

SKRIPSI

**PERENCANAAN TEKNIS *SEQUENCE*
PENAMBANGAN BATUBARA DAN *SEQUENCE*
PENGUPASAN SERTA PENIMBUNAN *OVERBURDEN*
PT SATRIA MAYANGKARA SEJAHTERA *JOBSITE* PT
SRIWIJAYA BANGKIT ENERGY, LAHAT, SUMATERA
SELATAN, TAHUN 2021**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas
Sriwijaya**



Oleh :

Muhammad Iqbal Khairul Saleh

03021381722112

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN TEKNIS *SEQUENCE* PENAMBANGAN BATUBARA DAN *SEQUENCE* PENGUPASAN SERTA PENIMBUNAN *OVERBUDEN* PT SATRIA MAYANGKARA SEJAHTERA *JOBSITE* PT SRIWIJAYA BANGKIT ENERGY, LAHAT, SUMATERA SELATAN,TAHUN 2021

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

Muhammad Iqbal Khairul Saleh
NIM. 03021381722112

Palembang, Agustus 2021

Pembimbing I



Ir. Muhammad Amin, M.S.
NIP. 195808181986031006

Pembimbing II



Bochori, S.T., M.T.
NIP. 197410252002121003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan



Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP. 196211221991021001

HALAMAN PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Khairul Saleh
NIM : 03021381722112
Judul : Perencanaan Teknis *Sequence* Penambangan Batubara dan *Sequence* Pengupasan serta Penimbunan *Overbuden* PT Satria Mayangkara Sejahtera *Jobsite* PT Sriwijaya Bangkit Energy, Lahat, Sumatera Selatan Tahun 2021.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian apabila dalam 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk mendapatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan siapapun.

Palembang, Juli 2021



Muhammad Iqbal Khairul Saleh
03021381722113

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Khairul Saleh

NIM : 03021381722112

Judul : Perencanaan Teknis *Sequence* Penambangan Batubara dan *Sequence* Pengupasan serta Penimbunan *Overbuden* PT Satria Mayangkara Sejahtera *Jobsite* PT Sriwijaya Bangkit Energy, Sumatera Selatan Tahun 2021.

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi dosen pembimbing dan bukan penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan siapapun.



Palang, Agustus 2021


METERAI TEMPEL
09EAXJ343513661
Muhammad Iqbal Khairul Saleh
NIM. 03021381722113

RIWAYAT PENULIS



Muhammad Iqbal Khairul Saleh lahir di Curup, pada tanggal 10 Juli 2000. Anak pertama dari tiga bersaudara bersaudara. Ayah bernama Nasrullah dan Ibu bernama Sangkut Sadaryani. Penulis mengawali tingkat pendidikan tingkat dasar di Madrasah Ibtidaiyah Muhammadiyah 14 Curup pada tahun 2005 kemudian Pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Curup Timur hingga lulus di tahun 2014, pada tahun 2014 melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN 2 Rejang Lebong hingga lulus pada tahun 2017, kemudian melanjutkan pendidikan dengan berkuliah di Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Selama menjadi mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya Muhammad Iqbal Khairul Saleh aktif dalam organisasi internal dan eksternal kampus, yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa keluarga Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM KM FT) menjabat sebagai Sekretaris Jenderal. Keluarga Mahasiswa Islam Fakultas Teknik (KALAM FT) menjabat sebagai Kepala Departemen Dana dan Usaha. Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia menjabat sebagai Kepala Departemen Eksternal dan Ikatan Mahasiswa Bumi Raflesia sebagai anggota departemen Humas.

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Teruntuk ayah saya Nasrullah dan Ibu saya Sangkut Sadaryani, serta adik saya fadil dan zafira yang senantiasa melangitkan doa dan membumikan usaha sehingga saya masih dapat berdiri. Sahabat seperjuangan Tameng 17, kawan – kawan ormawa fakultas teknik yang telah membantu saya berproses dan bermanfaat.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkah dan rahmat-Nya laporan tugas akhir yang berjudul *Perencanaan Teknis Sequence Penambangan Batubara dan Sequence Pengupasan serta Penimbunan Overbuden PT Satria Mayangkara Sejahtera Jobsite PT Sriwijaya Bangkit Energy, Lahat, Sumatera Selatan Tahun 2021*.

Proses penyelesaian laporan tugas akhir ini banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Terimakasih disampaikan kepada Ir. Muhammad Amin, M.S. dan Bochori, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan pihak lain:

1. Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Ardiansyah, M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya;
2. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S. dan RR Yunita Bayu Ningsih, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya;
3. Ir. Muhammad Amin M.S. Sebagai dosen pembimbing akademik;
4. Dosen-dosen, pegawai, serta karyawan administrasi Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan membantu selama proses penelitian Tugas Akhir;
5. Dessy Efriyanti, S.T. selaku *Board of Director* dan Dwi Eriyanto, S.T. selaku pembimbing lapangan PT Sriwijaya Bangkit Energy;
6. Seluruh tim inti PT Sriwijaya Bangkit Energy dan PT Satria Mayangkara Sejahtera.

Kekurangan baik dalam segi materi maupun penyusunan kata-kata masih terdapat dalam penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu permintaan maaf disampaikan kepada seluruh pembaca. Saran dan kritik dari seluruh pembaca merupakan suatu hal yang sangat berharga untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas laporan tugas akhir ini.

Palembang, Agustus 2021

Muhammad Iqbal Khairul Saleh

RINGKASAN

PERENCANAAN TEKNIS *SEQUENCE* PENAMBANGAN BATUBARA DAN *SEQUENCE* PENIMBUNAN *OVERBUDEN* PT SATRIA MAYANGKARA SEJAHTERA *JOBSITE* PT SRIWIJAYA BANGKIT ENERGY, LAHAT, SUMATERA SELATAN TAHUN 2021.

Karya Tulis Ilimiah Berupa Skripsi, Agustus 2021

Muhammad Iqbal Khairul Saleh: Dibimbing oleh Ir. Muhammad Amin M.S. dan Bochori S.T., M.T.

XVII + 79 halaman, 71 gambar, 27 tabel, 16 Lampiran.

ABSTRAK

PT Satria Mayangkara Sejahtera (PT SMS) merupakan perusahaan di bidang pertambangan batubara yang berlokasi di Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Tahun 2020 PT SMS melakukan revisi studi kelayakan tambang dikarenakan penemuan lokasi *seam* batubara baru yaitu *seam D* sehingga diperlukan perencanaan desain penambangan baru yang mulai akan dilaksanakan pada bulan Januari 2021. Target produksi batubara yang ditetapkan PT SMS pada tahun 2021 adalah sebesar 173.725 ton. Target produksi tersebut dapat dicapai dengan rancangan teknis *sequence* penambangan bulanan yang terdiri dari *sequence pit* penambangan bulanan dan *sequence disposal overburden* periode triwulan. Rancangan timbunan untuk menampung volume *overburden* hasil *sequence* penambangan bulanan. Penempatan area timbunan akan dilaksanakan dengan dua metode yaitu *inpit dump* dan *outpit dump*. Desain pit yang dibuat mempertimbangan batas area yang direncanakan, geometri penambangan, rekomendasi geoteknik dan target produksi yang ditetapkan. Sedangkan pembuatan desain disposal dibuat berdasarkan geometri lereng timbunan, area yang diizinkan, dan volume *overburden* hasil penambangan. Perancangan dibuat menggunakan *software* Minescape 5.7, *scheduling* penambangan menggunakan X-pack 7.1 dan pembuatan peta menggunakan google earth dan Arch Gis 10.8. Berdasarkan target produksi 173.725 ton batubara pada tahun 2021 dan target pemindahan *overburden* sebesar 1.324.593 BCM. Desain *sequence* penambangan bulanan yang didesain dengan arah kemajuan mengikuti arah *strike seam D* yaitu dari arah barat laut menuju tenggara. Penambangan dilakukan dari *high wall* menuju *low wall* dengan pertimbangan area yang paling dekat dengan jalan angkut serta bertujuan untuk mempercepat proses *in pit dump*. Menggunakan asumsi *macth factor* 1 maka jumlah alat yang dibutuhkan pada kegiatan *coal getting* adalah 1 unit *Hydraulic Excavator* Sany SY215H dipasangkan dengan 2 unit *dump truck* Hino 500 Ranger FM 260 JD. Kegiatan pengupasan *overburden* membutuhkan alat gali muat dan alat angkut berjumlah 3

unit *Hydraulic Excavator* Sany SY245H beserta 12 unit *Dump Truck* Hino 500 Ranger FM 260 JD.

Kata Kunci : Desain *Pit*, *Sequence*, *Disposal*, Produksi.

SUMMARY

TECHNICAL PLANNING OF COAL MINING SEQUENCE AND OVERBUDEN HILLING SEQUENCE PT SATRIA MAYANGKARA SEJAHTERA JOBSITE PT SRIWIJAYA BANGKIT ENERGY, LAHAT, SOUTH SUMATERA, YEAR 2021.

Scientific Paper in the form of Skripsi, July 2021

Muhammad Iqbal Khairul Saleh: *Supervised by* Ir. Muhammad Amin M.S. dan Bochori S.T., M.T.

XVII + 79 Pages, 71 Image, 27 Table, 16 attachment.

