

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Lokasi dan Pencapaian Daerah Penelitian .....	3
1.5. Hasil yang Diharapkan .....	4
1.6. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II. METODOLOGI DAN KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1. Metode dan Tahapan Penelitian .....	7
2.1.1. Pendahuluan .....	7
2.1.2. Pengumpulan Data .....	8
2.1.3. Analisis Data dan Pengolahan Data .....	9
2.1.4. Tahap Penyusunan Laporan dan Penyajian Data .....	13
2.2. Kajian Pustaka .....	15
2.2.1. Batuan Sedimen .....	15
2.2.2. Lingkungan Pengendapan Batubara .....	17
2.2.3. Air Tanah .....	19
2.2.4. Kedudukan Lereng pada Tambang Terbuka. ....	20
2.2.5. Faktor Pengontrol Kestabilan Lereng .....	21
2.2.6. Kriteria Runtuh <i>Mohr-Coulomb</i> .....	23
2.2.7. Analisis Kestabilan Lereng – <i>Limit Equilibrium Method (LEM)</i> .....	25
2.2.8. Kestabilan Lereng Metode Irisan ( <i>Method of Slice</i> ). ....	27

2.2.9. Metode Bishop Disederhanakan ( <i>Simplified Bishop Method</i> ) ..	28
2.2.10. Klasifikasi Faktor Keamanan .....	29
2.2.11. Porositas Batuan .....	30
2.2.12. Permeabilitas Batuan.....	32
2.2.13. Porositas dan Permeabilitas Batuan Terhadap Kestabilan Lereng.	34

### **BAB III. GEOLOGI REGIONAL**

3.1. Fisiografi Regional Daerah Penelitian .....	36
3.2. Stratigrafi Regional Daerah Penelitian .....	37
3.3. Tatanan Tektonik Daerah Penelitian.....	40

### **BAB IV. GEOLOGI DAERAH PENELITIAN**

4.1. Pola Pengaliran Daerah Penelitian .....	45
4.2. Geomorfologi Daerah Penelitian.....	50
4.2.1. Bentukasal Denudasional .....	54
4.2.1.1. Dataran Rendah (D1) .....	54
4.2.2. Bentukasal Fluvial.....	55
4.2.2.1. Tubuh Sungai (F1) .....	55
4.2.2.2. Dataran Aluvial (F2).....	56
4.2.3. Bentukasal Antropogenik.....	58
4.2.3.1. Area Bukaan Tambang/ <i>Pit</i> (A1) .....	58
4.2.3.2. Genangan Air Bekas Tambang/ <i>Sump</i> (A2) .....	59
4.2.3.3. <i>Stockpile/Stockroom</i> (A3).....	60
4.2.3.4. Lahan Hasil Timbunan Tambang/ <i>Disposal</i> (A4).....	62
4.2.3.5. Area Penanaman/ <i>Reklamasi</i> (A5).....	63
4.3. Stratigrafi Daerah Penelitian.....	64
4.3.1. Satuan batulempung Warukin .....	67
4.3.1.1. Dasar Penamaan.....	67
4.3.1.2. Ciri Litologi .....	67
4.3.1.3. Penyebaran dan Ketebalan.....	73
4.3.1.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan.....	73
4.3.1.5. Hubungan Stratigrafi.....	76
4.3.2. Satuan batupasir Warukin .....	77
4.3.2.1. Dasar Penamaan.....	77

4.3.2.2. Ciri Litologi .....	77
4.3.2.3. Penyebaran dan Ketebalan.....	84
4.3.2.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan.....	84
4.3.2.5. Hubungan Stratigrafi.....	87
4.3.3. Endapan Aluvial .....	87
4.3.3.1. Dasar Penamaan.....	87
4.3.3.2. Ciri Litologi .....	87
4.3.3.3. Penyebaran dan Ketebalan.....	88
4.3.3.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan.....	88
4.3.4. Material Timbunan Tambang .....	88
4.3.4.1. Dasar Penamaan.....	88
4.3.4.2. Ciri Litologi .....	89
4.3.4.3. Penyebaran dan Ketebalan.....	89
4.3.4.4. Umur dan Lingkungan Pengendapan.....	89
4.4. Struktur Geologi Daerah Penelitian .....	91
4.3.1. Sesar Kusan .....	91
4.5. Sejarah Geologi Daerah Penelitian.....	92

