

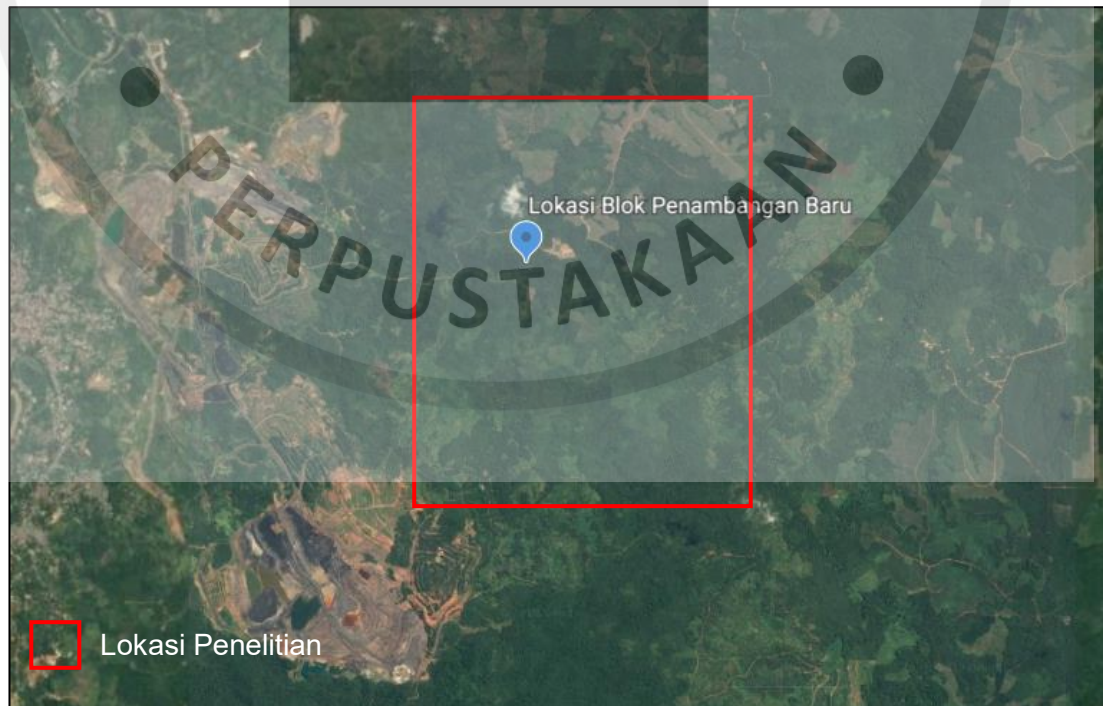
## BAB IV

### PROSEDUR DAN HASIL PENELITIAN

#### 4.1 Pengeboran Geoteknik

##### 4.1.1 Titik Pengeboran Geoteknik

Kegiatan pengeboran geoteknik dilakukan di blok penambangan baru (**Gambar 4.1**), dengan total pengeboran geoteknik berjumlah 10 titik bor. Pemilihan titik tersebut ditentukan berdasarkan hasil survei dan analisis geologi baik dari hasil geologi permukaan maupun bawah permukaan, hal ini disesuaikan dengan asumsi kemenerusan lapisan batubaranya dari hasil kegiatan eksplorasi yang sudah dilakukan. Selain itu dalam menentukan lokasi dan kedalaman pengeboran juga diperlukan pengumpulan dan pengkajian data yang lebih lengkap seperti survei seismik, agar hasilnya lebih optimal.



Sumber: Google Earth, 2019

**Gambar 4.1**  
**Lokasi Penelitian**

Dalam pengeboran geoteknik di lokasi penelitian ini penentuan titik pengeboran dilakukan dari Barat Laut menuju Tenggara, mengikuti garis *strike* per lapisannya, hal ini bertujuan selain untuk mendapatkan informasi dimensi batuan secara searah horizontal juga untuk melihat kemenerusan penyebaran batubaranya. Adapun koordinat pengeboran geoteknik dapat dilihat pada **Tabel 4.1** di bawah ini.