ABSTRACT

PT Satria Mayangkara Sejahtera (PT SMS) is a coal mining company located in West Merapi District, Lahat Regency, South Sumatra Province. In 2020 PT SMS revised the mine feasibility study due to the discovery of a new coal seam location, namely seam D so that a new mining design plan is needed which will begin to be implemented in January 2021. The coal production target set by PT SMS in 2021 is 173,725 tons. The production target can be achieved with a monthly mining sequence technical design consisting of a monthly mining pit sequence and a quarterly overburden disposal sequence. Stockpile design to accommodate the volume of overburden resulting from monthly mining sequences. The placement of the stockpile area will be carried out using two methods, namely input dump and output dump. The pit design is made considering the planned area boundaries, mining geometry, geotechnical recommendations and the set production targets. While the disposal design is made based on the geometry of the embankment slope, the permitted area, and the volume of overburden resulting from mining. The design was made using Minescape 5.7 software, mining scheduling using X-pack 7.1 and map making using Google Earth and Arch Gis 10.8. Based on the production target of 173,725 tons of coal in 2021 and the overburden removal target of 1,324,593 BCM. The monthly mining sequence design is designed with the direction of progress following the strike seam D direction, namely from the northwest to the southeast. Mining is carried out from the high wall to the low wall with consideration of the area closest to the haul road and aims to speed up the in pit dump process. Using the assumption of match factor 1, the number of tools needed for coal getting activities is 1 unit of Sany SY215H Hydraulic Excavator paired with 2 units of Hino 500 Ranger FM 260 JD dump truck. Overburden stripping activities requires digging and loading equipment totaling 3 units of Sany SY245H Hydraulic Excavator along with 12 units of Dump Truck Hino 500 Ranger FM 260 JD.

Key Word : Pit Design, Sequence, Disposal, Production.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
RIWAYAT PENULIS.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	iii
RINGKASAN.....	viii
DAFTAS ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB 1. PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1. Perencanaan Tambang	4
2.1.1. Sistem Penambangan	4
2.1.2. Perencanaan Tambang	4
2.1.3. Desain Teknis Tambang Terbuka	5
2.1.4. Perencanaan <i>Sequence</i> Penambangan.....	6
2.1.5. Desain Pit.....	7
2.1.6. Analisa Kemantapan Lereng.....	12
2.1.7. Penjadwalan Produksi.....	13
2.2. Perencanaan <i>Disposal</i>	14
2.2.1. Desain Overburden Disposal	14
2.2.2. Geometri Lereng Timbunan.....	15
2.3. Perencanaan Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	16
2.3.1. Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	17
2.3.2. Penjadwalan Alat	22
 PENELITIAN	 26

3.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	26
3.2. Jadwal Penelitian	27
3.3. Rancangan Penelitian.....	28
3.3.1. Orientasi Lapangan	28
3.3.2. Studi Literatur	28
3.3.3. Pengambilan Data (<i>Sampling</i>)	29
3.3.4. Pengolahan dan Analisis Data	30
3.3.5. Kesimpulan dan Saran	34
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil Observasi Lapangan	36
4.1.1. Kondisi Aktual Penambangan	36
4.1.2. Sebaran <i>Seam</i> Batubara PT SMS.....	37
4.2. Rencana Desain <i>Sequence</i> Penambangan	39
4.2.1. Geometri Lereng penambangan.....	39
4.2.2. Geometri Jalan Angkut	41
4.2.3. <i>Stripping Ratio</i>	41
4.2.4. Target Produksi	42
4.2.5. Desain <i>Pit Limit</i>	43
4.2.6. Desain <i>Pit</i> Penambangan	44
4.2.7. Rancangan Batter Block	46
4.2.8. Arah <i>Sequence</i> Penambangan.....	47
4.2.9. Desain <i>Sequence</i> Penambangan Bulanan Tahun 2021	49
4.3. Rencana Desain <i>Sequence</i> Penimbunan.....	62
4.3.1. Penentuan Lokasi <i>Disposal</i>	62
4.3.2. Geometri Lereng Timbunan.....	63
4.3.3. Jumlah <i>Overburden</i> Kegiatan Penambangan.....	64
4.3.4. Rencana Arah Kemajuan Penimbunan <i>Disposal</i>	65
4.3.5. Desain <i>Sequence</i> Penimbunan tahun 2021	65
4.4. Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut	72
4.4.1. Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasa <i>Overburden</i>	75
4.4.2. Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Penambangan Batubara.....	75
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1. Kesimpulan	77
5.2. Saran	78
 DAFTAR PUSTAKA	79

DAFTAR GAMBAR

2.1. Bagian-bagian jenjang (Hustrulid dan Kutcha, 1995).....	7
2.2. Lebar jalan angkut pada jalan tikungan (Hartman, 1987).....	10
2.3. Kemiringan (<i>grade</i>) jalan angkut 1 % (Arif dan Adisoma, 2002)	11
2.4. Metode Penimbunan <i>Disposal</i> (SME, 2011)	14
2.5. (A) <i>Valley Fill</i> , (B) <i>Terraced Dump</i> (Hartman dan Howard, 1987).....	15
3.1. WIUP PT Satria Mayangkara Sejahtera	26
3.2. Peta Kesampaian Daerah	27
3.3. Bagan alir penelitian.....	35
4.1. Kondisi Aktual Penambangan PT SMS	37
4.2. Sebaran <i>seam</i> batuabara PT SMS	38
4.3. <i>Cross Section Seam</i> Batubara	38
4.4. Model 2D <i>Seam</i> Batubara A,B,C Dan D PT SMS	39
4.5. Geometri Jenjang <i>Pit</i> Penambangan.....	40
4.6. <i>overall slope</i>	41
4.7. Desain <i>Pit Limit</i> pada <i>Pit 2</i>	44
4.8. Desain <i>pit</i> penambangan pada <i>pit 2</i> PT SMS.....	45
4.9. <i>Section pit 2</i>	46
4.10. Desain <i>Batter Block pit 2</i> PT SMS	47
4.11. Sekuen penambangan bulan januari 2021.....	49
4.12. Sekuen penambangan bulan february 2021.....	50
4.13. Sekuen penambangan bulan maret 2021	51
4.14. Sekuen penambangan bulan April 2021	51
4.15. Sekuen penambangan bulan mei 2021	53
4.16. Sekuen penambangan bulan juni 2021.....	54
4.17. Sekuen penambangan bulan juli 2021	55
4.18. Sekuen penambangan bulan agustus 2021	56
4.19. Sekuen penambangan bulan september 2021.....	57
4.20. Sekuen penambangan bulan oktober 2021	58
4.21. Sekuen penambangan bulan november 2021	59
4.22. Sekuen penambangan bulan desember 2021.....	60

4.23. Geometri lereng timbunan	64
4.24. Sekuen penimbunan triwulan I tahun 2021	66
4.25. <i>Section</i> sekuen penimbunan triwulan I tahun 2021	66
4.26. Sekuen penimbunan triwulan II tahun 2021	67
4.27. <i>Section</i> sekuen penimbunan triwulan II tahun 2021	68
4.28. Sekuen penimbunan triwulan III tahun 2021	69
4.29. <i>Section</i> sekuen penimbunan triwulan III tahun 2021	69
4.30. Sekuen Penimbunan Triwulan IV Tahun 2021	71
4.31. <i>Section</i> sekuen penimbunan triwulan IV tahun 2021.....	71
A.1. Peta sebaran <i>seam</i> A	81
A.2. Peta Sebaran <i>Seam</i> B.....	81
A.3. Peta Sebaran <i>Seam</i> C	82
A.4. Peta Sebaran <i>Seam</i> C	82
C.1. <i>Hydraulic Excavator</i> Sany SY245H	86
C.2. <i>Hydraulic Excavator</i> Sany SY215C	87
C.3. <i>Dump Truck</i> Hino 500 Ranger FM 260 JD	88
D.1. Kemiringan jalan <i>grade</i> 10 %	91
F.1. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Highwall Kondisi Circular, Statis.....	94
F.2. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Highwall Kondisi Circular, Dinamis.....	94
F.3. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Highwall Kondisi Non-Circular, Statis...94	
F.4. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Highwall Kondisi Non-Circular, Dinamis95	
F.5. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Circular, Statis.....	95
F.6. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Circular, Dinamis.....	96
F.7. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Non-Circular, Statis... 96	
F.8. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Non-Circular, Dinamis96	
F.9. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Circular, Statis.....97	
F.10. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Circular, Dinamis.....97	
F.11. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Non-Circular, Statis...97	
F.12. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Lowwall Kondisi Non-Circular, Dinamis.....	98
F.13. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Sidewall B Kondisi Circular, Statis.....98	
F.14. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Sidewall B Kondisi Circular, Dinamis....98	

F.15. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Sidewall B Kondisi Non-Circular Statis.	99
F.16. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Sidewall B Kondisi Non-Circular, Dinamis.....	99
F.17. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Kondisi Circular, Statis.....	99
F.18. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Kondisi Circular, Dinamis...	100
F.19. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Kondisi Non-Circular, Statis.....	100
F.20. Hasil Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Kondisi Non-Circular, Dinamis.....	100
H.1. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Januari	111
H.2. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Februari	112
H.3. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Maret	113
H.4. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan April.....	114
H.5. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Mei	115
H.6. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Juni	116
H.7. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Juli	117
H.8. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Agustus.....	118
H.9. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan September	119
H.10. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Oktober.....	120
H.11. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan November.....	121
H.12. <i>Section Sequence</i> Penambangan Bulan Desember.....	123
K.1. Simulasi jarak angkut rata-rata untuk kegiatan pengupasan tanah penutup tahun 1	125
J.1. Simulasi jarak angkut rata-rata untuk kegiatan pengupasan tanah penutup tahun 1	125
J.2. Simulasi jarak angkut rata-rata untuk kegiatan pengupasan tanah penutup tahun 1	126

