

LEMBAR PENGESAHAN	III
LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI	VII
DAFTAR GAMBAR.....	X
DAFTAR TABEL	XIV
SARI.....	15
ABSTRACT	16
BAB I PENDAHULUAN.....	17
I.1 Latar Belakang	17
I.2 Rumusan Masalah	19
I.3 Maksud dan Tujuan.....	19
I.4 Manfaat Penelitian	20
I.5 Lingkup Penelitian	20
I.5.1 Lokasi Penelitian	20
I.5.2 Lingkup Kegiatan	21
I.6 Batasan Penelitian	22
I.7 Peneliti Terdahulu	23
I.8 Keaslian Penelitian.....	25
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	27
II.1 Fisiografi	27
II.2 Stratigrafi Regional	29
II.3 Struktur Geologi.....	32
II.4 Hidrogeologi	33
BAB III DASAR TEORI DAN HIPOTESIS.....	35
III.1 Kestabilan Lereng	35
III.1.1 Definisi dan Prinsip Kestabilan Lereng.....	35
III.1.2 Klasifikasi dan Geometri Lereng Tambang Terbuka	37
III.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	39
III.2 Klasifikasi Jenis Longsor	41
III.2.1 Jenis – jenis Longsor	42
III.2.2 Mekanisme dan Parameter Pengendali Longsor	44

III.2.3	Implikasi Klasifikasi terhadap Analisis Kestabilan.....	46
III.3	Prinsip Keseimbangan, Faktor Keamanan (FK), dan Metode Analisis Kestabilan Lereng	47
III.3.1	Prinsip Keseimbangan Lereng.....	47
III.3.2	Definisi dan Interpretasi Faktor Keamanan (FK).....	49
III.3.3	Hubungan antara FK, Gaya, and Kekuatan Geser Material	50
III.3.4	Analisis Keseimbangan Batas (<i>Limit Equilibrium Method</i>).....	51
III.4	Analisis Probabilistik Kestabilan Lereng.....	55
III.4.1	Konsep Dasar Analisis Probabilistik	56
III.4.2	Variabilitas dan Ketidakpastian Parameter Geoteknik.....	57
III.4.3	Distribusi Statistik Parameter dan Simulasi Monte Carlo	58
III.4.4	Hubungan Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) ..	59
III.5	Parameter Geoteknik.....	61
III.5.1	Parameter Fisik dan Mekanik Batuan.....	61
III.5.2	Uji Laboratorium dan Lapangan	66
III.5.3	Klasifikasi Massa Batuan	69
III.5.4	Pengaruh Air Tanah terhadap Kestabilan Lereng.....	72
III.6	Kriteria Nilai Kestabilan Lereng.....	75
III.6.1	Nilai Ambang Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK)	76
III.6.2	Klasifikasi Risiko dan Zonasi Lereng Tambang	77
III.7	Model Geoteknik Lereng Tambang	80
III.7.1	Konsep Pemodelan Geoteknik.....	80
III.7.2	Parameter dan Pendekatan Pemodelan Deterministik dan Probabilistik ..	82
III.7.3	Analisis dan Interpretasi Hasil Pemodelan Geoteknik	84
III.8	Hipotesis.....	86
BAB IV	METODE PENELITIAN	88
IV.1	Data Penelitian	88
IV.1.1	Data Primer.....	88
IV.1.2	Data Sekunder	88
IV.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	89
IV.2.1	Alat dan Perangkat Pendukung.....	89
IV.2.2	Bahan Penelitian	90
IV.3	Tahapan Penelitian.....	91
BAB V	105 PENGUTARAAN DATA	105
V.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian	105