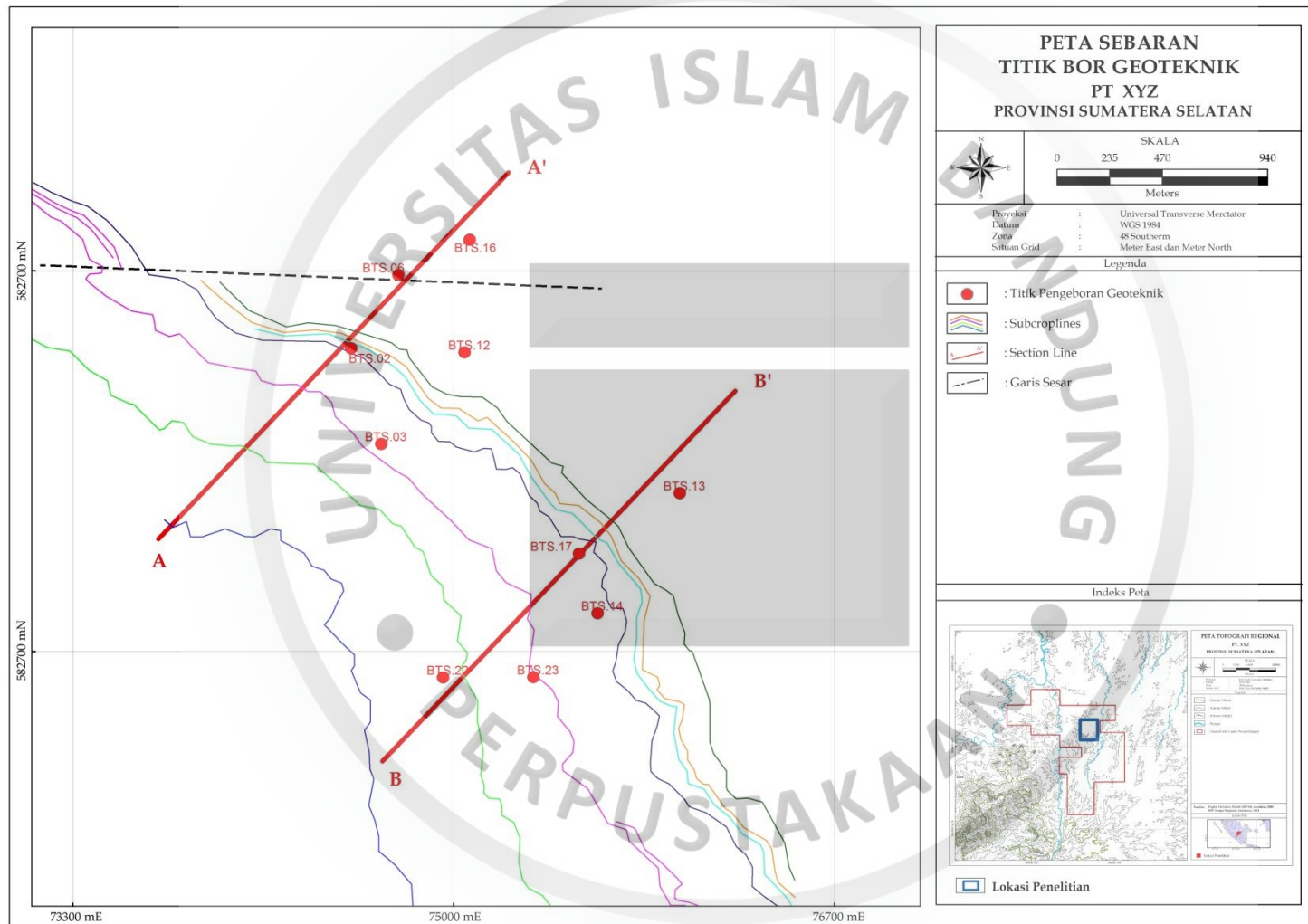
**Tabel 4.1**  
**Koordinat Titik Pengeboran Geoteknik**