DAFTAR TABEL

2.1. <i>Standard Cycle Time Excavator</i> (Komatsu, 2013).....	16
2.2. <i>Conversion Factor Excavator</i> (Komatsu, 2013)	16
2.3. <i>Bucket Fill Factor Excavator</i> (Komatsu, 2013).....	17
2.4. <i>Effisiensi Kerja Excavator</i> (Komatsu, 2013)	18
2.5. <i>Dumping Time Dumptruck</i> (Komatsu, 2013)	29
2.6. <i>Loading Position Time Dumptruck</i> (Komatsu, 2013).....	29
2.7. <i>Effisiensi Kerja Dumptruck</i> (Komatsu, 2013)	20
2.8. <i>Availability factor</i> (Indonesianto, 2012).....	24
3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian.....	28
3.1. Rangkaian Penyelesaian Masalah	33
4.1 Parameter rekomendasi geoteknik.....	40
4.2. Geometri Jalan Angkut	41
4.3. Rencana Produksi PT SMS.....	42
4.4. Rekapitulasi desain <i>sequence</i> bulanan tahun 2021.....	61
4.5 Rekomendasi Geometri dan Dimensi Lereng Timbunan.....	63
4.6. Kapasitas Desain Timbunan Rencana	65
4.7. Kapasitas <i>Sequence</i> Penimbunan	72
4.8. Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut	76
C.1. Spesifikasi <i>Hydraulic Excavator</i> Sany SY245H	86
C.2. Spesifikasi <i>Hydraulic Excavator</i> Sany SY215C	87
C.3. Spesifikasi <i>Dump Truck</i> Hino 500 Ranger FM 260 JD	88
E.1. Faktor konversi volume tanah/material, (Tenriajeng, 2003)	92
H.1. <i>Density</i> dan <i>swell factor</i> dari berbagai material (Tenriajeng, 2003).....	123
I.1. Faktor koreksi <i>bucket</i>	124
I.2. Faktor efisiensi kerja <i>excavator backhoe</i>	124
I.3. Faktor efisiensi kerja <i>dump truck</i>	124
K.1. Jadwal Kegiatan Harian.....	127

DAFTAR LAMPIRAN

A. Peta Sebaran Batubara <i>Seam</i> A, B, C, dan D	81
B. Geometri Lereng Penambangan	83
C. Spesifikasi sany 245	86
D. Geometri Jalan Angkut	89
E. Faktor Perubahan Volume Material	91
L. Geoteknik	93
G. Peta - Peta	101
H. <i>Section Sequence</i> Penambangan	119
I. Densitas dan <i>Swell Factor</i> Material	131
J. FK <i>Bucket</i> dan FK Eff Kerja	132
K. Simulasi Jarak Angkut	133
L. Waktu Kerja Rencana	135
M. Curah Hujan	136
N. <i>Cycle Time</i> Alat Gali Muat dan Alat Angkut	137
O. Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	138
P. Kebutuhan Alat Gali Muat	140

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Satria Mayangkara Sejahtera (PT SMS) merupakan perusahaan di bidang pertambangan batubara yang berlokasi di Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. PT SMS melakukan penambangan batubara dengan metode tambang terbuka (*surface mining*) yang melakukan kegiatan seperti pembersihan lahan, pengupasan lapisan tanah penutup, penggalian, pemuatan, dan pengangkutan dari *front* penambangan ke tempat penimbunan (*disposal area*). PT SMS memiliki luas wilayah izin usaha pertambangan seluas 195 ha selama periode produksi tahun 2019 – 2030 yang berdasarkan Surat Keputusan Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi dari Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Provinsi Sumatera Selatan Nomor: 0245/DPMPTSP.V/IV/2019 tanggal 23 April 2019. Tahun 2020 PT SMS melakukan revisi studi kelayakan tambang dikarenakan penemuan lokasi *seam* batubara baru yaitu *seam D* sehingga terjadi perubahan data cadangan yang harus dilaporkan. Ditemukan cadangan baru maka diperlukan perencanaan desain penambangan baru yang mulai akan dilaksanakan pada bulan Januari 2021.

Perencanaan tambang adalah penentuan persyaratan teknik pencapaian sasaran kegiatan serta urutan teknik pelaksanaan dalam berbagai macam anak kegiatan yang harus dilaksanakan untuk pencapaian tujuan dan sasaran kegiatan. Fungsi perencanaan penambangan yaitu sebagai kerangka susunan yang rinci terkait proyek penambangan dan menunjukkan urutan eksploitasi yang sesuai dengan desain serta peralatan (Taylor, 1977). Perencanaan teknis desain *pit* pada penelitian di PT SMS meliputi perencanaan desain *pit limit* dengan mempertimbangkan nilai *stripping ratio* (SR) yang diizinkan perusahaan, keadaan sebaran lapisan batubara, dan geometri jenjang sesuai rekomendasi tim geoteknik. Pembuatan desain *sequence* penambangan bulanan yang akan dilaksanakan oleh PT SMS dibutuhkan untuk mendukung upaya pencapaian produksi tahun 2021. Berdasarkan uraian tersebut dilakukan

penelitian dengan judul “ Perencanaan Teknis *Sequence* Penambangan Batubara dan *Sequence* Penimbunan *Overburden* pada PT Satria Mayangkara Sejahtera *Job site* PT Sriwijaya Bangkit Energy, Lahat, Sumatera Selatan Tahun 2021”.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana rencana desain *sequence* penambangan untuk menunjang kebutuhan target produksi bulanan di PT SMS pada tahun 2021?;
2. Bagaimana rencana desain *sequence* penimbunan untuk menunjang kebutuhan *overburden* yang dipindahkan di PT SMS pada tahun 2021?;
3. Berapa kebutuhan alat gali, muat, angkut untuk menunjang target produksi di PT SMS pada tahun 2021?.

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini berfokus pada perencanaan desain *sequence* penambangan bulanan yang akan dilaksanakan di PT SMS pada tahun 2021;
2. Penelitian ini berfokus pada perencanaan desain *sequence* penimbunan yang akan dilaksanakan di PT SMS pada tahun 2021;
3. Perencanaan disesuaikan dengan target produksi batubara dan *overburden* tahunan yang ditetapkan oleh PT SMS ;
4. Penelitian ini berfokus pada perhitungan kebutuhan alat mekanis yang dibutuhkan untuk memenuhi target produksi bulanan tahun 2021;
5. Penelitian ini berfokus pada aspek teknis tanpa mempertimbangkan aspek ekonomi.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa tujuan yaitu :

1. Membuat rencana desain *sequence* penambangan untuk menunjang kebutuhan target produksi bulanan di PT SMS pada tahun 2021;
2. Membuat rencana desain *sequence* penimbunan untuk menunjang kebutuhan *overburden* yang dipindahkan di PT SMS pada tahun 2021;

3. Menghitung kebutuhan alat gali, muat, angkut untuk menunjang target produksi di PT SMS pada tahun 2021.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi Peneliti

Peneliti dapat mendesain *sequence* penambangan batubara beserta desain *sequence* penimbunan *overburden* yang cocok sesuai dengan aspek teknis yang direkomendasikan serta dapat menganalisis jumlah cadangan batubara dan *overburden* yang akan ditambang di PT SMS.

2. Bagi Perusahaan

Penelitian ini bagi perusahaan bermanfaat sebagai referensi untuk mengetahui jumlah cadangan batubara dan *overburden* berdasarkan desain *sequence* penambangan yang telah dibuat serta referensi mengenai desain *sequence* penimbunan *overburden* untuk memenuhi target produksi PT SMS pada tahun 2021.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perencanaan Tambang

2.1.1. Sistem Penambangan

Secara umum ada dua jenis sistem penambangan yang dikenal dalam dunia pertambangan yaitu tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Metode Tambang terbuka adalah metode penambangan yang kegiatannya dilakukan diatas atau relatif mendekati permukaan bumi, dan tempat kerjanya langsung berhubungan dengan udara bebas. Berdasarkan letak, bentuk, dan sebaran endapan material yang akan ditambang, terdapat empat jenis tambang terbuka (Chironis dan Nicholas, 1978):

1. Open pit /Open cut

Metode ini biasanya diterapkan untuk penambangan endapan bijih (*ore*), seperti emas, nikel dan lainnya.

2. Tambang Quarry

Metode ini biasanya diterapkan untuk menambang endapan-endapan bahan galian industri seperti batu kapur, granit, pasir dan lain sebagainya.

3. Alluvial mining

Metode ini diterapkan untuk menambang endapan-endapan alluvial, misalnya tambang bijih timah, pasir besi, dan lain sebagainya.

4. Strip mine

Metode ini diterapkan untuk menambang endapan-endapan yang bentuknya kurang lebih mendatar, misalnya tambang batubara yang memiliki kemiringan endapan (*dip*) kecil atau landai.