**BAB V. STUDI POROSITAS DAN PERMEABILITAS BATUAN TERHADAP  
KESTABILAN LERENG HIGHWALL-LOWWALL TAMBANG  
TERBUKA**

5.1. Kondisi Geologi Teknik Daerah Penelitian.....	96
5.2. Karakteristik Batuan.....	96
5.2.1. Karakteristik Batuan Lereng Highwall.....	97
5.2.2. Karakteristik Batuan Lereng Lowwall .....	98
5.2.3. Air Tanah.....	98
5.3. Kondisi Kestabilan Lereng Highwall-Lowwall .....	100
5.3.1. Lereng Highwall.....	100
5.3.2. Lereng Lowwall .....	101
5.4. Cara Menganalisis Kestabilan Lereng.....	101
5.6.1. <i>Minescape</i> .....	102
5.6.2. <i>AutoCAD Map 3D 2015</i> .....	103
5.6.3. <i>Slide V.6.0.</i> .....	103

5.5. Studi Porositas dan Permeabilitas Batuan Lereng Highwall-Lowwall	105
5.5.1. Porositas Batuan Lereng Highwall-Lowwall	106
5.5.2. Permeabilitas Batuan Lereng Highwall-Lowwall	107
5.5.3. Hubungan Porositas dan Permeabilitas Batuan Lereng Highwall-Lowwall Terhadap Kestabilan Lereng	109
5.6. Kajian Kestabilan Lereng Highwall-Lowwall	118
5.6.1. Kondisi Lereng yang Dikaji	118
5.6.2. Sayatan No. 3 (Highwall-Lowwall Timur)	120
5.6.3. Sayatan No. 13 (Highwall-Lowwall Tengah)	121
5.6.4. Sayatan No. 17 (Highwall-Lowwall Barat)	122
5.7. Rekomendasi Peningkatan Kestabilan Lereng Highwall-Lowwall	124
5.7.1. Penempatan Horizontal Drain Hole di Lereng Tambang	124
5.7.2. Pemasangan Geomembrane	125
5.7.3. Pelandaian Lereng	126
5.7.4. <i>Dewatering</i> Penurunan MAT -30m	126
 <b>BAB VI. POTENSI GEOLOG</b>	
6.1. Potensi Geologi Daerah Penelitian	129
6.1.1. Potensi Positif	129
6.1.2. Potensi Negatif	130
 <b>BAB VII. PENUTUP</b>	
7.1. Kesimpulan	133
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	xx