V.1.1	Kondisi Topografi Area Penelitian.....	105
V.1.2	Kondisi Geomorfologi Daerah Penelitian	107
V.1.3	Kondisi Fisiografi dan Hidrologi Daerah Penelitian	112
V.2	Geologi Area Penelitian	114
V.2.1	Stratigrafi dan Litologi Area Penelitian.....	115
V.3	Kondisi Tambang Pit “Z”	120
V.3.1	Deskripsi Umum Pit “Z”	121
V.3.2	Geometri Lereng Tambang Pit “Z”	123
V.3.3	Unit Material Tambang Pit “Z”	130
V.4	Data Geoteknik	136
V.4.1	Kualitas Massa Batuan	136
V.4.2	Tinjauan Permasalahan Geoteknik	141
V.4.3	Data Bor.....	144
V.4.4	Sifat Fisik dan Mekanik Batuan Tambang Pit “Z”	149
V.4.5	Data Muka Air Tanah	152
BAB VI	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	157
VI.1	Kondisi Geologi dan Geoteknik Area Tambang Pit “Z”	157
VI.2	Analisis Kestabilan Lereng	159
VI.2.1	Analisis Kestabilan Lereng Deterministik.....	160
VI.2.2	Analisis Kestabilan Lereng Probabilistik	174
VI.2.3	Perbandingan Analisis Kestabilan Lereng Deterministik dan Probabilistik	181
VI.2.4	Interpretasi Risiko dan Zona Kestabilan Lereng	184
VI.2.5	Rekomendasi Perbaikan Konfigurasi Geometri Lereng Berdasarkan Zona Risiko	188
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN.....	192
VII.1	Kesimpulan.....	192
VII.2	Saran	194
DAFTAR PUSTAKA.....		195
LAMPIRAN I.....		200
LAMPIRAN II		223
LAMPIRAN III.....		250

Gambar 1.1. Peta lokasi penelitian terhadap wilayah konsesi PT. Bukit Asam, Tbk...	26
Gambar 1.2. Peta foto udara Pit “Z”	26
Gambar 2.1. Fisiografi Pulau Sumatera (Modifikasi dari van Bemmelen, 1949) (tanpa skala)	28
Gambar 2.2. Kolom stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Ginger & Fielding, 2005)	31
Gambar 2.3. Stratigrafi regional Formasi Muara Enim (Gafoer, 1986 dalam Gautama dkk. 2018)	31
Gambar 2.4. Pola sebaran struktur geologi Cekungan Sumatera Selatan (Barber dkk 2005)	33
Gambar 2.5. Sistem air tanah area Pit “Z” (LKFT UGM, 2022).....	34
Gambar 3.1. Hubungan antara kekuatan geser dan keseimbangan gaya pada bidang gelincir (Wyllie & Mah, 2004)	37
Gambar 3.2. Ilustrasi geometri lereng tambang terbuka (Read & Stacey, 2009)	39
Gambar 3.5. Skema gaya antarrisan (<i>inter-slice forces</i>) pada analisis <i>Limit Equilibrium Method (LEM)</i> model Morgenstern-Price (Morgenstern & Price, 1965)	53
Gambar 3.6. Contoh distribusi probabilitas parameter geoteknik dan Faktor Keamanan (FK) pada analisis kestabilan lereng bidang (Wyllie & Mah, 2004)	59
Gambar 3.7. Hubungan antara gaya penahan dan gaya pendorong terhadap probabilitas kelongsoran (Harr, 1987; Wyllie & Mah, 2007)	61
Gambar 3.8. Karakterisasi massa batuan berdasarkan GSI (Hoek & Marinos 2000) ..	72
Gambar 3.9 Model aliran air tanah yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng (Wyllie & Mah, 2004)	74
Gambar 3.10 Instalasi <i>standpipe</i> piezometer untuk pemantauan tekanan air pori di lereng tambang terbuka (Wyllie & Mah, 2004).....	75
Gambar 3.11. Proses pemodelan geoteknik hingga implementasi tambang (Read & Stacey 2009)	80
Gambar 4.1 Bagan alir kegiatan penelitian.....	104
Gambar 5.1. Peta Topografi Area Pit “Z” berdasarkan pemetaan tambang PTBA (2023)	106
Gambar 5.2. Model 3 dimensi topografi area Pit “Z” (tanpa skala)	107