2.1.2. Perencanaan Tambang

Perencanaan tambang menjadi tahapan penting dalam studi kelayakan dan rencana kegiatan penambangan mineral dan batubara. Aspek perencanaan tambang berhubungan dengan waktu, dan tidak berkaitan dengan masalah geometri, misalnya perhitungan kebutuhan alat dan tenaga kerja, perkiraan biaya kapital dan biaya operasi. Perancangan tambang meliputi perancangan

batas akhir penambangan (*ultimate pit limit*), tahapan penambangan (*push back*), urutan penambangan tahunan atau bulanan, penjadwalan produksi dan perancangan *waste dump* (Bargawa, 2018). Terdapat tiga faktor yang harus diperhatikan dalam proses perencanaan tambang yaitu: proses geologi dan alam, faktor ekonomi, dan faktor teknologi. Faktor-faktor tersebut berkaitan dengan masalah geometri, kebutuhan alat dan tenaga kerja, serta perkiraan biaya kapital dan operasi.

Perencanaan Tambang dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan waktu dan tujuannya (Oman, 1977):

1. *Long term planning* adalah kegiatan perencanaan yang diterapkan selama lebih dari 5 tahun disebut juga perencanaan jangka panjang;
2. *Medium term planning* adalah kegiatan perencanaan yang diterapkan selama 1-5 tahun disebut juga perencanaan jangka menengah;
3. *Short term planning* adalah kegiatan perencanaan yang diterapkan selama kurang dari 1 tahun. Kegiatan ini disebut juga perencanaan jangka pendek karena merupakan rincian dari perencanaan sebelumnya.

Salah satu aspek terpenting dalam perencanaan tambang adalah perancangan (desain) *pit* tambang. Perancangan *pit* tambang dilakukan setelah tahap eksplorasi dan studi konseptual.

2.1.3. Desain Teknis Tambang Terbuka

Desain teknis merupakan penentuan persyaratan, penentuan spesifikasi serta kriteria teknik yang rinci dan pasti guna mencapai sasaran dan tujuan kegiatan maupun urutan teknis pelaksanaannya. Terdapat dua tingkatan desain teknis (Hartman dan Howard, 1987) yaitu:

1. Desain Konsep (*Conceptual Design*)

Desain konsep merupakan suatu desain awal yang dibuat atas dasar analisis atau perhitungan secara garis besar dan baru dipandang dari segi terpenting, kemudian akan dikembangkan agar sesuai dengan kondisi nyata. Rancangan ini pada umumnya digunakan untuk perhitungan teknis dan penentuan urutan kegiatan sampai tahap studi kelayakan (*feasibility study*).

2. Desain Rekayasa (*Engineering Design*)

Desain rekayasa merupakan suatu desain lanjutan dari desain konsep yang disusun dengan rinci dan lengkap berdasarkan data dari laboratorium dan literatur, serta dilengkapi dengan pemeriksaan keadaan lapangan. Rancangan ini dipakai sebagai dasar acuan dari pelaksanaan kegiatan di lapangan yang meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan penambangan (*mining phases pushback*), penjadwalan produksi dan material buangan. Rancangan ini biasanya diperjelas menjadi rancangan tahunan, bulanan, mingguan dan harian.

2.1.4. Perencanaan Sequence Penambangan

Sequence Penambangan merupakan bentuk-bentuk penambangan yang menunjukkan bagaimana suatu *pit* akan ditambang dari titik awal masuk hingga bentuk akhir *pit*. *Sequence* penambangan disebut juga *phase*, *slice*, *stage* atau *pushback*. Tujuan umum dari *sequence* penambangan adalah untuk membagi seluruh volume yang ada didalam *life of mine* menjadi bagian – bagian kecil untuk mempermudah operasi. *Sequence* penambangan dapat memudahkan desain yang kompleks menjadi sederhana apabila direncanakan dengan baik.

Perencanaan sebuah *sequence* penambangan terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan seperti faktor geologi, alat berat yang digunakan, geoteknik, penjadwalan produksi, disposal, desain penambangan serta sistem penyaliran. Faktor - faktor tersebut mempengaruhi kelancaran kegiatan penambangan. *Sequence* yang dirancang secara baik dapat memberikan kemudahan akses pada area kerja dan luasan area kerja mempermudah operasi peralatan.

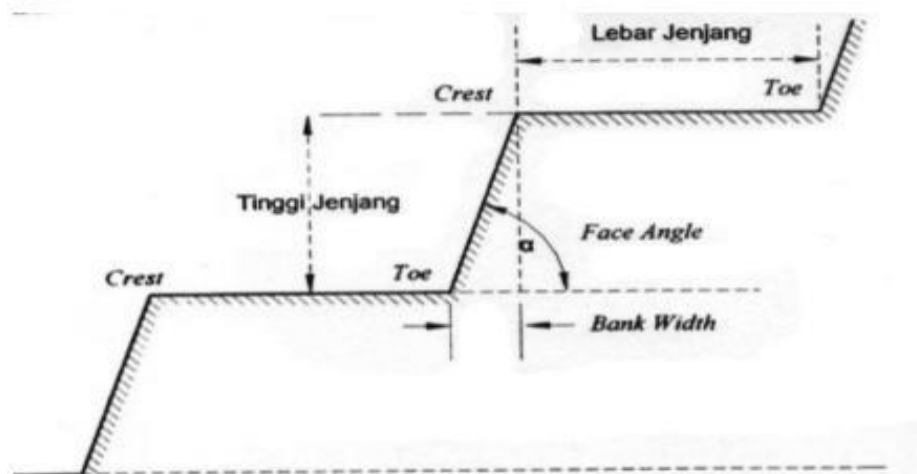
Terdapat beberapa langkah yang diperhatikan dalam rancangan tahapan penambangan, yaitu :

1. Jumlah batubara dan overburden yang akan ditambang;
2. Spesifikasi alat gali, muat dan angkut yang digunakan sehingga geometri jenjang operasi dapat dihitung;
3. Geometri *road access mine project* (RAMP) dan *overall slope*;
4. Mendesain *sequence* penambangan secara detail memperhatikan geometri jalan angkut, dimensi *single bench* dan memperhatikan tonase batubara dan overburden pada perubahan kedalaman.

2.1.5. Desain Pit

2.1.5.1. Geometri Jenjang

Desain *pit* pada sebuah tambang terbuka ditekankan pada desain geometri jenjang. Geometri jenjang adalah ukuran jenjang yang terdiri dari tinggi jenjang, lebar jenjang, dan kemiringan jenjang pada saat penambangan (Gambar 2.1) (Hustrulid dan Kutcha, 1995). Pengontrolan sudut lereng dilakukan menggunakan bendera kecil yang diletakkan pada bagian *crest*. Penggalian yang dilakukan operator diarahkan mencapai lokasi bendera menggunakan *bucket* (Arif dan Adisoma, 2002). Penentuan geometri jenjang ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan yaitu sasaran produksi bulanan dan tahunan, ukuran alat mekanis yang digunakan, sesuai dengan *ultimate pit slope*, dan sesuai dengan kriteria *slope stability* (Arif dan Adisoma, 2002).



Gambar 2.1. Bagian-bagian jenjang (Hustrulid dan Kutcha, 1995)

Penggambaran dengan metoda garis tengah (*centerline drawings*) yaitu dengan menggambar garis ketinggian kaki (*toe*) dan puncak jenjang (*crest*) menggunakan dua jenis garis, misalnya tipis/tebal, putus-putus/penuh atau dua warna yang berbeda. Ketinggian titik tengah jenjang (*bench centerlines*) digunakan untuk menggambarkan dan mewakili suatu jenjang. Penggambaran suatu jenjang di peta hanya memerlukan satu garis. Kemudian tepat ditengah – tengah lokasi *toe* dan *crest* adalah letak kontur (Swana, dkk, 2012).

Area di luar *pit*, garis-garis kontur ditandai dengan elevasi sebenarnya. Sedangkan, area di dalam *pit*, jenjang digambarkan pada lokasi titik tengahnya (*mid bench*) tetapi ditandai dengan elevasi kaki jenjang (*bench toe*). Label ini

mengacu kepada dataran (misalnya elevasi *catch bench*) diantara dua *centerlines*. Garis kontur titik tengah (*bench centerlines*) ini memotong jalan angkut di tengah-tengah antara dua jenjang (separuh jalan antar jenjang) (Arif dan Adisoma, 2002).

1. Tinggi Jenjang

Maksimal jangkauan *boom heigh excavator* harus mampu mencapai ketinggian maksimum *bench*. Ketinggian jenjang juga ditentukan oleh tingkat produksi atau faktor lain, beserta spesifikasi alat muat yang sesuai. Berdasarkan aplikasi dilapangan tinggi *bench* umumnya antara 10-20 m (Singh, 1997).

2. Lebar Jenjang

Berdasarkan pada analisis mekanika longsor (*analysis of rockfall mechanic*) yang dilakukan, untuk menentukan lebar *bench* dari tinggi *bench* yaitu antara 30 - 100 ft lebar minimum *bench* (persamaan 2.1) (Hustrulid dan Kutcha, 1995) .

$$\text{Lebar minimum bench} = 4,5 \text{ ft} + 0,2 \times \text{tinggi bench} \dots\dots\dots(2.1)$$

Lebar jenjang yang dihitung diaplikasikan pada *hauling road* dan *working bench* (Hustrulid dan Kutcha, 1995).