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Daerah Penelitian .....	4
Gambar 1.2. Peta topografi Pit PT. MSTB-CV. HHI dan sekitarnya .....	4
Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian .....	14
Gambar 2.2. Klasifikasi batupasir klastik (Pettijohn, 1973).....	16
Gambar 2.3. Klasifikasi batuan sedimen klastik berbutir halus (Picard, 1971) ....	16
Gambar 2.4. Model lingkungan pengendapan batubara di daerah delta (Horne,1978) .....	17
Gambar 2.5. Diagram memperlihatkan posisi relatif beberapa istilah yang berkaitan dengan air bawah permukaan (Fetter, 1994) .....	19
Gambar 2.6. Desain geometri lereng tambang terbuka (Martin, 2011).....	21
Gambar 2.7. Pengujian geser pada bidang diskontinu (Hoek, 2006) .....	24
Gambar 2.8. Mekanisme luncuran blok pada bidang (dalam Frans, Jioni Santo dkk 2019).....	26
Gambar 2.9. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan (Hoek, 2006).....	27
Gambar 2.10. Hubungan antara ukuran butir, porositas, retensi spesifik dan hasil spesifik (Bell, 1993).....	31
Gambar 2.11. Diagram tiga fase dari elemen agregat tak jenuh (Dowson, 2008)..	32
Gambar 3.1. Kerangka tektonik Pulau Kalimantan (Nuay, 1985 dalam Rose & Hartono, 1978) .....	36
Gambar 3.2. Peta geologi regional lembar kotabaru, Kalimantan (Rustandi, dkk, 1995).....	39
Gambar 3.3. Kolom Stratigrafi Peta Geologi Lembar Kotabaru, Kalimantan (Rustandi, dkk., 1995).....	40
Gambar 3.4. Tektonostratigrafi Cekungan Barito (Satyana dan Silitonga, 1994)..	43
Gambar 4.1. Model pola pengaliran subdentritik (menurut Howard, 1967) .....	46
Gambar 4.2. Pola pengaliran di daerah penelitian.....	48
Gambar 4.3. Bentuklahan dataran rendah (D1) arah kamera tenggara.....	55
Gambar 4.4. Bentuklahan tubuh sungai (F1), arah kamera baratlaut .....	56
Gambar 4.5. Bentuklahan dataran aluvial (F2), arah kamera timurlaut .....	57
Gambar 4.6. Bentuklahan area bukaan tambang (A1) arah kamera tenggara .....	59

Gambar 4.7. Bentuklahan genangan bekas air tambang (A2) arah kamera baratdaya .....	60
Gambar 4.8. Bentuklahan stockpile/stockroom (A3) arah kamera tenggara.....	62
Gambar 4.9. Bentuklahan hasil timbunan tambang/disposal (A4) arah kamera baratlaut .....	63
Gambar 4.10. Bentuklahan area penanaman/reklamasi (A5) arah kamera timur ..	64
Gambar 4.11. Sayatan petrografi LP 80 ( <i>Arkosic wacke</i> ).....	68
Gambar 4.12. Sayatan petrografi LP 87 ( <i>Clayey shale</i> ).....	69
Gambar 4.13. Sayatan petrografi LP 106 ( <i>Sandy siltstone</i> ).....	69
Gambar 4.14. Sayatan petrografi LP 92 ( <i>Sandy claystone</i> ) .....	70
Gambar 4.15. (A) Singkapan Satuan batulempung Warukin pada LP 106 Azimut foto N 043° E. (B) Batulempung berstruktur masif. (C) batupasir kuarsa dengan konkresi siderite. (D) Batupasir kuarsa berstruktur massif dengan nodule karbon. (E). Batuserpih berstruktur menyerpih pada LP 105. (F). Batupasir berstruktur <i>parallel lamination</i> .....	72
Gambar 4.16. (A) Singkapan Satuan batulempung Warukin pada LP 87 Azimut foto N 255° E. (B) Batulanau berstruktur masif. (C) Batuserpih berstruktur menyerpih. (D) Batubara <i>seam 3</i> .....	73
Gambar 4.17. Analisa mikrofosil LP 117 litologi batupasir kuarsa mesh 80 (A), LP 87 litologi batulanau mesh 80 (B), dan LP 94 litologi batupasir kuarsa mesh 100 (C).....	74
Gambar 4.18. Analisa makrofosil <i>Cyclina cyclinorbis</i> (tampak depan) (A), (tampak samping) (B); <i>Rangia cyrenoides</i> (tampak depan) (C), (tampak samping) (D).....	74
Gambar 4.19. Fosil burrow litologi batulanau pada LP 106 .....	75
Gambar 4.20. Model lingkungan pengendapan <i>transitional lower delta plain</i> (Horne, 1978) .....	76
Gambar 4.21. Hubungan satuan batulempung Warukin (atas) dengan satuan batupasir Warukin (bawah) pada LP 100 yakni selaras, azimuth foto N 018° E (A). Batulempung berstruktur massif (C). Batupasir berstruktur <i>flaser lamination</i> (D).....	76
Gambar 4.22. Sayatan petrografi LP 95 ( <i>Arkosic arenite</i> ).....	78