No	Koordinat	X (mE)	Y (mN)	Z (mdpl)
1	BTS.02	74542,63	584053,97	73,46
2	BTS.03	74676,92	583626,73	84,30
3	BTS.06	74753,06	584381,73	68,02
4	BTS.12	75049,13	584035,84	68,43
5	BTS.13	76009,67	583407,74	78,63
6	BTS.14	75642,31	582871,51	80,29
7	BTS.16	75071,99	584538,73	79,09
8	BTS.17	75559,84	583137,70	86,03
9	BTS.22	74952,99	582584,98	95,02
10	BTS.23	75356,01	582586,00	109,72

Sumber: Hasil kegiatan lapangan, 2018

Penentuan lokasi titik bor secara garis besar dilakukan dengan menempatkan titik bor menjadi 2 kelompok, hal ini dikarenakan analisis stabilitas lereng *overall* yang dilakukan dibuat menjadi 2 *section*, di mana pada *section A* terdiri dari bor geoteknik BTS.02, BTS.03, BTS.06, BTS.12 dan BTS.16 yang terletak pada bagian Barat Laut. Sedangkan *section B* terdiri dari bor geoteknik BTS.13, BTS.14, BTS. 17, BTS.22 dan BTS.23 pada bagian Tenggara.

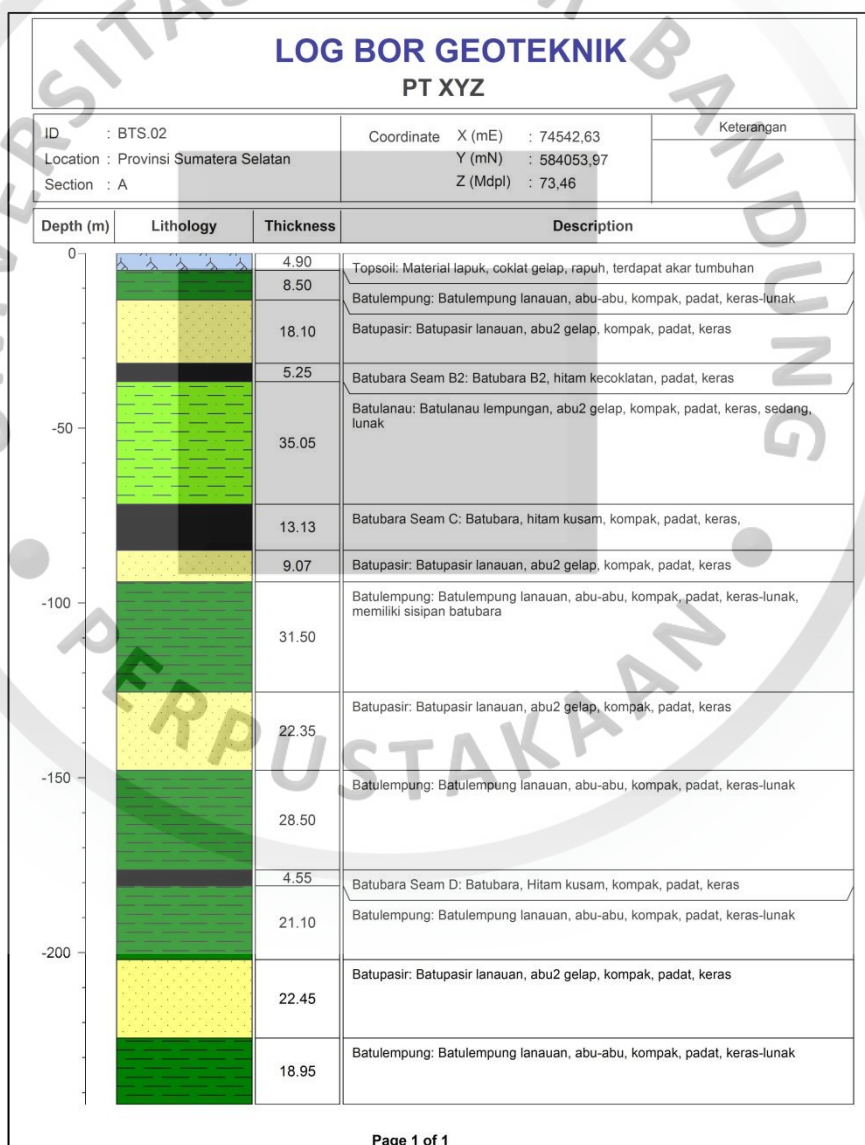
Kegiatan pengeboran pada lokasi ini memiliki kedalaman yang cukup besar hingga lebih dari 100 meter dan yang paling dalam mencapai 271 meter pada titik bor BTS.16. hal ini dilakukan agar mengetahui informasi sebanyak-banyaknya searah vertikal lapisan, mengingat *dipping* dari lapisan mencapai  $\pm 15-25^\circ$ . Adapun peta sebaran titik geoteknik yang sudah dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 4.2**, sebagai berikut:



**Gambar 4.2**  
**Peta Sebaran Titik Bor Geoteknik**

#### 4.1.2 Jenis Batuan Penyusun

Pada lokasi penelitian memiliki batuan penyusun berupa batulempung lanauan, batupasir lanauan dan batulanau lempungan. Batubara pada lokasi ini memiliki 7 lapisan batubara utama yaitu *seam* A1 dengan tebal 9 meter, *seam* A2 dengan tebal 11,95 meter, *seam* B1 dengan tebal 9,45 meter, *seam* B2 dengan tebal 4 meter, *seam* C dengan tebal 13 meter, *seam* D dengan tebal 3,35 meter dan *seam* E dengan tebal 5,8 meter. Stratigrafi batuan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



**Gambar 4.3**  
**Contoh Stratigrafi BTS.02**

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran E**

## 4.2 Uji Laboratorium

### 4.2.1 Pengujian Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik yang dilakukan mengacu pada ASTM (*American Society Testing Materials*) C97, untuk mendapatkan *output* berupa densitas natural batuan, densitas jenuh batuan, densitas kering batuan, *specific gravity*, dan void rasio. Adapun prosedur pengujian yang dilakukan pada sampel batuan adalah sebagai berikut:

1. Sampel batuan dikeringkan pada suhu  $140 \pm 4^{\circ}\text{F}$  [ $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ] selama 48 jam pada oven berventilasi, pada jam ke 46, 47 dan 48 sampel harus ditimbang untuk mengetahui adanya penurunan berat atau tidak, lakukan penimbangan tersebut hingga berat sampel tidak berubah secara tiga kali penimbangan.
2. Setelah proses pengeringan selesai, diamkan sampel pada ruangan selama 30 menit, kemudian timbang kembali. Apabila sampel tidak dapat ditimbang segera setelah proses pendinginan, maka simpan sampel tersebut kedalam desikator. Tentukan bobot sampai mendekati nilai 0,0005 oz (0,0142 gr).
3. Masukkan sampel seluruhnya kedalam saringan atau air suling dengan suhu  $72 \pm 4^{\circ}\text{F}$  [ $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ] selama 48 jam. Setelah selesai, keluarkan sampel dari air dan keringkan sampel dengan kain yang lembab, lalu lakukan penimbangan hingga sampel memiliki berat 0,0005 oz (0,0142 gr).
4. Apabila penentuan *absorption* dan *bulk specific gravity* dilakukan pada sampel yang sama, maka timbang kembali sampel jenuh yang tersimpan pada air saring atau air suling dengan suhu  $72 \pm 4^{\circ}\text{F}$  [ $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ] setelah proses *absorption tests* selesai, dan diusahakan untuk dilakukan secepatnya. Lakukan proses tersebut hingga berat sampel mendekati nilai 0,0005 oz (0,0142 gr).