3. Kemiringan Jenjang

Sudut lereng antara 60°- 65° dihasilkan dari proses penggalian menggunakan alat mekanis seperti *loader* dan *shovel*. Peledakan *pre-splitting* biasanya digunakan untuk mendapatkan sudut lereng yang lebih curam. Umumnya untuk batuan keras sudut lereng antara 55° – 80° sedangkan pada batuan hasil sedimentasi antara 50° – 60° (Singh, 1997). Sudut lereng keseluruhan (*overall slope angle*) adalah sudut yang sebenarnya dari dinding *pit* keseluruhan, dengan memperhitungkan lebar *bench*, tinggi *bench*, dan *single slope* (Swana, dkk, 2012).

2.1.5.2. Jalan Angkut

Keadaan jalan, kemiringan dan jarak akan mempengaruhi daya angkut dari alat-alat angkut yang dipakai. Jalan dalam kondisi baik, kapasitas angkut dapat lebih besar dan alat-alat dapat bergerak lebih cepat. Letak, jarak, lebar, dan kemiringan jalan perlu direncanakan dengan baik sehingga pengangkutan material dapat lebih maksimal dan mengurangi ongkos pengangkutan (Hartman, 1987).

1. Letak Jalan

Area Tambang yang baru penting memperhitungkan posisi *road access mine project* dan *hauling road*. Jalan yang direncanakan menuju lokasi disposal area (*waste dump*) biasanya direncanakan dengan baik (Hartman, 1987).

2. Jarak Jalan

Jarak angkut akan mempengaruhi kecepatan alat angkut dalam kegiatan pengangkutan. Berdasarkan prakteknya kecepatan alat angkut berbanding lurus dengan produksi. Biasanya jarak antara area *loading* dengan area *dumping* tidak terlalu jauh (Hartman, 1987).

3. Lebar Jalan

Perhitungan lebar jalan angkut pada jalan lurus dan pada jalan tikungan didasarkan pada lebar kendaraan terbesar yang dioperasikan. Semakin lebar jalan angkut maka operasi pengangkutan akan semakin lancar dan aman. Lebar jalan angkut pada jalan lurus mempertimbangkan jumlah jalur angkut dan lebar alat angkut terbesar (persamaan 2.2) (Hartman, 1987).

$$L = n \cdot W_t + (n+1) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

L = Lebar jalan angkut minimum (meter)

n = Jumlah jalur jalan angkut

W_t = Lebar alat angkut total (meter)

Lebar jalan angkut pada tikungan dihitung berdasarkan lebar jarak jejak antar roda kendaraan, lebar tonjolan bagian depan dan belakang pada saat membelok. Diperhatikan pula jarak antar *truck* pada saat berdampingan dipersimpangan serta jarak sisi luar *truck* ditepi jalan (Persamaan 2.3 dan 2.4) (Hartman, 1987) .

$$W_{min} = n(U + F_a + F_b + Z) + C \dots \dots \dots (2.3)$$

$$C = Z = 0,5(U + F_a + F_b) \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

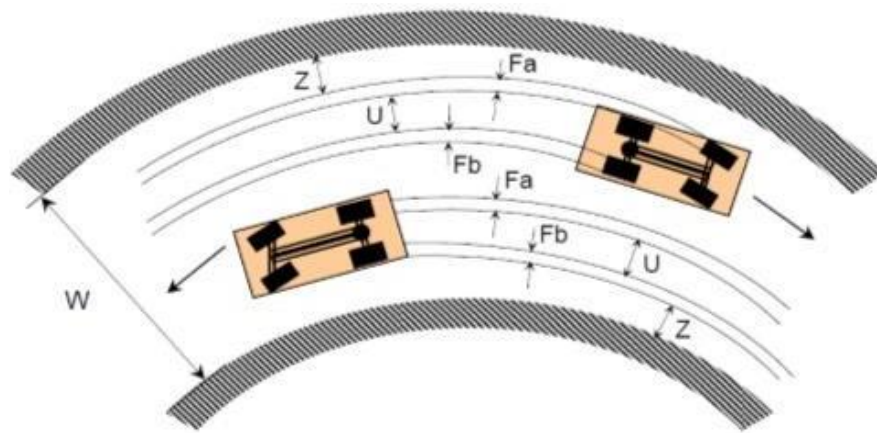
U = Lebar alat angkut.

F_a = jarak roda depan dengan sisi samping terluar *dumptruck* dikalikan sinus sudut penyimpangan roda, meter.

F_b = jarak roda belakang dengan sisi samping terluar *dumptruck* dikalikan sinus sudut penyimpangan roda, meter.

Z = Jarak sisi luar *dumptruck* ke tepi jalan, meter.

C = Jarak antara dua *dumptruck* yang akan bersimpangan, meter.



Gambar 2.2. Lebar jalan angkut tikungan (Hartman, 1987)

4. Kemiringan Jalan

Kemiringan jalan sangat mempengaruhi keberhasilan pengangkutan karena berhubungan dengan kemampuan alat angkut mengatasi tanjakan dan pengereman pada kondisi kosong maupun bermuatan. Kemiringan jalan angkut dinyatakan dalam persen (%). Pengertian kemiringan (α) 1 % berarti jalan tersebut naik atau turun 1 meter atau 1 ft untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 meter atau 100 ft (Persamaan 2.5) (Gambar 2.4) (Nabar, 1998).

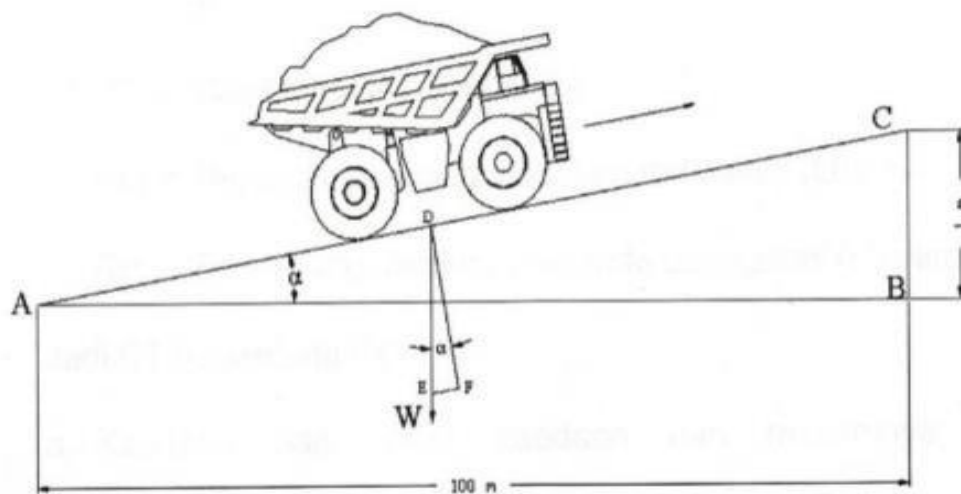
$$\text{Grade} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur

Δx = jarak datar antara dua titik yang diukur

Desain jalan angkut pada area penambangan biasanya menggunakan kemiringan 8% sampai 10%. Fleksibilitas pembuatan jalan juga berhubungan dengan kemiringan umumnya kemiringan 8% memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi, serta memudahkan dalam pengaturan masuk ke jenjang tanpa menjadi terlalu terjal di beberapa tempat. Jalan angkut yang panjang, biasanya kemiringan 10% adalah kemiringan maksimum yang masih praktis. Tambang-tambang kecil banyak yang dirancang dengan kemiringan jalan 10% (Arif dan Adisoma, 2002).



Gambar 2.3. Kemiringan (*grade*) jalan angkut 1 % (Arif dan Adisoma, 2002)

2.1.6. Analisa Kemantapan Lereng

Penentuan dimensi jenjang perlu memperhatikan keamanan dan kemantapan dari lereng tersebut. Faktor kemantapan suatu lereng adalah suatu faktor yang menentukan apakah areal tersebut layak atau tidak layak dilakukan operasi penggalian atau penimbunan karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan dan harta benda serta kelancaran produksi. Asumsi keadaan tidak terganggu, suatu massa tanah atau batuan, umumnya mempunyai kesetimbangan terhadap gaya-gaya yang timbul dari dalam. Apabila gaya yang bekerja pada massa tersebut terganggu, maka massa tersebut akan berusaha mencapai kesetimbangan baru. Terdapat dua gaya yang mempengaruhi kestabilan suatu lereng, yaitu gaya penahan dan gaya penggerak

(Persamaan 2.6).

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Apabila gaya penggerak lebih besar dari gaya penahannya, maka lereng itu akan longsor. Penyajian kestabilan suatu lereng dikenal istilah faktor keamanan (FK), yaitu perbandingan antara gaya penahan dengan gaya penggerak. Harga FK mencerminkan kondisi antara lain (Bowles, 1989) :

$FK < 1,07$ keruntuhan biasa terjadi.

$1,07 < FK < 1,25$ keruntuhan pernah terjadi.

$FK > 1,25$ kelongsoran jarang terjadi.

2.1.7. Penjadwalan Produksi

Perencanaan tambang dibuat dengan urutan waktu menggunakan jadwal produksi sebagai sasaran, peta-peta rencana penambangan juga dibuat untuk setiap periode waktu berupa tahunan atau bulanan. Peta rencana penambangan berisi informasi bagian *ore* dan *waste* yang akan ditambang dalam periode waktu. Rencana penambangan dibuat cukup rinci, sehingga sudah termasuk jalan angkut dan area kerja alat, sedemikian rupa sehingga merupakan bentuk yang dapat ditambang (Arif dan Adisoma, 2002). Perhitungan produksi didapat dari kapasitas alat dan pasangan alat (*fleet*). Lokasi penggalian yang baik dan kondisi material juga akan mempengaruhi efisiensi dan efektifitas produksi, ditambah tidak adanya kegiatan *blasting*, maka kegiatan penambangan baik *overburden* dan batubara dipengaruhi oleh lingkungan kerja alat.

Terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam merancang *sequence* penambangan (Arif dan Adisoma, 2002):

1. Rancangan *sequence* memiliki lebar yang cukup sehingga peralatan-peralatan tambang dapat bekerja dengan leluasa dan baik. Lebar *sequence* minimum umumnya 10 – 100 m;
2. Rancangan *sequence* perlu memperhatikan letak dan kondisi jalan seminimal mungkin memiliki akses untuk keluar masuk area *sequence* penambangan;

3. Lebar area kerja pada *sequence* penambangan akan berkurang dengan penambahan jalan;
4. Kondisi tambang tidak akan pernah sesuai bentuknya dengan rancangan tahapan penambangan, pada beberapa kondisi *sequence* penambangan dapat dikerjakan secara bersamaan.

2.2. Perencanaan Disposal

2.2.1 Desain Overburden Disposal

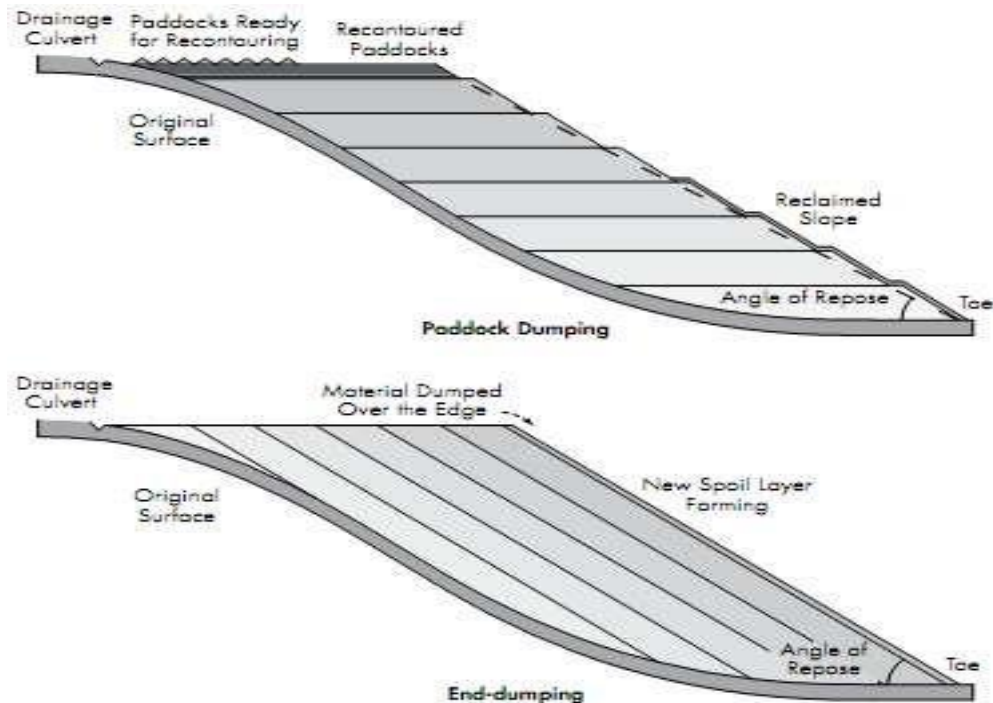
Desain *overburden disposal* dibuat dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Jumlah volume material yang akan ditimbun dan lokasi *in-pit* timbunan;
2. luas permukaan yang tersedia untuk penimbunan *overburden*;
3. parameter kestabilan dari timbunan *overburden* dan lokasi timbunan, atau permukaan lantai tempat timbunan *overburden*;
4. penyaliran bawah permukaan dan sekitar lokasi timbunan, dan bentuk permukaan (topografi) dari lokasi timbunan.

Lokasi timbunan ditentukan berdasarkan pertimbangan kapasitas volume material dan lokasi jarak angkut. Biaya paling besar pengangkutan *overburden* disebabkan *grade* elevasi pemuatan daripada jarak pengangkutan. Secara ideal hal ini tak selalu bisa memungkinkan, karena pertimbangan lokasi timbunan yang rata membutuhkan luasan area permukaan dan memperbesar kebutuhan penambangan.

Metode penimbunan *overburden* pada lokasi disposal terdapat dua metode yaitu, *overburden* dipindahkan secara atas-kebawah (*top-down*) atau bawah-keatas (*bottom-up*) (Gambar 2.5.) *end dumping* (*dumping* secara atas kebawah) *overburden* dilakukan dengan *dumping* material sepanjang muka yang menerus. selama operasi *dumping*, material yang perlu dikerja ulang oleh *dozer* hanya sedikit dan pengkonturan dimulai pada masa akhir operasi *dumping* sehingga tidak terjadi perubahan yang signifikan pada area *dumping*. Metode *paddock dumping* (*bottom-up dumping*), lapisan *overburden* ditimbun per lapisan, kemudian disebar oleh *bulldozer* untuk membentuk lapisan yang relatif tipis. Metode *paddock dumping* dipilih dari sudut pandang goteknis karena lebih mudah dalam mengatur *angle of repose* dari material timbunan dan

menghasilkan material yang lebih homogen serta stabilitas akhir yang lebih baik (SME, 2011).



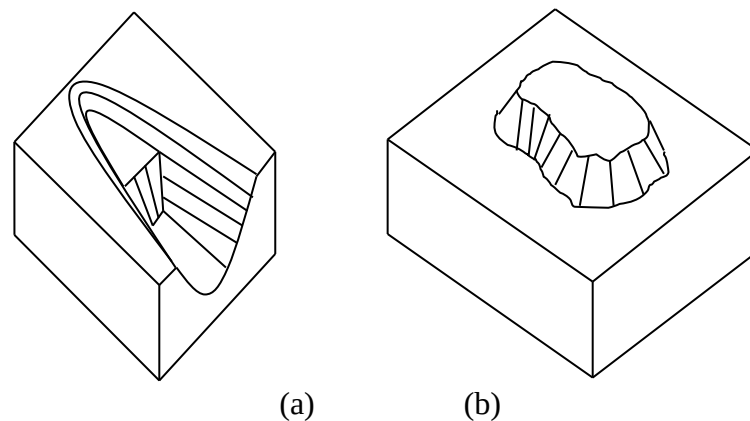
Gambar 2.4. Metode penimbunan *disposal* (SME, 2011)

2.2.2 Geometri Lereng Timbunan

Faktor keamanan merupakan aspek yang paling perlu diperhatikan dalam menentukan geometri lereng timbunan. Jenis *disposal (dump)* dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan kondisi topografinya (Hartman dan Howard, 1987), yaitu:

1. *Valley fill atau crest dump*
 - a) Diaplikasikan pada daerah dengan topografi curam;
 - b) Awal pembuatan *disposal* dimulai dari elevasi tertinggi (*dump crest*).
Truck menumpahkan material dari area bawah;
 - c) *Dump* didesain berdasarkan *angle of repose*;
 - d) *Dumping* dari kaki *dump* final sehingga jarak pengangkutan truk menjadi lebih jauh pada awal proyek;
 - e) Pemadatan diperlukan karena merupakan persyaratan reklamasi.
2. *Terraced dump*

- a) Diaplikasikan jika topografi area tidak begitu curam pada lokasi timbunan;
- b) Penimbunan dilakukan dari bawah ke atas ;
- c) Arah timbunan terletak di belakang timbunan sebelumnya sehingga sudut *overall slope angle* yang dibentuk mendekati persyaratan yang dibutuhkan reklamasi (Gambar 2.6).



Gambar 2.5. (A) *Valley fill*, (B) *Terraced dump* (Hartman dan Howard, 1987)

Geometri lereng timbunan yang direkomendasikan pada tambang batubara lain:

1. PT. Bara Anugerah Sejahtera, tinggi lereng 5 m, lebar lereng 5 m, *slope angle* 45° , *overall slope* 20° , faktor keamanan 1,37 (Rasjid et al, 2016);
2. PT. Pasifik Global Utama, *overall slope angel* 15° tinggi lereng maksimum 40 m, faktor keamanan 1,94 (Yadi, 2015);
3. PT. Cipta Kridatama site RBH, tinggi lereng 10 m, lebar *bench* 5 m, *slope angel* 43° , faktor keamanan lebih dari 1,25. (Novita et al, 2016);
4. PT. Karbindo Abesyapradhi, tinggi lereng 10 m, lebar *bench* 10 m, *slope angle* 20° , dan *overall slope* 15° , faktor keamanan 1,891. (Pendra et al, 2014);
5. PT. Kaltim Prima Coal, tinggi lereng 10 m, lebar *bench* 75 m, *slope angle* 34° , faktor keamanan 1,943. (Prayoga et al, 2014).

2.3. Perencanaan Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Kebutuhan alat yang digunakan untuk mencapai target produksi yang telah ditetapkan bergantung pada produktivitas. Produktivitas alat dipengaruhi kondisi area kerja dan penjadwalan yang telah direncanakan.

