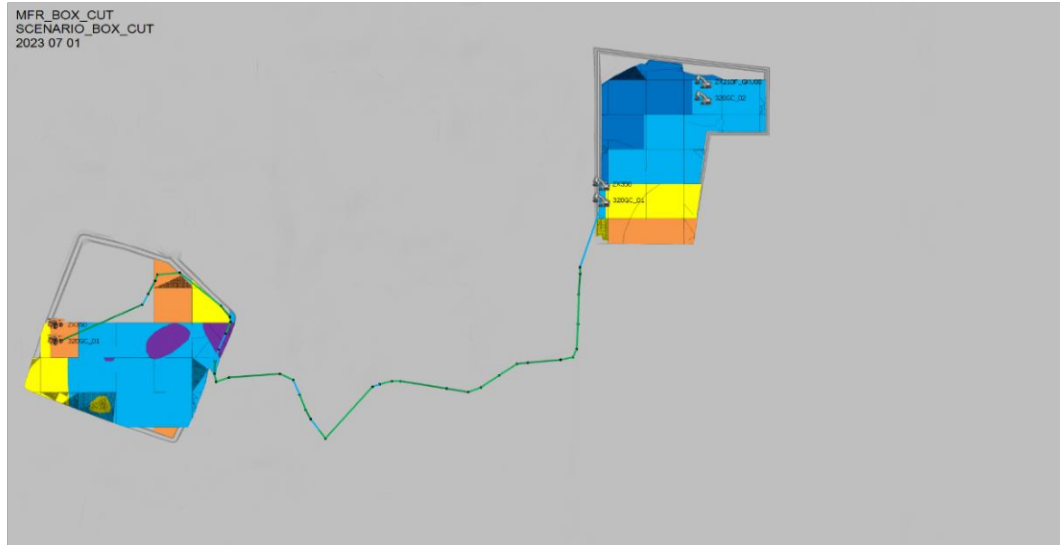
Dari ketiga hasil *scenario* penjadwalan desain *pit* tahun 2023 metode blok dipilih oleh perusahaan disebabkan adanya kendala *land acquisition* (pembebasan lahan) di area *strip* C16-C19 dan *panel* D07-D09 yang ditargetkan akan selesai di bulan ke empat tahun 2023, sehingga secara *dependencies* (arah penggalian dalam penambangan) jika menggunakan *scenario panel* atau *strip* akan menimbulkan *waiting* alat ketika diberikan *constraint* (hambatan atau batasan dalam penambang) dalam penggaliannya. Dalam jadwal penambangan secara *scenario* area *strip* C16-C19 dan *panel* D07-D09 jika menggunakan *scenario panel* maka penggalian sudah dimulai pada awal bulan ke 1, dan *scenario strip* akan di mulai pada awal bulan ke 3, sedangkan untuk *scenario* blok akan dimulai pada awal bulan ke 5, sehingga secara *constraint* blok yang paling sesuai. Jika dilihat dari *stripping ratio* yang tertera pada tabel 20, maka seharusnya *scenario strip* yang memiliki angka paling tepat untuk diterapkan, namun dari pihak manajemen perusahaan menginginkan untuk memprioritaskan penimbunan di area *mine out pit* 2 untuk triwulan I karena terdapatnya regulasi pemerintah yang harus diterapkan oleh perusahaan, yang dimana hasil kajian teknis ini semua telah disampaikan kepada kepala inspektur tambang dalam laporan khusus.

Pada triwulan I 2023 *fleet* akan di targetkan pada elevasi 6-4 mdpl pada *strip* C16-C17 dan *strip* D12 sebagai *bottom pit*, elevasi 8 mdpl pada *strip* C16-C18 dan *panel* D11, elevasi 8 mdpl pada *strip* C18-C20 dan *panel* D12, elevasi 8 mdpl pada *strip* C16 dan *panel* D10, elevasi 9 mdpl pada *strip* C17-C18 dan *panel* D12, elevasi 12 mdpl pada *strip* C19-C20 dan *panel* D10-D12. Batubara berjumlah 14.391 ton dan *overburden* 128.469 BCM. Bentuk penjadwalan penambangan menggunakan *software* penjadwalan penambangan dapat dilihat seperti gambar 15 sedangkan desain dapat dilihat pada lampiran 19.



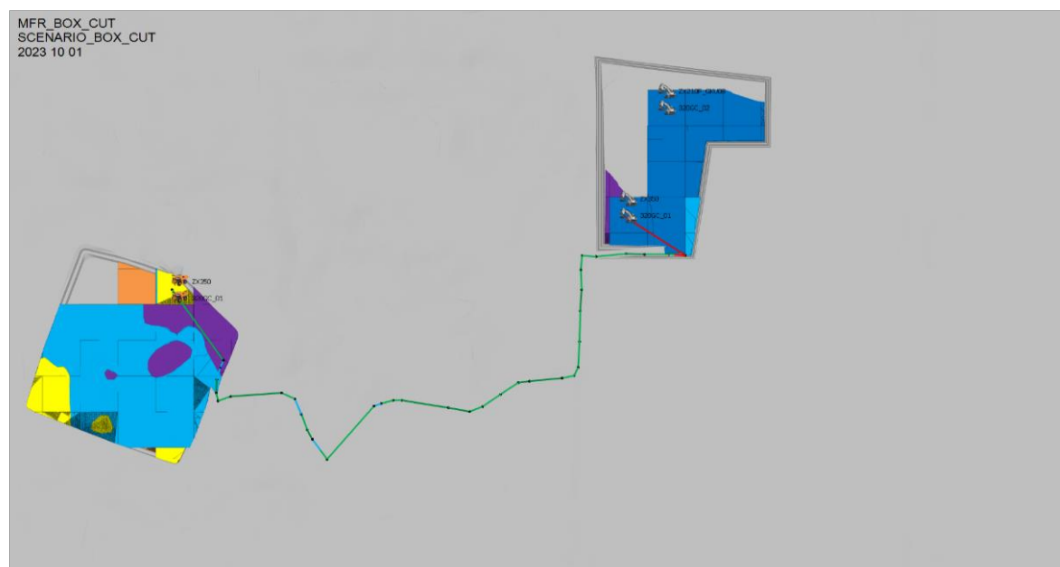
Gambar 15. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan I

Pada triwulan kedua *fleet* akan di targetkan pada elevasi 12 mdpl pada *strip* C16-C19 dan *panel* D07, elevasi 8 mdpl pada *strip* C17-C19 dan *panel* D08, elevasi 8 mdpl pada *strip* C18-C19 dan *panel* D09, elevasi 8 pada *strip* C20-C21 dan *panel* D10-D11, elevasi 6-7,5 mdpl pada *strip* C19 dan *panel* D11, elevasi 4 mdpl sebagai *strip* C16 dan *panel* D08, elevasi 4 mdpl sebagai *strip* C16-C17 dan *panel* D09, elevasi 4 mdpl sebagai *strip* C16-C18 dan *panel* D11, elevasi 4 mdpl sebagai *panel* C18-C21 dan *strip* D12. Total penggalan di triwulan II untuk penggalan batubara 41.898 ton dan *overburden* 129.896 BCM. Bentuk penggalan hasil penjadwalan penambangan menggunakan *software* penjadwalan penambangan dapat dilihat seperti gambar 16 sedangkan desain dapat dilihat pada lampiran 23.



