

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
SARI.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	4
I.5 Daerah Penelitian.....	5
I.6 Lingkup Penelitian.....	7
I.7 Peneliti Terdahulu.....	8
I.8 Keaslian Penelitian.....	10
BAB II GEOLOGI REGIONAL.....	12
II.1 Fisiografi Daerah Penelitian.....	12
II.2 Stratigrafi Daerah Penelitian.....	14
II.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian	17
BAB III DASAR TEORI DAN HIPOTESIS.....	18
III.1 Sifat Keteknikan Batuan.....	18
III.1.1 Sifat Indeks Batuan.....	19
III.1.2 Sifat Mekanika Batuan.....	22
III.2 Kriteria Keruntuhan.....	24
III.2.1 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb.....	24
III.2.2 Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown.....	27
III.3 Klasifikasi Massa Batuan.....	31
III.4 Prinsip Kestabilan Lereng.....	37
III.5 Tipe Keruntuhan Lereng.....	40

III.6 Metode Kestabilan Lereng.....	41
III.6.1 Analisis Deterministik.....	41
III.6.2 Analisis Probabilitas.....	44
III.7 Hipotesis.....	56
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	58
IV.1 Alat Penelitian.....	58
IV.2 Bahan Penelitian.....	59
IV.3 Tahapan Penelitian.....	59
IV.3.1 Tahap Pendahuluan.....	60
IV.3.2 Tahap Pengumpulan Data.....	61
IV.3.3 Tahap Analisis Data.....	64
IV.3.4 Tahap Rekomendasi.....	82
IV.3.5 Tahap Akhir dan Pelaporan.....	83
BAB V PENGUTARAAN DATA.....	85
V.1 Data Sifat Keteknikan Batuan.....	85
V.2 Kondisi Litologi Daerah Penelitian.....	88
V.3 Rekapitulasi Hasil Validasi Data dan Uji Baik Suai.....	92
V.4 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK).....	93
V.4.1 Rekapitulasi Nilai FK dan PK Sayatan <i>Highwall</i> Pit Pedayak Panel 1.....	100
V.5 Optimasi pada <i>Highwall</i> Pit Pedayak Panel 1.....	100
V.5.1 Rekapitulasi Nilai FK dan PK Optimasi Sayatan <i>Highwall</i> Pit Pedayak Panel 1.....	107
V.6 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) Dipengaruhi Nilai Densitas.....	108
V.6.1 Perhitungan FK dan PK dengan Parameter Masukan <i>Wet Density</i>	108
V.6.2 Perhitungan FK dan PK dengan Parameter Masukan <i>Saturated Density</i>	113
V.6.3 Rekapitulasi Nilai FK dan PK Dipengaruhi Nilai Densitas....	118
BAB VI PEMBAHASAN.....	120
VI.1 Karakterisasi Sifat Keteknikan Batuan.....	120
VI.2 Pengaruh Kondisi Geologi.....	123
VI.3 Hasil Pengolahan Data Statistik.....	131
VI.3.1 Parameter Nilai UCS.....	131

VI.3.2 Parameter Nilai <i>Wet Density</i> dan <i>Saturated Density</i>	133
VI.3.3 Parameter Nilai GSI.....	134
VI.4 Pengaruh <i>Saturated Density</i> terhadap Nilai FK dan PK.....	135
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	138
VII.1 Kesimpulan.....	138
VII.2 Saran.....	139
DAFTAR PUSTAKA.....	141
LAMPIRAN.....	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta lokasi daerah penelitian. Kotak bergaris biru menunjukkan daerah penelitian.....	6
Gambar 1.2	Kondisi lapangan pada area Pit Pedayak dimana area masih dalam tahap eksplorasi. Kotak berwarna merah menunjukkan daerah penelitian.....	6
Gambar 2.1	Bagian dari Pulau Kalimantan (Biantoro dkk., 1992). Cekungan Kutai bagian lapangan Sangatta ditunjukkan oleh kotak berwarna merah.....	13
Gambar 2.2	Bagian dari peta geologi lembar Sangatta, Kalimantan (Sukardi dkk., 1995). Lokasi penelitian ditunjukkan oleh kotak berwarna merah.....	16
Gambar 2.3	Kolom stratigrafi daerah Kutai Timur, Cekungan Kutai bagian utara (Supriatna & Rustandi, 1995 dalam Resmawan 2007). Kotak merah menunjukkan formasi pada daerah penelitian.....	16
Gambar 3.1	Karakteristik <i>intactrock</i> dan <i>rock mass</i> dipengaruhi oleh kontrol geologi (Gonzalez de Vallejo & Ferrer, 2011).....	19
Gambar 3.2	Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (Mohr-Coulomb, 1910 dalam Wyllie dkk., 2004).....	25
Gambar 3.3	Grafik hubungan antara kuat geser dan tegangan normal (Wyllie dkk., 2004).....	26
Gambar 3.4	Ilustrasi sederhana massa batuan asli, massa batuan yang dipengaruhi peledakan, dan massa batuan yang hancur akibat proses peledakan (Hoek, 2012).....	29
Gambar 3.5	Perhitungan RQD (Deere, 1989).....	35
Gambar 3.6	Kuantifikasi GSI yang dipengaruhi oleh RQD dan J_{cond89} (Hoek dkk., 2013).....	37
Gambar 3.7	Gaya yang mengontrol kestabilan suatu lereng (Wyllie dan Mah, 2004).....	39
Gambar 3.8	<i>Circular Failure</i> (Wyllie dan Mah, 2004).....	40
Gambar 3.9	Metode <i>limit equilibrium circular</i> (Wyllie dan Mah, 2004)....	42
Gambar 3.10	Gaya yang bekerja pada bidang irisan pada metode Morgenstern-Price (Aryal, 2006).....	43
Gambar 3.11	Konsep probabilitas kelongsoran dan besaran ketidakpastian (Steffen dkk., 2008).....	47
Gambar 3.12	Fungsi distribusi probabilitas (Azizi, 2014).....	48
Gambar 3.13	Kurva distribusi normal (Harinaldi, 2005).....	49
Gambar 3.14	Kurva distribusi lognormal (Harinaldi, 2005).....	50
Gambar 3.15	Kurva distribusi gamma (Harinaldi, 2005).....	51
Gambar 3.16	Frekuensi kumulatif vs teoritis (Kolmogorov, 1993).....	52
Gambar 4.1	<i>Corebox</i> titik bor F35123 pada kedalaman 13.70 m – 18.31 m	62