Gambar 5.4. Peta Lintasan lokasi penelitian.....	114
Gambar 5.5. a) Batupasir dengan sisipan batulanau pada dinding <i>lowwall</i> , b) Singkapan batubara <i>seam</i> C, c) Kondisi lapangan pada lereng <i>lowwall</i> yang mengalami longsor bidang lokal yang tersusun atas satuan batupasir dan batubara.....	117
Gambar 5.6. a) Singkapan lapisan batubara <i>seam</i> A1 dan A2 sebagai penyusun lereng <i>highwall</i> , b) Temuan sesar normal pada sisipan batulanau di lapisan batubara <i>seam</i> A1.....	118
Gambar 5.7. a) Singkapan batulempung pada dinding <i>highwall</i> di sisi utara pit, b) dokumentasi batulempung sebagai penyusun utama satuan batulempung dengan sisipan batupasir dan batulanau.....	119
Gambar 5.8. Peta Geologi area tambang Pit “Z”, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan	119
Gambar 5.9. Kolom stratigrafi lokal Pit “Z” (tanpa skala).....	120
Gambar 5.10. Peta Kondisi Umum Pit “Z”, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan	122
Gambar 5.11. Kondisi lapangan Pit “Z” yang menunjukkan lereng <i>highwall</i> dan <i>lowwall</i> , area dasar pit, serta jalan operasional tambang.....	123
Gambar 5.12. Penampang melintang X-X’ yang menunjukkan geometri lereng aktual pada dinding <i>lowwall-highwall</i> Pit “Z” (tanpa skala).....	124
Gambar 5.13. Peta penampang melintang untuk analisis kestabilan lereng.....	125
Gambar 5.14. Profil penampang melintang E, F, dan G pada lereng <i>highwall</i> Pit “Z”	126
Gambar 5.15. Profil penampang melintang A, B, dan C pada lereng <i>lowwall</i> Pit “Z”	128
Gambar 5.16. Profil penampang melintang D pada lereng <i>sidewall</i> Pit “Z”	129
Gambar 5.17. Dokumentasi litologi penyusun unit material tambang Pit “Z”; a) batulempung OB; b) <i>Seam</i> A1 dengan sisipan batulanau; c) batupasir tufaan IB A1-A2; d) batulempung IB A2-B; e) batupasir halus IB B-C; f) batupasir sisipan batulanau sebagai <i>Lower C</i>	135
Gambar 5.18. Kedudukan unit material tambang pada profil penampang yang memotong lereng <i>lowwall</i> , dasar pit, dan lereng <i>highwall</i>	135
Gambar 5.19. Peta sebaran kualitas massa batuan berdasarkan klasifikasi GSI Pit “Z”	137

Gambar 5.20. Batuan kualitas sangat buruk pada material IB B-C dengan litologi batupasir sisipan batulanau pada lereng <i>lowwall</i> STA 7 yang menunjukkan batuan sudah mengalami pelapukan dan mudah lepas	139
Gambar 5.21. Batuan kualitas sangat buruk pada material OB dengan litologi batulempung pada lereng <i>highwall</i> STA 13	139
Gambar 5.22. Batuan kualitas sedang pada material <i>Seam</i> A1 – IB A1-A2 – <i>Seam</i> A2 dengan litologi perlapisan batubara – batupasir pada lereng <i>highwall</i> STA 15	140
Gambar 5.23. Batuan kualitas baik pada material <i>Lower C</i> dengan litologi penyusun batupasir sisipan batulanau pada lereng <i>lowwall</i> STA 8	140
Gambar 5.24. Longsor bidang pada lapisan batubara <i>seam C</i> lereng <i>lowwall</i>	142
Gambar 5.25. Guguran material OB dengan litologi batulempung (kiri) dan runtuh material batubara pada <i>seam</i> A1 dan <i>seam</i> A2 (kanan).....	143
Gambar 5.26. Rembesan air (<i>seepage</i>) pada lereng <i>lowwall</i> dengan litologi batupasir dan batubara <i>seam C</i>	144
Gambar 5.27. Peta sebaran longsor, guguran material, dan area rembesan air (<i>seepage</i>) di area tambang Pit “Z”	144
Gambar 5.28. Peta sebaran titik bor area penelitian yang telah dilakukan oleh PTBA	145
Gambar 5.29. Batuan inti hasil pengeboran di lokasi <i>highwall</i> interval 83 – 87 meter dengan litologi batulempung dan batubara	147
Gambar 5.30. Batuan inti hasil pengeboran di lokasi <i>lowwall</i> interval 71 – 75 meter dengan litologi batulempung karbonan.....	148
Gambar 5.31. Batuan inti hasil pengeboran di lokasi <i>sidewall</i> interval 48 – 52 meter dengan litologi batulempung	149
Gambar 5.32. Peta lokasi titik sumur pantau (atas); sumur pantau PZT26 (kiri) dan PZT27 (kanan) di lokasi penelitian.....	153
Gambar 5.32. Grafik pengukuran elevasi muka air tanah terhadap elevasi titik sumur pantau PZT26.....	155
Gambar 5.33. Grafik pengukuran elevasi muka air tanah terhadap elevasi titik sumur pantau PZT27.....	155
Gambar 6.1. Peta penampang melintang lokasi <i>lowwall</i>	162
Gambar 6.2. Hasil analisis deterministik kestabilan lereng <i>lowwall</i>	165