Gambar 16. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan II

Pada triwulan III *fleet* akan di targetkan pada elevasi 8 mdpl pada *strip* C19 dan *panel* D07-D08, elevasi 4 mdpl pada *strip* C17-C18 dan *panel* D07-D08, elevasi 4 mdpl pada *strip* C18-C19 dan *panel* D09-D11, elevasi 4 mdpl pada *strip* C19-C21 dan *panel* D10-D11, elevasi 6 mdpl sampai -2 mdpl sebagai *bottom pit* pada *strip* C16 dan *panel* D08-D12, elevasi 6 mdpl sampai -1 mdpl *strip* C17 dan *panel* D09-D12, elevasi 6 mdpl sampai 4 mdpl *strip* C18 dan *panel* D12. Total penggalian di triwulan III untuk penggalian batubara 65.841 ton dan *overburden* 114.785 BCM. Bentuk penggalian hasil penjadwalan penambangan menggunakan *software* penjadwalan penambangan dapat dilihat di gambar 17 dan desain dapat dilihat pada lampiran 27.



Gambar 17. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan III

Pada triwulan IV *fleet* akan di targetkan pada elevasi *bottom pit* karena sesuai hasil running di *software* penjadwalan penambangan sebelum bulan terakhir di triwulan IV penggalian sudah berakhir dengan *bottom pit* area *low wall* di elevasi 5 mdpl dan area *high wall* di elevasi -3 mdpl. Total penggalian di triwulan IV untuk penggalian batubara 58.388 ton dan *overburden* 12.240 BCM. Bentuk penggalian hasil penjadwalan penambangan menggunakan *software* penjadwalan penambangan dapat dilihat seperti gambar 18 sedangkan desain dapat dilihat pada lampiran 31.



Gambar 18. Bentuk Hasil Penjadwalan Triwulan IV

Dari hasil running penjadwalan penambangan dibutuhkan keselerasian alat antara alat angkut dan alat gali muat, yang dimana terdapat alat angkut dan alat gali muat yang sudah tersedia dan terencana. Alat mekanis gali muat yang tersedia yaitu *Caterpillar 320GC_01*, *Caterpillar 320GC_01* dan *Hitachi ZX210F_GKU08* sedangkan terencana *Hitachi ZX350*, Alat mekanis angkut terencana dan tersedia *Hino 260JD*. Dengan alat angkut dan alat gali muat yang tersedia dan rencana perusahaan maka hasil dari *setting fleet* sebagai berikut.

Hasil *setting fleet* ini berupa alokasi alat angkut yang dihitung dari posisi alat gali muat berada ke area *dumping* dan keselerasian alat mekanis seperti tabel 23 yang nantinya hasil berupa *productivity* dari *match factor* yang dibuat.

Tabel 23. Keselerasian Alat Mekanis

Process	Equipment	Hino 260JD
<i>Overburden</i>	<i>Cat 320GC_01</i>	2
	<i>Hitachi ZX350</i>	3
<i>Coal</i>	<i>Cat 320GC_02</i>	3
	<i>Hitachi ZX210F GKU08</i>	3

4.5 Rencana Sump

Rencana *sump* dibuat berdasarkan curah hujan dalam periode tertentu baik itu perjam, perhari, perbulan atau pertahun. Dalam penentuan curah hujan atau curah hujan rencana (CHR) dianalisa menggunakan metode E.J Gumbell sehingga dibutuhkan histori curah hujan sebelumnya, dalam penelitian ini diambil 5 tahun kebelakang.

Tabel 24. Curah Hujan Rencana

Bulan	Periode Ulang (T)	CHR (mm/hari)
Januari	2	39,05
Februari	2	46,53
Maret	2	27,68
April	2	30,37
Mei	2	39,76
Juni	2	56,07
Juli	2	53,33
Agustus	2	41,26
September	2	35,84
Oktober	2	27
November	2	31,69
Desember	2	29,55
Rata-Rata	-	38,18

Untuk curah hujan harian didapatkan dari curah hujan rencana setiap bulan dibagi hari hujan sebenarnya dalam bulan tersebut kemudian diambil rata-rata dari 5 tahun kebelakang. Setelah mendapatkan curah hujan rencana maka selanjutnya

menghitung Intensitas Hujan (mm/jam) menggunakan rumus persamaan 27.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots 27$$

Dengan R_{24} merupakan curah hujan rencana harian (mm/hari) dan t merupakan jam hujan yang terjadi (jam). Intensitas curah hujan umumnya menyatakan bahwa semakin besar jumlah jam hujan maka intensitas hujan semakin kecil.

Selanjutnya ketika sudah dapat intensitas hujan dilakukan perhitungan debit air limpasan ($m^3/detik$) atau (Q) berdasarkan *catchment area* (km^2) atau (A) yang didapatkan dari pengukuran secara langsung atau rencana desain *pit*, intensitas hujan (mm/jam) dan koefisien limpasan (C) dimana ditetapkan 0,9. Untuk rumus dapat dilihat di persamaan 28.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots 28$$

Sehingga hasil dari persamaan 27 dan 28 dapat dilihat di tabel 25.

Tabel 25. Debit Air Limpasan

Debit Max	Ketetapan	C	I	A	Q	Q	Q
			(mm/jam)	Km ²	(m ³ /detik)	(m ³ /jam)	(m ³ /hari)
Des	0,278	0,9	3,71	0,05	0,05	166,91	767,07

Koefisien *Run-Off* (C) pada penelitian ini dihitung berdasarkan data tutupan lahan dan kemiringan lereng di area studi. Perhitungan dilakukan pada setiap Sub-DAS, sehingga ditetapkan 0,9. Untuk intensitas didapatkan menggunakan rumus pada persamaan 30, *catchment area* didapatkan menggunakan bantuan *software* pertambangan atau juga bisa menggunakan *software* lainnya yang dimana luasannya didasarkan pada desain yang telah dibuat.

Rencana pemompaan dilakukan setelah mendapat debit air limpasan, rencana pemompaan menggunakan pompa yang tersedia diperusahaan yaitu *Hino Non Submersible* yang dapat dilihat pada gambar 16, dengan kemampuan pemompaan 305 m³/jam. Dalam pemompaan untuk jumlah dan kapasitas pompa biasanya sebelum tersedianya alat pompa maka harus mempertimbangkan debit air yang masuk dan data curah hujan dan durasi hujan yang diukur secara terus menerus sejak dimulainya kegiatan konstruksi dan jumlah dan kapasitas pompa utama dan cadangan yang mempertimbangkan debit air tambang terbesar ditambah 15% hal ini sesuai regulasi pemerintah. Kajian air tambang ini secara detail akan diamati dalam kajian hidrologi dan hidrogeologi.