2.3.1. Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

2.3.1.1. *Hydraulic Excavator*

1. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar adalah waktu yang digunakan alat mekanis untuk melakukan satu rangkaian siklus kerja. perhitungan *cycle time excavator* dapat menggunakan (Persamaan 2.7) (Komatsu, 2013).

$$\text{Waktu edar} = \text{standard cycle time} \times \text{conversion factor} \dots\dots\dots(2.7)$$

Tabel 2.1. *Standard Cycle Time Excavator* (Komatsu, 2013)

<i>ange Model</i>	<i>Swing angle</i>	
	45°- 90°	90°- 180°
Pc 130	11 – 14	14 – 17
Pc 160	13 – 16	16 – 19
Pc 190	13 – 16	16 – 19
Pc 200	13 – 16	17 – 20
Pc 220	14 – 17	17 – 20
Pc 270	15 – 18	18 – 21
Pc 300	15 – 18	18 – 21

Tabel 2.2. *Conversion Factor Excavator* (Komatsu, 2013)

<i>Digging condition</i>	<i>Dumping condition</i>			
	<i>Easy (dump on to spoil)</i>	<i>Normal (large dump target)</i>	<i>Rather difficult (small dump target)</i>	<i>Difficult (small dump target requiring max dump)</i>
<40%	0,7	0,9	1,1	1.4
40 – 75%	0,8	1	1,3	1,6
>75%	0,9	1,1	1,5	1,8

2. Produktivitas Alat Mekanis

Produktivitas alat gali-muat *hydraulic excavator* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Persamaan 2.8) (Komatsu, 2013):

$$Q = q \times \frac{3600}{ct} \times E \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- Q = Produktivitas *hydraulic excavator* (LCM/jam)
- q = Produksi per siklus (m^3)
- ct = *Cycle time* (detik)
- E = Effisiensi kerja

Perhitungan yang dapat digunakan untuk mendapatkan besaran produksi per siklus *hydraulic excavator* dapat menggunakan persamaan matematis (Persamaan 2.9)(Komatsu, 2013):

$$q = q_1 \times K \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

- q₁ = Kapasitas *bucket* (m^3)
- K = *Bucket fill factor*

Nilai *bucket fill factor* bervariasi bergantung pada jenis tanah yang akan digali pada lokasi pekerjaan (Tabel 2.3).

Tabel 2.3. *Bucket fill factor excavator* (Komatsu, 2013)

<i>Material Digability</i>	<i>Excavating Conditions</i>	<i>Bucket Fill Factor</i>
<i>Easy</i>	<i>Excavating natural ground of clayey soil, clay, or soft soil,</i>	1,1 – 1,2
<i>Average</i>	<i>Excavating normal ground of soil such as sandy soil and dry soil</i>	1,0 – 1,1

<i>Material Digability</i>	<i>Excavating Conditions</i>	<i>Bucket Fill Factor</i>
<i>Rather difficult</i>	<i>Excavating natural ground of sandy soil with gravel</i>	0,8 – 0,9
<i>Difficult</i>	<i>Loading blasted rock</i>	0,7 – 0,8

Effisiensi kerja *hydraulic excavator* memiliki selang antara baik hingga sangat buruk dinilai dari kondisi operasi (Tabel 2.4).

Tabel 2.4. Effisiensi kerja *excavator* (Komatsu, 2013)

Kondisi Operasi	Efisiensi Kerja
Baik	0,85
Sedang	0,75
Buruk	0,67
Sangat buruk	0,58

2.3.1.2. Dump Truck

1. Waktu Edar (*Cycle Time*)

Waktu edar adalah waktu yang digunakan alat mekanis untuk melakukan satu rangkaian siklus kerja. Perhitungan *cycle time dump truck* dapat menggunakan (Persamaan 2.10) (Komatsu, 2013):

$$Cmt = n \times Cms + \frac{D}{v_1} + t_1 + \frac{D}{v_2} + t_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

Cmt = *Cycle time dumptruck* (menit)

n = Jumlah *rate* pengisian

Cms = *Cycle time backhoe* (menit)

RT = *Returning time* (menit)

D = Jarak angkut (m)

v1 = Kecepatan saat mengangkut (m/menit)

t1 = Waktu *dumping* (menit)

v2 = Kecepatan saat kembali (m/menit)

t2 = Waktu atur posisi muat (menit)

Menghitung jumlah rit pengisian dapat menggunakan rumus (Persamaan 2.11) (Komatsu, 2013):

$$n = \frac{C}{q \times K} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

C = Kapasitas *dumptruck* (m³)

q = Kapasitas *bucket backhoe* (m³)

K = *Bucket fill factor*

Nilai waktu standar *dumping time* (Tabel 2.5) dan nilai *loading position time* (Tabel 2.6) disesuaikan pada kondisi operasi (Komatsu, 2013).

Tabel 2.5. *Dumping time dumptruck* (Komatsu, 2013)

Kondisi operasi	t1 (menit)
Baik	0,5 – 0,7
Sedang	1,0 – 1,3
Buruk	1,5 – 2,0

Tabel 2.6. *Loading position time dumptruck* (Komatsu, 2013)

Kondisi operasi	t2 (menit)
Baik	0,1 – 0,2
Sedang	0,25 – 0,35
Buruk	0,4 – 0,5

2. Produktivitas Alat Mekanis

Produktivitas alat angkut dihitung dengan menggunakan rumus (Persamaan 2.12) (Komatsu, 2013):

$$P = C \times \frac{60}{Cmt} \times Et \times M \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

P = Produktivitas *dumptruck* (LCM/Jam)

C = Produksi per siklus (m^3)

C_{mt} = *Cycle time dumptruck* (menit)

E_t = Efisiensi kerja *dumptruck*

M = Jumlah *dumptruck* yang beroperasi

Nilai produksi per siklus alat *dumptruck* dapat dihitung menggunakan rumus (Persamaan 2.13).

$$C = n \times q_1 \times K \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

C = Produksi per siklus (m^3)

n = jumlah *rit* pengisian

q₁ = kapasitas *bucket backhoe* (m^3)

K = *Bucket fill factor backhoe*

Efisiensi kerja alat angkut *dumptruck* telah ditetapkan pada *handbook* Komatsu edisi 31 (Tabel 2.7) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7. Efisiensi kerja *dumptruck* (Komatsu, 2013)

Kondisi Operasi	Efisiensi Kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Buruk	0,75
Sangat buruk	0,70

3. Faktor keserasian alat (*Match factor*)

Pemilihan jumlah alat angkut yang digunakan harus mempertimbangkan produktivitas alat gali muat. Perbandingan jumlah alat yang kurang proporsional dapat mengakibatkan waktu *delay*, hal ini dapat disebabkan alat muat atau alat angkut menunggu sehingga mengurangi efisiensi kerja mengakibatkan produktivitas alat berkurang. Faktor keserasian (*match factor*) dihitung menggunakan Persamaan (2.17) (Tenriajeng, 2003):

$$MF = ((Na \times CT_m \times n)/(Nm \times CT)) \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

Na	= Jumlah alat angkut (unit)
Nm	= Jumlah alat muat (unit)
Ctm	= <i>Cycle time</i> alat gali muat, (detik)
n	= frekuensi pengisian alat angkut
Cta	= <i>Cycle time</i> alat angkut (detik)

Kemungkinan kejadian pada perbandingan alat muat dan alat angkut dalam berbagai kondisi keserasian alat adalah sebagai berikut:

- a) $MF < 1$, artinya alat muat akan menunggu;
- b) $MF = 1$, artinya jumlah kedua alat telah proporsional sehingga tidak ada *delay time*;
- c) $MF > 1$, artinya alat angkut menunggu, sehingga terjadi antrian *dump truck*.

2.3.2. Penjadwalan Alat

Terdapat beberapa cara yang dapat digunakan dalam penjadwalan alat (Indonesianto, 2012):

1. Menggunakan alat dengan jumlah seminim mungkin sesuai dengan ebutuhan atau target produksi yang telah direncanakan. Cara ini cocok bila target produksi tidak besar (*low-tonnage operation*). Pelaksanaan *maintenance* harus cermat (dilakukan sewaktu *off shift*) dan *crew* harus selalu *stand by* untuk melakukan reparasi bila ada alat yang rusak. Alat yang rusak harus segera diperbaiki agar dapat beroperasi lagi. Apabila alat rusak maka target produksi dapat tidak tercapai, untuk menutupinya harus dilakukan jam lembur (*overtime*) dari alat-alat yang tidak rusak;
2. Menyiapkan alat cadangan dengan membeli alat-alat mekanis dalam jumlah yang dilebihkan dari kebutuhan sebenarnya. Keuntungan dari cara ini ketika ada alat yang rusak maka alat cadangan dapat langsung menggantikan alat yang rusak tersebut sehingga target produksi tidak terganggu. Pemborosan-

pemborosan efisiensi yang diakibatkan bertambahnya biaya investasi, penambahan biaya kompensasi dari barlebihnya pekerja yang dibutuhkan perlu dipertimbangkan;

3. Menentukan jumlah alat yang dibutuhkan dalam upaya pemenuhan target produksi dengan memperhatikan faktor-faktor *availability*, sehingga hanya menjadwalkan alat yang dibutuhkan untuk melakukan kerja. Cara ini memberikan kesempatan bagi para pekerja untuk mempertahankan produksi dengan memberikan kesempatan para mekanik memiliki waktu yang cukup untuk memelihara serta memperbaiki alat, sedangkan pada saat alat rusak, alat lain dapat dipilih.