Gambar 6.3. Peta penampang melintang lokasi <i>sidewall</i>	166
Gambar 6.4. Hasil Analisis deterministik kestabilan lereng <i>sidewall</i>	168
Gambar 6.5. Peta penampang melintang lokasi <i>highwall</i>	169
Gambar 6.6. Hasil Analisis deterministik kestabilan lereng <i>highwall</i>	173
Gambar 6.7. Histogram distribusi nilai FK dan kurva probabilitas kumulatif area <i>lowwall</i>	177
Gambar 6.8. Histogram distribusi nilai FK dan kurva probabilitas kumulatif area <i>sidewall</i>	179
Gambar 6.9. Histogram distribusi nilai FK dan kurva probabilitas kumulatif area <i>highwall</i>	181
Gambar 6.10. Peta lokasi penampang analisis kestabilan lereng Pit “Z” beserta rangkuman nilai FK dan PK	183
Gambar 6.11. Analisis kestabilan lereng terhadap perbaikan geometri pada penampang A-A’ (atas) dan G-G’ (bawah).....	191

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan penelitian dengan hasil peneliti sebelumnya	25
Tabel 3.1. Perbandingan prinsip dan asumsi pada beberapa metode <i>Limit Equilibrium Method</i> (LEM) (Fredlund & Krahn, 1977; Duncan, 1996; Read & Stacey, 2009)	55
Tabel 3.2. Kisaran nilai parameter fisik dan mekanik batuan berdasarkan jenis litologi	65
Tabel 3.3. Klasifikasi Kekerasan Batuan berdasarkan <i>International Society for Rock Mechanics</i> (ISRM), 1981 (dalam Wyllie & Mah, 2004).	68
Tabel 3.4. Parameter klasifikasi RMR dan nilai pembobotan (Bieniawski, 1989)	71
Tabel 3.5. Kelas massa batuan (Bieniawski, 1989)	71
Tabel 3.6. Kriteria Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) berdasarkan KepMen ESDM nomor 1827 tahun 2018.....	77
Tabel 3.7. Pedoman Penerimaan Desain Lereng Berdasarkan Nilai <i>Probability of Failure</i> (PoF) (Kirsten, 1983; Read & Stacey, 2009).....	79
Tabel 3.8. Contoh pedoman Nilai FK dan PK berdasarkan konsekuensi kegagalan lereng (a) dan interpretasi kinerja lereng (b) (Priest & Brown, 1983; dalam Read & Stacey, 2009)	86
Tabel 4.1. Daftar data penelitian.....	90
Tabel 5.1. Rekapitulasi geometri lereng Pit “Z”	130
Tabel 5.2. Rekapitulasi unit material tambang Pit “Z”	135
Tabel 5.3. Rekapitulasi parameter geoteknik batuan pada area penelitian berdasarkan unit material	152
Tabel 5.4. Rekaman pengambilan data muka air tanah di area penelitian terhadap titik PZT26 dan PZT27	154
Tabel 6.1. Rangkuman parameter geoteknik analisis deterministik	161
Tabel 6.2. Rekapitulasi nilai FK dan PK lereng tambang Pit “Z”	183
Tabel 6.3. Interpretasi Risiko dan Klasifikasi Zona Kestabilan Lereng Pit “Z”	188
Tabel 6.4. Perbandingan geometri lereng serta nilai FK dan PK lereng aktual dan lereng perbaikan.....	191