Gambar 19. Pompa *Hino Non Submersible*

Berdasarkan kapasitas pompa dalam melakukan pemompaan air dapat ditentukan apakah pemompaan akan dilakukan perhari, pertiga hari atau perminggu yang menjadi pertimbangan yaitu luasan *sump* yang akan dibuat harus disesuaikan dengan luasan bukaan *pit* agar tidak mengganggu *front* kerja, sehingga penelitian ini memilih melakukan pemompaan selama 3 hari yang dimana jam pemompaan didapat dari pembagian debit limpasan (Q) dibagi debit air yang mampu dipompa dengan Pompa *Hino Non Submersible*.

Tabel 26. Rencana Pemompaan

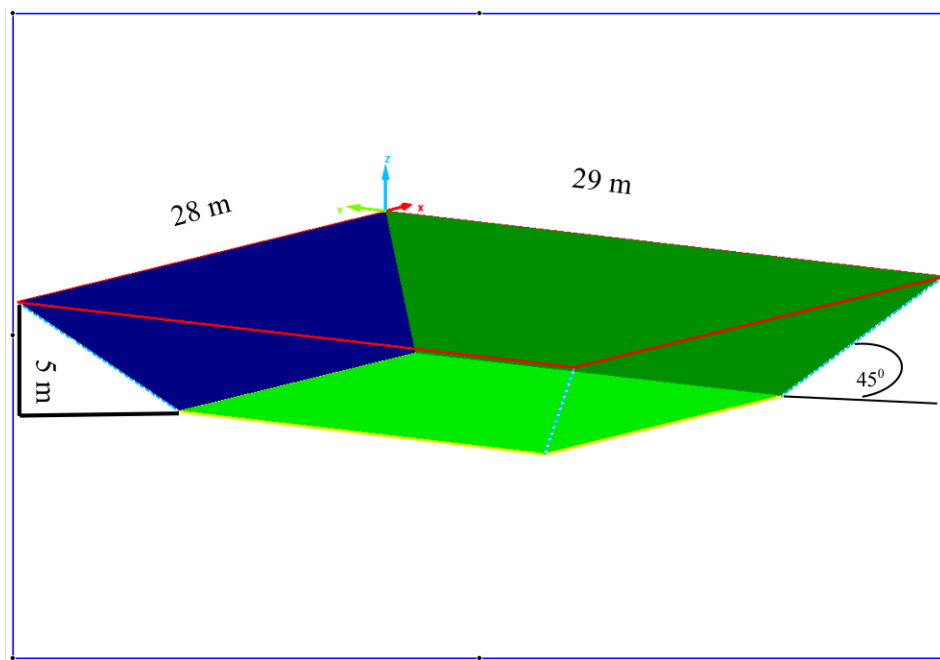
Bulan	Q (m ³ /Perminggu)	Q (m ³ /Pertigahari)	Pemompaan Perminggu (jam)	Pemompaan Pertiga Hari (jam)
Des	5.365,51	2.301,22	17,60	7,54

Debit air limpasan yang sesuai digunakan yaitu pertiga hari karena bentuk penggalian *pit* dalam luasan yang kecil. Dari debit limpasan yang masuk maka diperlukan daya tampung yang sesuai untuk menampung air yang masuk kedalam *pit*. Fasilitas penampungan air tambang serta fasilitas pengendapan memiliki kapasitas sekurang-kurangnya 1,25 (satu koma dua puluh lima) kali volume air tambang pada curah hujan tertinggi selama 84 jam. Penelitian ini mengambil rencana volume penggalian untuk *sump* dengan mengkalikan volume input atau debit air limpasan selama tiga hari dengan 1,25 agar dapat menampung volume lumpur yang ikut terbawa air limpasan.

Tabel 27. Rencana Volume *Sump*

Bulan	Q (m ³ /Pertigahari)	Rencana <i>Sump</i>
Des	2.301,77	2.877,21

Dimensi *sump* akan menyesuaikan tabel 27 dalam penggaliannya untuk penempatan *sump* bersifat *temporary* dan berada di elevasi terendah dari area kegiatan penambangan. Rencana *sump* dijadwalkan sebulan sekali agar menyesuaikan debit limpasan ke elevasi terendah. Dalam pengendalian dan perawatan fasilitas di dalam kolam penampungan meliputi pengerukan material terendapkan di dalam *sump* yang tersedimentasikan, penambahan atau penyesuaian rencana *sump* dalam bulan tertentu, pengolahan air asam tambang, perbaikan saluran penyaliran ke *sump* dan perkuatan dinding. Bentuk *sump* yang direncanakan peneliti adalah berbentuk *trapezium*, karena bentuk ini umum digunakan dalam pembuatan *sump*. *Sump* merupakan tempat penampungan air yang telah masuk kedalam tambang yang akan di alirkan keluar area *pit*. Dapat dilihat gambar 20 yaitu rencana kolam penampungan sementara (*sump*) dengan dimensi terbesar dari rencana *sump* terbesar di tahun 2023.



Gambar 20. Sketsa *Sump* Debit Terbesar

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Estimasi cadangan batubara sebesar 180.518 ton dan jumlah *overburden* 385.390 BCM dengan SR 2,13 untuk rencana desain *pit* tahun 2023. Sedangkan untuk *pit limit* total cadangan sebesar 1.143.436 ton dan jumlah *overburden* 3.032.921 BCM dengan SR 2.53. Perhitungan ini dilakukan menggunakan *software* peertambangan.
2. Dalam membuat rancangan data berupa morfologi atau topografi diperlukan untuk mengetahui keadaan permukaan. Keadaan endapan untuk memprediksi sebaran (N 160 °E/2°). Data *geoteknik* untuk membuat lereng dengan rekomendasi *pit* tinggi jenjang 4 m, lebar 1 m, sudut lereng 60°.
3. Penjadwalan penambangan di *pit* 3 membutuhkan 4 *loader* yaitu *Cat* 320GC sebanyak 2 unit, *Hitachi ZX350* sebanyak 1 unit dan *Hitachi ZX210F* sebanyak 1 unit sedangkan unit *hauler* dibutuhkan *Hino* 260JD 11 unit dan 1 unit general. Dari ketiga *scenario* yaitu *strip*, *panel* dan blok memiliki *varians* penjadwalan yang berbeda-beda baik dari jumlah *coal* maupun *overburden* namun dari hasil kajian dan kesepakatan perusahaan *scenario* blok yang akan diterapkan.