Gambar 4.23. Sayatan petrografi LP 78 ( <i>Clayey shale</i> ).....	79
Gambar 4.24. Sayatan petrografi LP 104 ( <i>Sandy siltstone</i> ).....	79
Gambar 4.25. Sayatan petrografi LP 112 ( <i>Claystone</i> ) .....	80
Gambar 4.26. Sayatan mineralogi optis LP 82 (mineral siderite).....	81
Gambar 4.27. Singkapan Satuan batupasir Warukin LP 97, azimuth foto N 172° E (A). Batupasir berstruktur <i>parallel lamination</i> (B). Batulanau berstruktur massif (C). Kontak batubara seam B3 dengan batulempung sisipan batulanau (D). Batupasir dengan struktur <i>cross bedding</i> (E). Batupasir dengan struktur <i>flaser lamination</i> LP 88 (F) .....	83
Gambar 4.28. Singkapan Satuan batupasir Warukin LP 82, azimuth foto N 226° E. Batulempung berstruktur masif dengan konkresi <i>siderite</i> (B). Batupasir dengan sisipan batupasir (C). Batulempung sisipan batulanau (D) ..	84
Gambar 4.29. Analisa mikrofosil LP 98 litologi batupasir kuarsa mesh 80 (A), LP 45 litologi batulanau mesh 100 (B), dan LP 104 litologi batupasir kuarsa mesh 80 (C).....	85
Gambar 4.30. Fosil daun pada litologi batulanau LP 97 (A), Fosil daun pada litologi batulempung LP 100 (B), dan fosil daun pada singkapan batulanau LP 104 (C) .....	85
Gambar 4.31. Model lingkungan pengendapan <i>transitional lower delta plain</i> (Horne, 1978) .....	86
Gambar 4.32. Hubungan ketidakselarasan antara Satuan batupasir Warukin dengan endapan aluvial, arah kamera utara.....	87
Gambar 4.33. Singkapan endapan aluvial yang memiliki hubungan ketidakselarasan dengan satuan batupasir, singkapan LP 112 endapan aluvial (A), batas ketidakselarasan dua satuan, azimuth kemara selatan (B).....	88
Gambar 4.34. Singkapan material timbunan tambang LP 59, arah kamera N 131° E (A). Litologi material lepas LP 59 (C). Singkapan material timbunan tambang LP 62, arah kamera N 305° E (C). Litologi material lepas LP 62 (D).....	89
Gambar 4.35. Kenampakan sesar mendatar kiri naik pada LP 88, azimuth N 236° E .....	91