Berikut data hasil pengujian sifat fisik batuan pada titik pengeboran geoteknik, dapat dilihat pada **Tabel 4.2** sebagai berikut:

**Tabel 4.2**  
**Hasil Pengujian Sifat Fisik Batuan**

Section	BOR ID	Lithology	Specific Gravity (Gs)	Density (kN/m <sup>3</sup> )			Void Ratio (e)
				Natural	Wet	Dry	
A	BTS.02	Lanau lempungan	2,65	19,40	19,67	15,84	0,64
		Lanau lempungan	2,64	19,94	20,12	16,61	0,56
		Lanau lempungan	2,67	19,80	19,98	16,33	0,61
		Lanau lempungan	2,64	20,50	20,90	17,86	0,45
		Pasir lanauan	2,72	21,01	21,28	18,21	0,47
		Pasir lanauan	2,65	21,09	21,36	18,53	0,40
		Pasir lanauan	2,67	20,32	20,44	17,04	0,54
		Pasir lanauan	2,83	21,40	22,10	19,01	0,46
	BTS.03	Lanau lempungan	2,82	19,17	19,40	14,92	0,86
		Lempung lanauan	2,77	20,58	20,93	17,44	0,56
		Lempung lanauan	2,79	19,51	20,07	16,07	0,71
		Pasir lanauan	2,80	21,18	21,65	18,30	0,49
		Pasir lanauan	2,80	22,20	22,79	20,21	0,36
	BTS.06	Lempung lanauan	2,77	15,98	16,38	10,25	1,64
		Lempung lanauan	2,66	18,70	18,90	14,48	0,79
		Lanau lempungan	2,73	19,56	19,67	15,51	0,72
		Lanau lempungan	2,70	18,71	19,07	14,74	0,80
		Pasir lanauan	2,75	19,99	20,47	16,75	0,61
		Lempung lanauan	2,70	18,33	18,44	13,72	0,93
		Lempung lanauan	2,75	19,13	19,45	15,11	0,78
		Lanau pasiran	2,84	20,89	21,01	17,30	0,61
		Lempung lanauan	2,93	19,41	20,44	16,19	0,78
		Coal Seam A1	-	11,87	11,90	8,48	-
		Lempung lanauan	2,72	19,27	19,45	15,28	0,75
		Coal Seam A2	-	12,01	12,04	8,09	-
		Lempung lanauan	2,73	18,11	18,38	13,51	0,98
		Coal Seam B1	-	11,92	11,95	8,19	-
	BTS.12	Lempung lanauan	2,79	15,96	17,90	12,54	1,17
		Lanau lempungan	2,76	18,78	19,78	15,70	0,73
		Lanau lempungan	2,62	19,41	19,67	15,98	0,61
	BTS.16	Lanau lempungan	2,69	17,73	18,67	14,13	0,87
		Lanau lempungan	2,80	16,45	17,87	12,53	1,19
		Lanau lempungan	2,80	18,03	18,50	13,55	1,03
		Lempung lanauan	2,80	14,26	16,90	11,03	1,49
		Lempung lanauan	2,80	14,56	16,92	11,06	1,48
		Lempung lanauan	2,84	15,63	17,83	12,35	1,25
Lempung lanauan		2,81	14,65	16,99	11,16	1,47	
Lanau pasiran		2,63	17,83	18,40	13,88	0,86	
Lempung lanauan	2,78	14,83	17,67	12,28	1,22		

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran F**

#### 4.2.2 Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik dilakukan dengan dua metode yaitu pengujian kuat geser batuan untuk mendapatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek ( $f$ ) dalam dan pengujian kuat tekan batuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan batuan ( $\sigma_c$ ), modulus elastisitas ( $E$ ) dan *poisson rasio*. Dalam pengujian kuat geser, batuan diuji berdasarkan acuan ISRM (*International Society for Rock Mechanics*) untuk menentukan kekuatan geser pada batuan hasil *coring*, sedangkan untuk pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS) mengacu pada ASTM (*American Society Testing Materials*) C170 dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan pengujian, sampel terlebih dahulu dilakukan preparasi, agar bentuk sampel sesuai untuk dilakukan pengujian.
2. Simpan sampel dalam mesin uji dan berikan beban awal dengan kecepatan yang dapat menyesuaikan tangan pelat kontak pada sampel.
3. Putar pelat ke arah depan dan belakang dengan asumsi sudut  $30^\circ$  di bawah beban kecil untuk menempatkan balok bola dengan benar, lakukan secara perlahan supaya sampel tidak keluar dari posisi tengah alat.
4. Lakukan pengujian dengan catatan laju pemuatan lebih baik tidak melebihi 100 psi (690 kPa)/s., kecuali jika kecepatan *head* pemuatan tidak lebih dari 0,05 inci (1,3 mm)/ menit.