5.2 Saran

1. Dalam penerapan *sequencing* setelah penjadwalan penambangan maka harus dilakukan *controlling* untuk meminimalisir ketitaksesuaian dengan rancangan yang telah dibuat.
2. Lakukan sosialisasi penambangan yang akan dilaksanakan ke masyarakat agar kegiatan penambangan tidak terkendala.
3. Buatlah tanggul pengaman di area *turning radius* agar tidak terjadi *accident* dan *incident* karena area kerja tergolong sempit.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. 2002. Penambangan Cadangan Batubara Dengan Tambang Terbuka: Kajian Pertambangan Hidrologi dan Lingkungan. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Arifin dan Rudyanto, A. (2010). Perencanaan Sistem Informasi Penjadwalan Produksi Paving Block pada CV. Eko Joyo. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi: Yogyakarta.
- Aryanda, D., Ramli M., dan Djamaluddin H. (2014). Perancangan Sequence Penambangan Batubara Untuk Memenuhi Target Produksi Bulanan. Jurnal Geosains Indonesia. 10(2):74-79.
- B. A. Kenedy. (1990). *Surface Mining*. Amazon: SME
- Bargawa, W. S. (2018). Prosiding Seminar Nasional FTM UPNVY Yogyakarta 5 Agustus 2008 (221-230). 2008, 221–230.
- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2018). Principles of sequencing and scheduling: Second edition. Principles of Sequencing and Scheduling, 1–633.
- Endriantho, M dan Ramli, M. 2013. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara. Jurnal Geosains 9(1):29.
- Hartman, H.L. (1987). *Introductory Mining Engineering*. New York: A Wiley Interscience Publication.
- Hustrulid, W., Kuchta, M., dan Martin, R (2013). Open Pit Mine Planning & Design Volume 1. A.A. USA: CRC Press Taylor and Francis Group
- Indonesianto, Y. (2011). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Jiskani, I. M. (2013). *Surface Mine Design and Practice*. Jamshoro: Mehran University of Engineering & Technology.
- Kepmen ESDM No.1827 Tahun 2018. *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*. Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral, Jakarta
- Komatsu. (2009). *Spesifikasi & Aplikasi Handbook 30*. Japan: Komatsu.
- Komatsu. (2016). *Excavator Bucket Fill Factors*. Japan: Komatsu.
- O. Litvin, et al., (2017). Methodology of coal losses calculation at open pit mining

for complex geological conditions—review, *Acta Montanistica Slovaca*. vol. 22, no. 2, pp. 146-152.

Prodjosumarto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. ITB.

Rostiyanti, S. F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi Edisi Kedua*. Jakarta.

SNI. (2019). *Pedoman pelaporan sumberdaya dan cadangan batubara*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung: Nova.

Suwandhi, A. (2004). *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. UNISBA.

Tenriajeng, A, T. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Seri Diktat Kuliah. Gunadarma. 2003. Jakarta.

Lampiran 1. Peta Kesampaian Daerah

Lampiran 2. Geologi Regional

Lampiran 3. Peta *Pit Limit*

Lampiran 4. Peta Situasi Tambang

Lampiran 5. Peta Desain *Pit* Dan *Inpit Dump* Tahun
2023

Lampiran 6. Parameter Produktivitas

Unit	Material	Bucket Size	Digging Time	Swing Isi	Dumping	Swing Kosong	Cycle Loader	Fill Factor	EFF	Condition/SF	Productivity	Material
HITACHI ZX210F_GKU08	Batubara	0.91	8.14	7.34	3.26	4.46	23.20	1.00	0.63	0.76	81.03	Overburden
CAT 320GC_01	Overburden	1.00	6.87	6.65	3.43	4.88	21.83	1.05	0.63	0.87	94.79	Batubara
HITACHI ZX350	Overburden	2.00	7.67	6.65	3.77	5.96	24.05	1.05	0.63	0.87	172.08	General
CAT 320GC_02	Batubara	1.00	8.46	7.56	3.54	5.74	25.30	1.00	0.63	0.76	81.66	

Unit	Material	VESSEL	TRUCK FACTOR	Travel Speed	
HINO 260JD	Batubara	11	11	18	20
HINO 260JD	Overburden	11	11	18	22

Lampiran 7. Standar Parameter Operasional (SPO)

Month	UoM	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23	EOY
Parameter														
Calendar days	Days	31,0	28,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	365,00
Holidays	Days				2,0		1,0		1,0				1,0	5,00
Friday	Days	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	52,00
Wednesday (Safety Talk Operation)	Days	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	52,00
Fasting Day	Days	-	-	10,0	20,0		-	-	-	-	-	-	-	30,00
Available days	Days	31,0	28,0	31,0	28,0	31,0	29,0	31,0	30,0	30,0	31,0	30,0	30,0	360,00
Shift	Shift	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	12,00
Calender Hours	Hours	279,0	252,0	279,0	252,0	279,0	261,0	279,0	270,0	270,0	279,0	270,0	270,0	3.240,00
Rain Fall	mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uncontrollable delay SPO														
Plan Rain	Hours	37,0	45,0	57,8	40,0	38,5	21,5	25,0	46,7	33,4	36,0	50,5	68,0	499,49
Controlable delay SPO														
0,4 Rain 40%	Slippery	Hours	14,8	18,0	23,1	16,0	15,4	8,6	10,0	18,7	13,4	14,4	20,2	199,80
1,0 Hrs Daily	Meal and Rest	Hours	31,0	28,0	31,0	28,0	31,0	29,0	31,0	30,0	30,0	31,0	30,0	360,00
- Hrs Daily	Praying	Hours	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0 Hrs Weekly	Prayers Jumat	Hours	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	52,00
0,1 Hrs Weekly	Safety Talk	Hours	3,1	2,8	3,1	2,8	3,1	2,9	3,1	3,0	3,0	3,1	3,0	36,00
0,1 Hrs Daily	P2H	Hours	1,6	1,4	1,6	1,4	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5	18,00
- Hrs Daily	Blasting	Hours	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,10 Hrs daily	refuel and prepare front	Hours	3,1	2,8	3,1	2,8	3,1	2,9	3,1	3,0	3,0	3,1	3,0	36,00
Total Standby Hours		Hours	94,55	102,05	124,70	95,00	97,62	70,39	77,76	107,94	88,23	94,10	112,21	1.201,28
Available Time		Hours	184,45	149,95	154,30	157,00	181,38	190,61	201,24	162,06	181,77	184,90	157,79	2.038,72
Physical Availability		(%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Utilization Availability		(%)	0,60	0,52	0,47	0,56	0,59	0,68	0,67	0,53	0,62	0,60	0,51	0,56
Effective WH Loader Coal		Hours	142,60	112,15	112,45	119,20	139,53	151,46	159,39	121,56	141,27	143,05	117,29	1.551,98
Average WH		Hours	142,60	112,15	112,45	119,20	139,53	151,46	159,39	121,56	141,27	143,05	117,29	1.551,98
Effective WH/Day		Hours	4,60	4,01	3,63	4,26	4,50	5,22	5,14	4,05	4,71	4,61	3,91	4,31