Gambar 4.36. Kenampakan shear fracture (garis merah) dan gash fracture (garis kuning) pada LP 88, arah kamera N 192° E .....	92
Gambar 4.37. Analisis stereografi Sesar Kusan .....	92
Gambar 4.38. Lokasi daerah penelitian dahulunya merupakan lingkungan pengendapan transisi (delta) .....	93
Gambar 4.39. Proses pengendapan Satuan batulempung Warukin.....	94
Gambar 4.40. Proses pengendapan Satuan batupasir Warukin.....	95
Gambar 4.41. Kondisi geologi daerah penelitian pada saat sekarang .....	96
Gambar 5.1. Bentang alam lereng highwall, arah kamera selatan .....	98
Gambar 5.2. Bentang alam lereng lowwall, arah kamera utara .....	98
Gambar 5.3. Geometri lereng tambang terbuka (highwall-lowwall) .....	101
Gambar 5.4. Hubungan nilai porositas dan permeabilitas lereng highwall .....	108
Gambar 5.5. Hubungan nilai porositas dan permeabilitas lereng lowwall.....	109
Gambar 5.6. Hubungan porositas dengan permeabilitas lereng highwall-lowwall	110
Gambar 5.7. Hubungan porositas dengan berat isi (saturated) lereng highwall-lowwall.....	111
Gambar 5.8. Hubungan porositas dengan kohesi lereng highwall-lowwall.....	111
Gambar 5.9. Hubungan permeabilitas dengan berat isi lereng highwall-lowwall .	112
Gambar 5.10. Hubungan permeabilitas dengan kohesi lereng highwall-lowwall..	113
Gambar 5.11. Peta lokasi penelitan pada area tambang 17 Maret 2022 .....	119
Gambar 5.12. Hasil analisa LEM softwere slide pada lereng highwall metode Bishop FK 1,583 .....	120
Gambar 5.13. Hasil analisa LEM softwere slide pada lereng lowwall metode Bishop FK 0,608 .....	121
Gambar 5.14. Hasil analisa LEM softwere slide pada lereng highwall metode Bishop FK 1,582 .....	122
Gambar 5.15. Hasil analisa LEM softwere slide pada lereng lowwall metode Bishop FK 1,859 .....	122
Gambar 5.16. Hasil analisa LEM softwere slide pada lereng highwall metode Bishop FK 2,246 .....	123
Gambar 5.17. Hasil analisa LEM softwere slide pada lereng lowwall metode Bishop FK 4,032 .....	123



Gambar 5.18. Penempatan Horizontal Drain hole di Lereng Tambang Terbuka (dikutip dari Read dan Stacy., 2009 serta Leech dkk., 2007 dalam Tedy Agung, dkk., 2016) .....	125
Gambar 5.19. Pemasangan geomembrane pada area tepi sungai. ( <a href="https://www.geotextilewoven.com">https://www.geotextilewoven.com</a> ).....	126
Gambar 5.20. <i>Dewatering</i> menggunakan metode <i>sump dewatering</i> .....	127
Gambar 5.21. <i>Dewatering</i> menggunakan metode <i>eksternal dewatering</i> .....	127
Gambar 5.22. <i>Dewatering</i> menggunakan metode <i>adit dewatering</i> .....	128
Gambar 6.1. Kegiatan penambangan batubara dengan ketebalan 1-16 meter, arah kamera timur laut .....	130
Gambar 6.2. Lereng <i>Low Wall</i> area penambangan batubara terbuka berpotensi menimbulkan longsor pada LP 95, arah kamera N 039°E.....	130
Gambar 6.3. Air asam penambangan batubara terbuka berpotensi menimbulkan perubahan pH air pada lokasi pengamatan 86, arah kamera selatan..	131
Gambar 6.4. Rembesan airtanah berpotensi menimbulkan kejenuhan batuan pada lereng tambang pada LP 104, singkapan lereng area pit HHI timur highwall (A), litologi batupasir memiliki kejenuhan air cukup tinggi (B), arah kamera N 228°E .....	131