	yang terdiri dari batulempung (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2016).....	
Gambar 4.2	Peta topografi serta desain Pit Pedayak Panel 1. Garis merah menunjukkan desain lereng bagian <i>highwall</i>	63
Gambar 4.3	Karakteristik <i>overburden</i> pada <i>highwall</i> pit Pedayak Panel 1..	65
Gambar 4.4	Sampel batuan yang uji kuat tekan (UCS) pada titik bor F42604 yang berada pada kedalaman 84.74 m-84.98 m (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	67
Gambar 4.5	Sampel batuan yang uji kuat tekan (UCS) pada titik bor F27710 yang berada pada kedalaman 196.90 m-197.18 m (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	68
Gambar 4.6	Sampel batuan yang uji kuat tekan (UCS) pada titik bor F27689 yang berada pada kedalaman 6.72 m-6.95 m (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2009).....	69
Gambar 4.7	Kurva kumulatif distribusi probabilitas (a) dan diagram batang densitas probabilitas (b) parameter <i>wet density</i> yang telah dilakukan validasi statistik pada OB K30.....	74
Gambar 4.8	Kurva kumulatif distribusi probabilitas (a) dan diagram batang densitas probabilitas (b) parameter <i>saturated density</i> yang telah dilakukan validasi statistik pada OB K30.....	75
Gambar 4.9	Kurva kumulatif distribusi probabilitas (a) dan diagram batang densitas probabilitas (b) parameter UCS yang telah dilakukan validasi statistik pada OB K30.....	75
Gambar 4.10	Kurva kumulatif distribusi probabilitas (a) dan diagram batang densitas probabilitas (b) parameter GSI yang telah dilakukan validasi statistik pada OB K30.....	76
Gambar 4.11	Sayatan HW-02 Pit Pedayak Panel 1.....	77
Gambar 4.12	Penarikan sayatan ditunjukkan pada garis berwarna hitam untuk analisis kestabilan lereng pada Pit Pedayak Panel 1.....	78
Gambar 4.13	Ilustrasi pembagian dua region berdasarkan faktor ketergangguan massa batuan (D).....	79
Gambar 4.14	Contoh optimasi dengan mengubah lebar <i>bench</i> dari 17 meter (garis merah) menjadi 12 meter (garis biru).....	83
Gambar 4.15	Diagram alir penelitian.....	84
Gambar 5.1	Kolom litologi setiap unit <i>overburden</i>	89
Gambar 5.2	<i>Corebox</i> titik bor F27690 pada kedalaman 341.76 m – 346.40 m. Kotak merah menunjukkan litologi batupasir (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2009).....	90
Gambar 5.3	<i>Corebox</i> titik bor F27710 pada kedalaman 322.20 m – 326.21	90

	m. Kotak merah menunjukkan litologi batupasir (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	
Gambar 5.4	<i>Corebox</i> titik bor F24608 pada kedalaman 34.33 m – 39.52 m. Kotak merah menunjukkan litologi batulempung (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	91
Gambar 5.5	<i>Corebox</i> titik bor F35520 pada kedalaman 43.70 m – 52.64 m. Kotak merah menunjukkan litologi batubara (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2016).....	92
Gambar 5.6	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-01 Pit Pedayak Panel 1.....	94
Gambar 5.7	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-02 Pit Pedayak Panel 1.....	95
Gambar 5.8	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-03 Pit Pedayak Panel 1.....	96
Gambar 5.9	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-04 Pit Pedayak Panel 1.....	97
Gambar 5.10	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-05 Pit Pedayak Panel 1.....	98
Gambar 5.11	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-06 Pit Pedayak Panel 1.....	99
Gambar 5.12	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada optimasi sayatan HW-01 Pit Pedayak Panel 1.....	101
Gambar 5.13	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada optimasi sayatan HW-02 Pit Pedayak Panel 1.....	102
Gambar 5.14	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada optimasi sayatan HW-03 Pit Pedayak Panel 1.....	103
Gambar 5.15	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada optimasi sayatan HW-04 Pit Pedayak Panel 1.....	104
Gambar 5.16	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada optimasi sayatan HW-05 Pit Pedayak Panel 1.....	105
Gambar 5.17	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada optimasi sayatan HW-06 Pit Pedayak Panel 1.....	106
Gambar 5.18	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-01 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>wet density</i>	109
Gambar 5.19	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-02 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>wet density</i>	110
Gambar 5.20	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-03 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>wet density</i>	111
Gambar 5.21	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-04 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>wet density</i>	112