Lampiran 8. Equipment List

Equipment Path	Brand	Class	Type	Owning	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
LOADER																
HITACHI ZX210F_GKU07	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HITACHI ZX210F_GKU08	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAT 320GC_01	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAT 320GC_02	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HITACHI ZX350	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Plan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HAULER																
HINO 260JD	HINO	Dump Truck	HD	Plan	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
EQUIPMENT SUPPORT																
CAT D5K	CATERPILLAR D5K	Bulldozer	CRAWLER BULLDOZER	Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAT CS10GC	CATERPILLAR CS10GC	Compactor	VIBRATION ROLLERS	Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DONG FENG 35PK	DIESEL	Water Pump		Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HILUX D-CAB V	TOYOTA	Light Vehicle	LV	Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CANTER 125PS	MITSUBISI	Water Truck		Own	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAT 120GC	CATERPILLAR 120GC	Motor Grader		plan												

Brand	Jan-22	Feb-22	Mar-22	Apr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Aug-22	Sep-22	Oct-22	Nov-22	Dec-22
LOADER												
HITACHI	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CATERPILLAR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HAULER												
HINO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EQUIPMENT SUPPORT												
CATERPILLAR DSK	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DIESEL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MITSUBISI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOYOTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CATERPILLAR CS10GC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CATERPILLAR 120GC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Lampiran 9. Equipment Physical Availability

Equipment Path	Brand	Class	Type	Owning	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
HITACHI210F_GKU07	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
HITACHI210F_GKU08	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
CAT 320GC_01	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
CAT 320GC_02	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
HITACHI2X350	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Plan	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
HINO 260JD	HINO	Dump Truck	HD	Plan	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%

REMARK	KET
	Overburden
	Coal
	General

Lampiran 10. Equipment Use Of Availability

Equipment Path	Brand	Class	Type	Owning	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
HITACHI ZX210F_GKU07	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	60.1%	52.4%	47.4%	55.6%	58.8%	68.3%	67.2%	53.0%	61.6%	60.3%	51.1%	40.4%
HITACHI ZX210F_GKU08	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	60.1%	52.4%	47.4%	55.6%	58.8%	68.3%	67.2%	53.0%	61.6%	60.3%	51.1%	40.4%
CAT 320GC_01	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	60.1%	52.4%	47.4%	55.6%	58.8%	68.3%	67.2%	53.0%	61.6%	60.3%	51.1%	40.4%
CAT 320GC_02	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	60.1%	52.4%	47.4%	55.6%	58.8%	68.3%	67.2%	53.0%	61.6%	60.3%	51.1%	40.4%
HITACHI ZX350	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Plan	64.3%	57.4%	53.0%	60.3%	63.2%	71.6%	70.7%	57.9%	65.6%	64.5%	56.3%	46.7%
HINO 260JD	HINO	Dump Truck	HD	Plan	61.1%	54.5%	50.3%	59.8%	60.0%	68.9%	67.1%	56.3%	62.3%	61.3%	53.4%	46.0%

Lampiran 11. Effective Working Hours

Equipment Path	Brand	Class	Type	Owning	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
HITACHI ZX210F_GKU07	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	142.60	112.15	112.45	119.20	139.53	151.46	159.39	121.56	141.27	143.05	117.29	92.78
HITACHI ZX210F_GKU08	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	142.60	112.15	112.45	119.20	139.53	151.46	159.39	121.56	141.27	143.05	117.29	92.78
CAT 320GC_01	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	142.60	112.15	112.45	119.20	139.53	151.46	159.39	121.56	141.27	143.05	117.29	92.78
CAT 320GC_02	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	142.60	112.15	112.45	119.20	139.53	151.46	159.39	121.56	141.27	143.05	117.29	92.78
HITACHI ZX350	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Plan	159.37	125.35	125.67	133.23	155.95	169.28	178.14	135.86	157.89	159.88	131.09	103.69
HINO 260JD	HINO	Dump Truck	HD	Plan	161.97	144.46	133.33	158.54	159.06	182.70	177.92	149.25	165.19	162.40	141.65	121.91

Lampiran 12. Distance

Equipment Path	Brand	Class	Type	Owning	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
HITACHI ZX210F_GKU07	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HITACHI ZX210F_GKU08	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	2.905	2.885	2.865	2.910	2.950	2.940	2.860	2.780	2.810	2.725	2.790	2.705
CAT 320GC_01	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	1.183	1.328	1.185	1.511	1.129	1.174	1.228	1.112	1.231	1.247	1.204	1.235
CAT 320GC_02	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	2.940	2.902	2.885	2.950	3.000	2.969	2.890	2.800	2.850	2.755	2.810	2.730
HITACHI ZX350	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Plan	1.205	1.384	1.226	1.511	1.179	1.174	1.228	1.112	1.229	1.247	1.204	1.235

Lampiran 13. Setting Fleet

Equipment Path	Brand	Class	Type	Own	Bucket		Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
CAT 320GC_02	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	1.0	Material	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara
						Productivity	81.66	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
						Distance	2,940.00	2,902.00	2,885.00	2,950.00	3,000.00	2,969.00	2,890.00	2,800.00	2,850.00	2,755.00	2,810.00	2,730.00
						HINO 260JD	26.13	26.38	26.50	26.06	25.74	25.94	26.46	27.08	26.73	27.40	27.01	27.58
						QTY	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
						CAT 320GC_02	78.39	79.14	79.49	78.19	77.23	77.82	79.39	81.24	80.20	81.66	81.03	81.66
						Productivity	0.96	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.97	0.99	0.98	1.01	0.99	1.01
						MF												
HITACHI ZX210F_GKU08	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	0.80	Material	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara	Batubara
						Productivity	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24
						Distance	2,905.00	2,885.00	2,865.00	2,910.00	2,950.00	2,940.00	2,860.00	2,780.00	2,810.00	2,725.00	2,790.00	2,705.00
						HINO 260JD	25.7	25.8	25.9	25.6	25.4	25.4	26.0	26.5	26.3	26.9	26.4	27.0
						QTY	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
						HITACHI ZX210F_GKU08	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24	71.24
						Productivity	1.08	1.09	1.09	1.08	1.07	1.07	1.09	1.12	1.11	1.13	1.11	1.14
						MF												
CAT 320GC_01	HITACHI	Excavator	Shovel	Own	1	Material	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden
						Productivity	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79
						Distance	1,183.00	1,328.00	1,185.00	1,511.00	1,129.00	1,174.00	1,228.00	1,112.00	1,231.00	1,247.00	1,204.00	1,235.00
						HINO 260JD	50.84	47.62	50.79	44.09	52.16	51.06	49.80	52.59	49.73	49.37	50.35	49.64
						QTY	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
						CAT 320GC_01	94.79	94.79	94.79	88.18	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79	94.79
						Productivity	1.07	1.00	1.07	0.93	1.10	1.08	1.05	1.11	1.05	1.04	1.06	1.05
						MF												
HITACHI ZX350	HITACHI	Excavator	Shovel	Own	1.9	Material	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden	Overburden
						Productivity	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18
						Distance	1,205.00	1,384.00	1,226.00	1,511.00	1,179.00	1,174.00	1,228.00	1,112.00	1,229.00	1,247.00	1,204.00	1,235.00
						HINO 260JD	57.03	52.14	56.41	49.15	57.82	57.97	56.35	59.95	56.32	55.80	57.06	56.15
						QTY	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
						HITACHI ZX350	159.18	156.43	159.18	147.46	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18	159.18
						Productivity	1.07	0.98	1.06	0.93	1.09	1.09	1.06	1.13	1.06	1.05	1.08	1.06
						MF												