Faktor yang sangat penting dalam melakukan penjadwalan suatu alat ialah faktor *availability*. Melalui nilai faktor *availability*, dapat diketahui berapa lama waktu suatu alat dapat berproduksi dan berapa lama suatu alat harus kehilangan waktu untuk perbaikan. Penjadwalan alat dapat lebih bijaksana dengan mempertimbangkan *availability factor* (Tabel 2.8). Secara umum terdapat dua cara untuk menghitung *equipment availability*, yaitu *mechanical availability* dan *physical availability* (Indonesianto, 2012).

1. *Mechanical availability*

Mechanical availability merupakan faktor yang menunjukkan kesiapan suatu alat tertentu dari waktu yang hilang dikarenakan kerusakan atau gangguan alat (*mechanical reason*). *Mechanical availability* dihitung dengan Persamaan (2.15):

$$MA (\%) = \frac{Wh}{(Wh+Rh)} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

Ma	= <i>Mechanical availability</i> , (%)
Wh	= <i>Hours worked</i> , (Jam)
Rh	= <i>Repair Hours</i> , (Jam)

Repair hour adalah waktu yang digunakan saat perawatan dan perbaikan suatu alat (alat belum *ready*). *Repair hour non-scheduled time* juga dipehitungkan dalam *repair hour*. *Repair hours* dipergunakan untuk kegiatan berikut:

- 1) Waktu perbaikan
- 2) Waktu menunggu perbaikan
- 3) Waktu menunggu suku cadang
- 4) Waktu yang hilang untuk perawatan

2. *Physical availability* (PA)

Physical availability adalah faktor yang memperhitungkan jumlah waktu alat dipakai selama jam total kerjanya (*scheduled hours*). *Physical availability* dihitung menggunakan (Persamaan 2.16):

$$PA (\%) = (Wh + Sbh) / Sh \times 100 \% \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

Wh	= <i>Hours worked</i> (Jam)
Sh	= <i>Scheduled hours</i> (Jam)
Sbh	= <i>Standby hours</i> (Jam)

Stand by hour adalah kondisi dimana alat tidak dalam keadaan rusak dan dapat dioperasikan, namun karena beberapa faktor sehingga alat tidak dioperasikan pada kegiatan penambangan. Kondisi *off shift* tidak dihitung sebagai *stand by hour*.

Scheduled hours adalah waktu ketika kegiatan penambangan beroperasi. *Scheduled hour* terdiri dari *repair hours*, *hours worked* dan *stand by hours* (Indonesianto, 2012).

Selain faktor MA dan PA terdapat dua faktor untuk mengevaluasi jam kerja peralatan secara aktual yaitu (Indonesianto, 2012):

a. *Used of availability* (UA)

Nilai *used of availability* dihitung menggunakan Persamaan (2.17).

$$UA (\%) = Wh / (Wh + Sbh) \times 100 \% \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

UA = *Used of availability (%)*

Sbh = *Stand by hours (jam)*

Wh = *Hours worked (jam)*

b. *Effective utilization (EU)*

Besar nilai *effective utilization (EU)* dihitung menggunakan persamaan (2.18).

$$EU (\%) = Wh / Sch \times 100 \% \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

EU = *Effective utilization, (%)*

Sch = *Scheduled hours, (jam)*

Wh = *Hours worked, (Jam)*

Penjelasan mengenai pembagian *availability factor* yang terdiri dari *mechanical availability, physical availability, used of availability* dan *effective utilization*, hal ini berkaitan langsung dengan *stand by hours, repair hours, dan total hours*. (Tabel 2.8).

Tabel 2.8..*Availability factor* (Indonesianto, 2012)

	<i>Mechanical Availability</i>			<i>Phisical availability</i>		<i>Used of availability</i>			<i>Effective utilization</i>	
<i>Definition purpose</i>	<i>or</i>	<i>Time lost for mechanical reason</i>	<i>for</i>	<i>Total operation availability includes time for any reason</i>	<i>operation</i>	<i>Management tools to establish effective use of equipment</i>	<i>to</i>	<i>tools</i>	<i>Total % use relates hour worked to total hour</i>	
<i>Equation:</i>		(1)		(2)		(3)			(2 x 3)	

	<i>Mechanical Availability</i>	<i>Physical availability</i>	<i>Used of availability</i>	<i>Effective utilization</i>
$W =$ Working hours $R =$ Repair hours $S =$ Stand by hours $T =$ Total hours	$\frac{W}{W + R} \times 100\%$	$\frac{W + S}{T} \times 100\%$	$\frac{W}{W + S} \times 100\%$	$\frac{W}{T} \times 100\%$
<i>Example:</i>				
$W = 300$	$\frac{300}{300 + 100} \times 100\%$	$\frac{300 + 200}{600} \times 100\%$	$\frac{300}{300 + 200} \times 100\%$	$\frac{300}{600} \times 100\%$
$R = 100$				
$S = 200$				
$T = 600$	$= 75\%$	$= 83\%$	$= 60\%$	$= 50\%$

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I., dan Adisoma, G. S., 2002. *Perencanaan Tambang*. Bandung : Institut Teknologi Bandung, Teknik Pertambangan.
- Arif Irwandy. 1996. *Diktat Kuliah Tambang Terbuka*, Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.(Hal IV-1 - IV-7).
- Bargawa Waterman S. 2018. *Perencanaan Tambang Edisi Kedelapan*. Kilau book: Yogyakarta.
- Bowles, J.E. 1989. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. USA. McGraw-Hill Book Company.
- Chironis., Nicholas P. 1978. *Coal Age Operating Handbook of Coal Surface Mining and Reclamation*. Mc Graw-Hill, Inc : New York.
- Galih W. Swana, dkk. 2012. “ Penentuan Desain Lereng Final pada Pit DH Daerah Konsesi PT. Arutmin Indonesia Tambang Asam – Asam”. Sumedang: Universitas Padjadjaran.
- Hartman, H. L. 1987. *Introduction Mining Engineering*. Canada: John Wiley & Sons.Inc.
- Handbook Komatsu. 2013. *Spesification and Application Handbook Edition 31*. Jepang.
- Hustrulid, W., Kuchta, M., And Martin, R. 2013.*Open Pit Mine Planning & Design 3rd Edition*. Colorado: A. A Balkema Publishers.
- Indonesianto, Y. 2012. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan UPN Veteran. ISBN: 978-602-820607-5
- Mafruhi Adam M, Dkk. 2018. *Perencanaan Sequence Pengupasan dan Penimbunan Overburden di Pit 3 PT Baturona Adimulya*. Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
- Nabar, Dharmansyah. 1988. ”Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat”. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- Novita, D., Bochori, Handayani, Rr. H. E. 2014. Perancangan Pengupasan Overburden pada Quarter 4 Tahun 2013 di Pit S5 PT. Cipta Kridatama Site RBH Indragiri Hulu, Riau. *Jurnal Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya Vol 2, No 3. ISSN: 2338-7459*: Hal 4-5.
- Pendra, A.R., Iskandar, H., dan Handayani, Rr. H. E. 2014. *Desain Backfilling Berdasarkan Rencana Pascatambang pada Batubara PT. Karbindo Abesyapradhi Coal Site Tiang Satu Sungai Tambang Sumatera Barat*.

Jurnal Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya. Vol 2, No 1. ISSN:2338-7459: Hal 4 -5.

- Prayoga, Y., Toha, M.T., Bochori. 2014. Perancangan Lokasi Disposal Untuk Rencana Penambangan Pit Inul East Selama Bulan Juli 2013 sampai Desember 2014 di Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal. *Jurnal Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya Vol. 2 No. 4. ISSN 2338-7459. Hal: 4-5.*
- Rasjid, B., Maryanto., dan Yuliadi. 2016. Studi Geoteknik untuk Mendukung Pengembangan Penambangan Batubara di Wilayah IUP PT. Bara Anugerah Sejahtera Daerah Penambangan Pulau Panggung, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba (SPeSIA) Prosiding Teknik Pertambangan Volume 2 Nomor 3 ISSN 2460-6499 Hal: 383-390.*
- Septian Putera A, Dkk. 2019. Perencanaan Teknis *Sequence* Penambangan Batubara Dan *Overburden Disposal* PT. Budi Gema Gempita, Lahat, Sumatera Selatan. Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
- Singh, R.D. 1997. *Principles and Practices of Modern Coal Mining*. New Age International, Ltd : New Delhi.
- Singhal, R.K. 1998. *Mine Planning and Equipment Selection 1998*. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, Brookfield Netherland. ISBN 9058090116
- SME Inc, 2011. *SME Mining Engineering Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc: United States of America.
- Tatiya, R. 2005. *Civil Excavations and Tunnelling a Practical Guide*. Thomas Telford Publishing, London. ISBN 0727733400
- Taylor, H. K., 1977. *Mine Valuation and Feasibility Studies*. Spokane: Northwest Mining Association.
- Tenriajeng, A. T. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma: Jakarta.
- Oman, S. P. 1977. *Open Pit Mine Model*. Minnessota: MEQB.
- Yadi, Z. 2015. Kestabilan Geometri Lereng Bukaan Tambang Batubara di PT. Pasifik Global Utama Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba (SPeSIA) Prosiding Teknik Pertambangan Volume 1, No.2 ISSN 2460-6499 Hal: 8*