Gambar 5.22	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-05 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>wet density</i>	112
Gambar 5.23	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-06 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>wet density</i>	113
Gambar 5.24	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-01 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>saturated density</i>	114
Gambar 5.25	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-02 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>saturated density</i>	115
Gambar 5.26	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-03 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>saturated density</i>	116
Gambar 5.27	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-04 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>saturated density</i>	117
Gambar 5.28	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-05 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>saturated density</i>	117
Gambar 5.29	Hasil perhitungan nilai FK dan PK pada sayatan HW-06 Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>saturated density</i>	118
Gambar 6.1	<i>Core</i> batuan akibat <i>natural break</i> yang disebabkan oleh <i>joint</i> dapat ditunjukkan dengan kotak berwarna kuning (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	127
Gambar 6.2	<i>Core</i> batuan akibat <i>mechanical break</i> yang disebabkan proses awal pemboran dapat ditunjukkan dengan kotak berwarna kuning (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	128
Gambar 6.3	<i>Core</i> batuan akibat <i>mechanical break</i> yang disebabkan proses perpindahan <i>core</i> dari <i>inner cup</i> setelah proses pemboran dapat ditunjukkan dengan kotak berwarna kuning (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	129
Gambar 6.4	<i>Core</i> batuan akibat <i>mechanical break</i> yang disebabkan proses pengangkutan <i>corebox</i> dan faktor eksternal dapat ditunjukkan dengan kotak berwarna kuning (sumber: Laboratorium Geoteknik M15 PT. Kaltim Prima Coal, 2010).....	130

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Hasil penelitian terdahulu dan relevansinya dengan daerah penelitian.....	10
Tabel 3.1	Nilai <i>dry density</i> dan <i>saturated density</i> berdasarkan jenis materialnya (Hansbo, 1975).....	21
Tabel 3.2	Nilai <i>wet density</i> berdasarkan jenis litologinya (Gonzalez de Vallejo dkk., 2011).....	21
Tabel 3.3	Nilai UCS berdasarkan jenis litologinya (ISRM, 1981).....	23
Tabel 3.4	Nilai konstanta m_i untuk <i>intact rock</i> (Marinos dan Hoek, 2001).....	28
Tabel 3.5	Tabel nilai faktor ketergangguan (D) pada dinding lereng (Hoek dkk., 2002).....	30
Tabel 3.6	Kondisi Diskondinuitas ($JCond_{89}$) menurut Bieniawski (1989).....	33
Tabel 3.7	Klasifikasi kualitas batuan (Deere, 1989).....	36
Tabel 3.8	Nilai kritis D_n^α untuk taraf nyata α (Kolmogorov, 1993).....	53
Tabel 3.9	Klasifikasi nilai FK dan PK lereng tambang terbuka (Stacey dan Read, 2009).....	56
Tabel 4.1	Alat penelitian dan kegunaan.....	58
Tabel 4.2	Litologi penyusun serta ketebalannya di setiap unit <i>overburden</i>	66
Tabel 4.3	Penentuan nilai m_i	71
Tabel 4.4	<i>Rating Joint Condition</i> pada OB K30.....	73
Tabel 5.1	Rentang nilai UCS setiap unit <i>overburden</i> berdasarkan jenis litologinya.....	87
Tabel 5.2	Rentang nilai GSI setiap unit <i>overburden</i> berdasarkan jenis litologinya.....	88
Tabel 5.3	Rekapitulasi hasil validasi data dan uji baik suai.....	92
Tabel 5.4	Rekapitulasi nilai FK dan PK pada sayatan <i>highwall</i> Pit Pedayak Panel 1.....	100
Tabel 5.5	Rekapitulasi nilai FK dan PK pada sayatan <i>highwall</i> setelah optimasi pada Pit Pedayak Panel 1.....	107
Tabel 5.6	Rekapitulasi nilai FK dan PK pada sayatan <i>highwall</i> Pit Pedayak Panel 1 dengan parameter masukan <i>wet density</i> dan <i>saturated density</i>	119
Tabel 6.1	Nilai maksimum dan nilai minimum parameter nilai UCS...	132
Tabel 6.2	Nilai maksimum dan nilai minimum parameter nilai <i>wet density</i> dan <i>saturated density</i>	134
Tabel 6.3	Nilai maksimum dan nilai minimum parameter nilai GSI.....	135