Lampiran 14. Match Factor

MF	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
HITACHI ZX210F_GKU08	1.08	1.09	1.09	1.08	1.07	1.07	1.09	1.12	1.11	1.13	1.11	1.14
CAT 320GC_01	1.07	1.00	1.07	0.93	1.10	1.08	1.05	1.11	1.05	1.04	1.06	1.05
CAT 320GC_02	0.96	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95	0.97	0.99	0.98	1.01	0.99	1.01
HITACHI ZX350	1.07	0.98	1.06	0.93	1.09	1.09	1.06	1.13	1.06	1.05	1.08	1.06

Qty	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
HINO 260JD	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
GENERAL (HINO 260JD)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Lampiran 15. Produksi Excavator Berdasarkan Material

Overburden		Equipment Path	Brand	Class	Type	Owning	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
Overburden		CAT 320GC_01	CATERPILLAR	Excavator	BACKHOE	Own	13,517	10,631	10,659	10,511	13,226	14,357	15,109	11,522	13,391	13,560	11,118	8,794
Overburden		HITACHI ZX350	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Plan	25,368	19,607	20,004	19,645	24,823	26,945	28,356	21,625	25,133	25,448	20,867	16,505
Batubara		Equipment Path	Brand	Class	Type	Owning	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23
COAL		CAT 320GC_02	Komatsu PC2000-8	Excavator	Shovel	Own	11,178	8,876	8,938	9,321	10,776	11,787	12,653	9,875	11,330	11,681	9,504	7,576
		HITACHI ZX210F_GKU08	HITACHI	Excavator	BACKHOE	Own	10,158	7,989	8,010	8,492	9,940	10,790	11,354	8,659	10,064	10,190	8,356	6,609

Lampiran 16. Sumprod

Material	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Aug-23	Sep-23	Oct-23	Nov-23	Dec-23	Total
Overburden	38,885	30,238	30,663	30,157	38,049	41,302	43,464	33,148	38,524	39,008	31,985	25,299	420,724
Batubara	21,336	16,865	16,948	17,813	20,716	22,577	24,007	18,535	21,394	21,871	17,860	14,185	234,108
SR	1.82	1.79	1.81	1.69	1.84	1.83	1.81	1.79	1.80	1.78	1.79	1.78	1.80
DISTANCE													
Overburden	1,194	1,356	1,206	1,511	1,154	1,174	1,228	1,112	1,230	1,247	1,204	1,235	1,232
Batubara	2,923	2,894	2,875	2,930	2,975	2,955	2,875	2,790	2,830	2,740	2,800	2,718	2,863

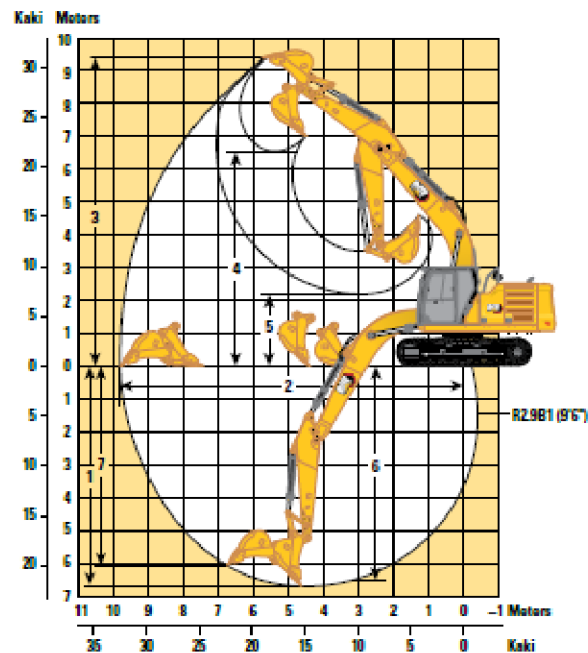
Lampiran 17. Spesifikasi Alat Mekanis

Excavator Caterpillar 320 GC

Spesifikasi Hydraulic Excavator 320 GC

Rentang Kerja

Semua dimensi merupakan nilai perkiraan dan bisa berbeda tergantung pada pilihan bucket.



Opsi Boom	Boom Penjangkau 5,7 m (18'8")	
Opsi Stick	Stick Penjangkau R2.9B1 (9'6")	
1 Kedalaman Penggalian Maksimum	6630 mm	21'9"
2 Jangkauan Maksimum di Permukaan Tanah	9770 mm	32'
3 Tinggi Pemotongan Maksimum	9440 mm	30'11"
4 Tinggi Pemuatan Maksimum	6580 mm	21'7"
5 Tinggi Pemuatan Minimum	2260 mm	7'5"
6 Potongan Dalam Maksimum untuk Dasar Rata 2440 mm (8'0")	6460 mm	21'2"
7 Kedalaman Penggalian Maksimum Dinding Vertikal	6010 mm	19'8"
Daya Penggalian Bucket (ISO)	129 kN	29.007 lbf
Daya Penggalian Stick (ISO)	99 kN	22.301 lbf
Tipe Bucket	GD	
Kapasitas Bucket	1,0 m ³	1,31 yd ³
Radius Tip Bucket	1560 mm	5'1"