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai faktor keamanan dan probabilitas longsor lereng tambang (Kementerian ESDM, 2018) .....	30
Tabel 2.2. Porositas penyusun akuifer (Todd, 1995) .....	32
Tabel 2.3. Nilai relatif permeabilitas (Bell, 1993) .....	33
Tabel 2.4. Permeabilitas material penyusun akuifer (Morris dan Johnson dalam Todd, 1995) .....	34
Tabel 4.1. Pola pengaliran subdentritik berdasarkan fakta lapangan dan interpretasi geologi .....	47
Tabel 4.2. Klasifikasi kemiringan lereng (Van Zuidam, 1983) .....	50
Tabel 4.3. Klasifikasi satuan Bentuklahan Daerah Penelitian berdasarkan Modifikasi Klasifikasi Van Zuidam (1983) .....	53
Tabel 4.4. Kolom stratigrafi daerah penelitian.....	66
Tabel 5.1. Lokasi pengambilan data air tanah (rembesan dan limpasan air) .....	99
Tabel 5.2. Hasil perhitungan air tanah (rembesan dan limpasan air).....	99
Tabel 5.3. Perhitungan debit air rembesan dan limpasan.....	100
Tabel 5.4. Litologi penyusun lereng highwall .....	100
Tabel 5.5. Litologi penyusun lereng lowwall.....	101
Tabel 5.6. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah, gravel, dan batuan pada lereng highwall .....	106
Tabel 5.7. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah, batuan pada lereng lowwall .....	106
Tabel 5.8. Nilai porositas batuan pada lereng highwall .....	106
Tabel 5.9. Nilai porositas tanah, gravel, dan batuan pada lereng lowwall.....	107
Tabel 5.10. Nilai permeabilitas batuan pada lereng highwall .....	108
Tabel 5.11. Nilai permeabilitas tanah, gravel, dan batuan pada lereng lowwall....	109
Tabel 5.12. Korelasi hubungan porositas dan permeabilitas dengan nilai FK 1,853 lereng highwall sayatan No. 3 .....	115
Tabel 5.13. Korelasi hubungan porositas dan permeabilitas dengan nilai FK 1,582 lereng highwall sayatan No. 13 .....	115

Tabel 5.14. Korelasi hubungan porositas dan permeabilitas dengan nilai FK 2,246 lereng highwall sayatan No. 17 .....	115
Tabel 5.15. Korelasi hubungan porositas dan permeabilitas dengan nilai FK 0,608 lereng lowwall sayatan No. 3 .....	117
Tabel 5.16. Korelasi hubungan porositas dan permeabilitas dengan nilai FK 1,859 lereng lowwall sayatan No. 13 .....	117
Tabel 5.17. Korelasi hubungan porositas dan permeabilitas dengan nilai FK 4,032 lereng lowwall sayatan No. 17 .....	117

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A1 Peta Pola Pengaliran

Lampiran A2 Peta Lokasi Pengamatan dan Lintasan

Lampiran A3 Peta Geomorfologi

Lampiran A4 Peta Geologi

Lampiran A5 Peta Kemenerusan dan Sebaran Lapisan Batubara

Lampiran A6 Peta Zonasi Kerentanan

Lampiran B Analisa Petrografi

B1 Sayatan Petrografi Batupasir Satuan batulempung Warukin

B2 Sayatan Petrografi Batupasir Satuan batupasir Warukin

B3 Sayatan Petrografi Batuserpih Satuan batulempung Warukin

B4 Sayatan Petrografi Batuserpih Satuan batupasir Warukin

B5 Sayatan Petrografi Batulempung Satuan batupasir Warukin

B6 Sayatan Petrografi Batulempung Satuan batulempung Warukin

B7 Sayatan Petrografi Batulanau Satuan batupasir Warukin

B8 Sayatan Petrografi Batulanau Satuan batulempung Warukin

B9 Sayatan Petrografi mineral *siderite*

Lampiran C Analisa Makrofosil

C1 Analisa Makrofosil sampel 1 (*Cyclina cyclinorbis*)

C2 Analisa Makrofosil sampel 2 (*Rangia cyrenoides*)

Lampiran D Analisa Mikrofosil

D1 Analisa Mikrofosil pada Batupasir LP 98

D2 Analisa Mikrofosil pada Batupasir LP 45

D3 Analisa Mikrofosil pada Batulanau LP 104

D4 Analisa Mikrofosil pada Batupasir LP 117

D5 Analisa Mikrofosil pada Batulanau LP 87

D6 Analisa Mikrofosil pada Batupasir LP 94

Lampiran E Measuring Section

E1 Measuring Section Jalur 1

E2 Measuring Section Jalur 2

E3 Measuring Section Jalur 3

E4 Measuring Section Jalur 4  
E5 Measuring Section Jalur 5  
E6 Measuring Section Jalur 6  
Lampiran F Profil Stratigrafi  
F1 Profil Stratigrafi LP 104