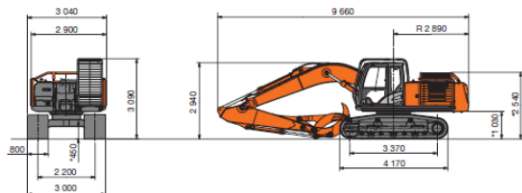
Excavator Hitachi Zaxis 210F

SPECIFICATIONS

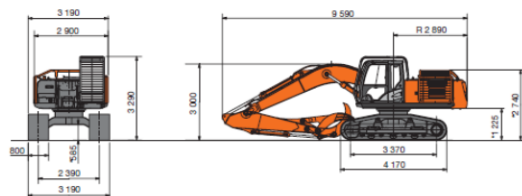
DIMENSIONS ZX210F-5G/ZX210MF-5G

Unit: mm

ZX210F-5G



ZX210MF-5G



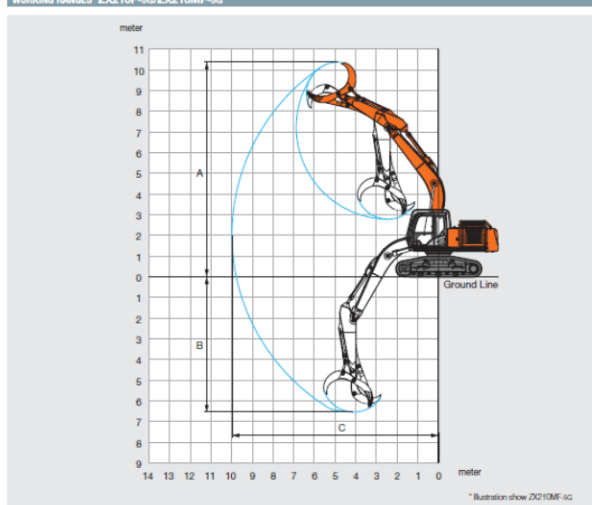
* Excluding track shoe lug

DIGGING FORCES

	ZX210F-5G	ZX210MF-5G
Arm length	2.91 m	
Bucket digging force* ISO	158 kN (16 200 kgf)	158 kN (16 200 kgf)
Arm digging force* ISO	114 kN (11 600 kgf)	114 kN (11 600 kgf)

*At power boost

WORKING RANGES ZX210F-5G/ZX210MF-5G



* Illustration show ZX210MF-5G

	ZX210F-5G	ZX210MF-5G
Arm length	2.91 m	
A Max. Working height	10 210	10 360
B Max. Working depth	6 710	6 540
C Max. Working reach	9 980	9 980

Excluding track shoe lug

ZAXIS-5 series Forest Machine

HITACHI

Reliable solutions

FOREST MACHINE

ZA/IS 210F/210MF

APPLICATION & ATTACHMENT



Model Code	ZX210F-5G	ZX210MF-5G
Engine Rated Power	125 kW (168 HP)	125 kW (168 HP)
Backhoe Bucket (ISO Heaped)	0.91 m³	0.91 m³
Operating Weight	22 200 kg	22 400 kg

Model	Isuzu AH-6HK1X
Type	4-cycle water-cooled, direct injection
Aspiration	Turbocharged, intercooled
No. of cylinders	6
Rated power	
ISO 9249, net	184 kW (246 HP) at 2 000 min ⁻¹ (rpm)
Piston displacement ..	7.790 L

Dump Truck Hino FM 260 JD

Spesifikasi Hino FM 260 JD

Mekanikal

Performa

Kecepatan Maksimum : 86 (km/jam)

Daya Tanjak (tan Ø) : 47,1

Model Mesin

Model : J08E - UF

Tipe : Mesin Diesel 4 Langkah Segaris; Direct Injection; Turbo Charge Intercooler

Tenaga Maksimum (PS/rpm) : 260/2.500

Torsi Maksimum (Kgm/rpm) : 76/1.500

Jumlah Silinder : 6

Diameter x Langkah Piston (mm) : 112 x 130

Isi Silinder (cc) : 7.684

Kopling

Tipe : Pelat Kering Tunggal dengan Coil Spring; Hydraulic Operation; Dilengkapi Clutch Booster

Diameter Cakram : 380 mm

Transmisi

Tipe : ZF 9S 1110TD

Perbandingan Gigi : -

C : 12,728

ke-1 : 8,829

ke-2 : 6,281

ke-3 : 4,644

ke-4 : 3,478

ke-5 : 2,538

ke-6 : 1,806

ke-7 : 1,335

ke-8 : 1,000

Mundur 12,040

Kemudi



Dimensi

Tangki Solar

Kapasitas : 200 lt

Dimensi (mm)

Jarak Sumbu Roda : 4.130 + 1.300

Cabin to End : -

Total Panjang : 8.480

Total Lebar : 2.450

Total Tinggi : 2.700

Lebar Jejak Depan : 1.930

Lebar Jejak Belakang : 1.855

Julur Depan : 1.255

Julur Belakang : 1.795

Berat Chassis (kg)

Depan : 2.891

Belakang : 4.090

Berat Kosong : 6.981

GVWR / GCWR : 26000

Lampiran 18. Peta Desain *Pit* dan *Inpit Dump*
Triwulan I

Lampiran 19. Peta *Line Section* Desain *Pit* dan *Inpit*
Dump Triwulan I

Lampiran 20. Penampang Desain *Pit Triwulan I*

Lampiran 21. Penampang Desain *Inpit Dump*
Triwulan I

Lampiran 22. Peta Desain *Pit* dan *Inpit Dump*
Triwulan II

Lampiran 23. Peta *Line Section* Desain *Pit* dan *Inpit*
Dump Triwulan II

Lampiran 24. Penampang Desain *Pit Triwulan* II

Lampiran 25. Penampang Desain *Inpit Dump*
Triwulan II

Lampiran 26. Peta Desain *Pit* dan *Inpit Dump*
Triwulan III

Lampiran 27. Peta *Line Section* Desain *Pit* dan *Inpit*
Dump Triwulan III

Lampiran 28. Penampang Desain *Pit Triwulan* III

Lampiran 29. Penampang Desain *Inpit Dump*
Triwulan III

Lampiran 30. Peta Desain *Pit* dan *Inpit Dump*
Triwulan IV

Lampiran 31. Peta *Line Section* Desain *Pit* dan *Inpit*
Dump Triwulan IV

Lampiran 32. Penampang Desain *Pit Triwulan* IV

Lampiran 33. Penampang Desain *Inpit Dump*
Triwulan IV

Lampiran 34. Curah Hujan Dan Jam Rencana

Curah Hujan Bulanan													
Month													
Year	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Maks
2018	174,10	175,60	439,40	341,80	349,70	90,40	29,00	75,70	161,20	112,60	371,60	322,30	439,40
2019	290,10	371,00	221,30	399,10	183,20	126,00	63,00	80,50	39,30	158,90	160,90	185,40	399,10
2020	186,00	166,80	212,40	250,60	311,10	170,50	154,50	216,70	207,70	287,10	245,50	447,00	447,00
2021	183,00	28,10	411,30	437,50	320,10	169,70	273,9	164,0	336,4	294,1	348,9	251,40	437,50
2022	294,10	225,20	431,1	206,60	197,0	227,5	135,9	307,9	175,1	478,40	314,70	243,90	478,40

Jam Hujan per Bulan														
Tahun		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Total
2018		13,3	87,14	89,3	11,12	43,72	26,47	8,3	36,88	8,89	15,01	29,45	69,36	438,94
2019		25,58	58,42	31,85	26,25	24,3	10,25	11,7	21,3	11,3	11,09	14,25	59,13	305,42
2020		29,01	27,52	59,63	58,64	36,3	34,58	37,4	24,68	50,61	35,91	24,22	109,36	527,86
2021		49,45	8,93	59,47	75,12	39,22	9,88	20,79	80,83	48,69	31,38	71,47	59,01	554,24
2022		66,57	39,02	54,47	36,04	31,22	28,59	47,88	73,28	58,47	110,82	107,28	45,1	698,74
Jumlah /5 thn		183,91	221,03	294,72	207,17	174,76	109,77	126,07	236,97	177,96	204,21	246,67	341,96	2525,2
Rata-rata		36,782	44,206	58,944	41,434	34,952	21,954	25,214	47,394	35,592	40,842	49,334	68,392	505,04

Hari Hujan Sebenarnya per Bulan														
Tahun		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Total
2018		7	8	18	12	16	7	4	6	10	16	21	16	141
2019		16	17	12	14	8	6	4	7	6	11	9	11	121
2020		7	9	15	13	6	10	14	7	19	16	5	22	143
2021		12	4	18	18	12	4	5	17	13	15	14	13	145
2022		14	9	16	15	13	12	14	16	13	23	20	12	177
Jumlah /5 thn		56	47	79	72	55	39	41	53	61	81	69	74	727
Rata-rata		11,2	9,4	15,8	14,4	11	7,8	8,2	10,6	12,2	16,2	13,8	14,8	145,4
Rata-rata hari hujan adalah		12,12												

Reduce Variate (Y_t)			
Periode ulang, T_r (Tahun)	Reduce Variate Y_{tr}	Periode ulang, T_r (Tahun)	Reduce Variate Y_{tr}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,4999	200	5,2969
10	2,2504	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

Sampel	Y_n	Y_N	$Y_n - Y_N$	$(Y_n - Y_N)^2$
1	1,701983355	0,46	1,243189191	1,545519364
2	0,902720456		0,443926291	0,197070552
3	0,366512921		-0,092281244	0,008515828
4	-0,094047828		-0,552841992	0,305634268
5	-0,583198081		-1,041992245	1,08574784
Total	2,293970823			
Rata-rata	0,46			
$Y_n =$	0,46			
$S_n =$	0,89			

Curah Hujan Maksimum 5 Tahun		
Year	Month	Rain Fall (X_i)
2018	November	439,40
2019	April	399,10
2020	Desember	447,00
2021	Desember	437,50
2022	Oktober	478,40
Jumlah		2201,40
Average(x)		440,28

Standard Deviation			
$\bar{x}$ (mm)	x_i (mm)	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
440,28	439,40	-0,88	0,77
440,28	399,10	-41,18	1695,79
440,28	447,00	6,72	45,16
440,28	437,50	-2,78	7,73
440,28	478,40	38,12	1453,13
Jumlah			3202,59
$n-1$			4,00
S^2			800,65
S			28,30

Curah Hujan Rencana				
Bulan	Periode Ulang	CHR	CHR	Intensitas Hujan
	(T)	(mm/bulan)	(mm/hari)	(mm/jam)
Januari	2	437,343	39,049	6,103
Februari	2	437,343	46,526	5,676
Maret	2	437,343	27,680	4,041
April	2	437,343	30,371	5,328
Mei	2	437,343	39,758	5,982
Juni	2	437,343	56,070	9,879
Juli	2	437,343	53,335	8,792
Agustus	2	437,343	41,259	5,319
September	2	437,343	35,848	6,353
Oktober	2	437,343	26,996	5,499
November	2	437,343	31,692	4,626
Desember	2	437,343	29,550	3,706

Jam Hujan Rencana Per Bulan														
tahun		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Total
2023		37,00	45,04	57,82	40,00	38,48	21,53	25,01	46,75	33,38	35,97	50,50	68,02	499,49

Lampiran 35. Debit Air Limpasan Dan Rencana Pemompaan

Kemiringan	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
Datar	Persawahan, rawa-rawa	0,2
Kemiringan < 3%	Hutan, perkebunan	0,3
	Pemukiman	0,4
Agak miring (3-15%)	Hutan, perkebunan	0,4
	Pemukiman	0,5
	Vegetasi ringan	0,6
	Tanah gundul	0,7
Curam	Hutan	0,6
Kemiringan > 15%	Pemukiman	0,7
	Vegetasi ringan	0,8
	Tanah gundul, penambangan	0,9

Debit Air Limpasan 1								
Bulan	Periode	Ketetapan	C	I	A	Q	Q	Q
	(T)			(mm/jam)	Km ²	(m ³ /detik)	(m ³ /jam)	(m ³ /hari)
Januari	2	0.278	0.9	6.10	0.0063	0.01	34.63	114.41
Februari	2	0.278	0.9	5.68	0.0153	0.02	78.22	374.73
Maret	2	0.278	0.9	4.04	0.0182	0.02	66.24	242.42
April	2	0.278	0.9	5.33	0.0229	0.03	109.91	305.29
Mei	2	0.278	0.9	5.98	0.0307	0.05	165.40	578.58
Juni	2	0.278	0.9	9.88	0.0333	0.08	296.31	817.83
Juli	2	0.278	0.9	8.79	0.0375	0.08	296.96	905.71
Agustus	2	0.278	0.9	5.32	0.0425	0.06	203.61	897.92
September	2	0.278	0.9	6.35	0.0467	0.07	267.24	731.13
Oktober	2	0.278	0.9	5.50	0.0475	0.07	235.28	522.38
November	2	0.278	0.9	4.63	0.05	0.06	208.35	762.52
Desember	2	0.278	0.9	3.71	0.05	0.05	166.91	767.07

Q	Q	Q	jam pemompaan Perminggu	jam pompa pertiga hari
(m ³ /hari)	(m ³ /Perminggu)	(m ³ /Pertigahari)		
114.411	800.88	343.23	2.63	1.13
374.725	2,623.08	1,124.18	8.60	3.69
242.423	1,696.96	727.27	5.56	2.38
305.288	2,137.01	915.86	7.01	3.00
578.575	4,050.03	1,735.73	13.28	5.69
817.832	5,724.82	2,453.49	18.77	8.04
905.706	6,339.94	2,717.12	20.79	8.91
897.919	6,285.44	2,693.76	20.61	8.83
731.130	5,117.91	2,193.39	16.78	7.19
522.377	3,656.64	1,567.13	11.99	5.14
762.517	5,337.62	2,287.55	17.50	7.50
767.073	5,369.51	2,301.22	17.60	7.54

Lampiran 36. Catchment Area Maksimum