Dalam pengujian sifat mekanik ini untuk sampel batubara banyak tidak teruji karena sampel hancur saat proses pengeboran, terutama untuk pengujian kuat tekan batuan. Hal tersebut disebabkan karakteristik batubara yang lebih rapuh dibandingkan dengan jenis batuan sedimenter lainnya seperti batulempung lanauan, batulanau lempungan dan batupasir lanauan, dari hasil pengeboran geoteknik ini didapatkan hasil pengujian sebanyak 94 data, yang dapat dilihat pada **Tabel 4.3** sebagai berikut:

**Tabel 4.3**  
**Hasil Pengujian Sifat Mekanik Batuan**

Section	BOR ID	Lithology	Direct Shear				UCS		
			C peak (kPa)	f peak (deg)	C residu (kPa)	f residu (deg)	$\sigma_c$ (kPa)	E (kPa)	Poisson Ratio (%)
A	BTS.02	Lanau lempungan	71,00	25,99	10,26	13,80	313,43	255,07	0,00
		Lanau lempungan	20,75	31,91	12,88	17,30	Sampel patah-patah		
		Lanau lempungan	-	-	-	-	631,38	348,78	0,00
		Lanau lempungan	85,54	29,84	37,72	15,68	510,67	304,69	0,59
		Pasir lanauan	-	-	-	-	242,62	161,21	0,00
		Pasir lanauan	45,84	27,80	28,81	18,29	1410,82	1132,75	0,16
		Pasir lanauan	35,03	11,16	13,55	7,06	Sampel patah-patah		
		Pasir lanauan	38,16	14,79	27,86	9,38	Sampel patah-patah		
	BTS.03	Lanau lempungan	-	-	-	-	159,88	50,81	0,04
		Lempung lanauan	32,06	26,83	14,94	13,41	Sample patah-patah		
		Lempung lanauan	-	-	-	-	Sample patah-patah		
		Pasir lanauan	21,98	28,07	16,19	11,65	Sample patah-patah		
		Pasir lanauan	23,42	10,61	14,90	7,28	858,57	633,89	0,24
	BTS.06	Lempung lanauan	11,68	14,17	8,89	8,69	130,35	47,64	0,00
		Lempung lanauan	16,21	12,26	11,64	6,90	668,14	343,10	0,62
		Lanau lempungan	24,57	11,83	14,74	9,26	683,89	217,43	0,13
		Lanau lempungan	10,77	8,77	7,14	4,79	436,35	118,14	0,02
		Pasir lanauan	37,20	15,46	14,56	10,92	Sampel patah-patah		
		Lempung lanauan	-	-	-	-	173,55	54,16	0,00
		Lempung lanauan	12,52	14,99	6,78	8,67	191,67	98,90	0,13
		Lanau pasiran	106,77	28,40	57,13	14,64	162,04	137,91	0,25
		Lempung lanauan	67,42	19,82	43,73	12,57	1190,61	830,05	0,50
		Coal Seam A1	142,20	33,09	79,43	25,62	4092,26	4611,39	0,10
		Lempung lanauan	136,84	31,02	53,18	26,57	2202,25	1260,26	0,24
		Coal Seam A2	128,47	32,99	41,19	26,01	1826,95	1797,12	0,63
		Lempung lanauan	17,34	9,67	12,18	5,61	84,94	37,95	0,00
	Coal Seam B1	125,53	29,97	50,99	25,09	Sampel patah-patah			
	BTS.12	Lempung lanauan	-	-	-	-	254,21	94,06	0,12
		Lanau lempungan	-	-	-	-	587,83	547,28	0,78
		Lanau lempungan	-	-	-	-	1287,05	712,24	0,09
	BTS.16	Lanau lempungan	4,39	2,76	2,75	1,91	Sampel Patah		
		Lanau lempungan	7,32	9,38	1,53	5,86	123,07	105,38	0,26
		Lanau lempungan	24,12	22,05	19,04	16,73	Sampel Patah		
Lempung lanauan		-	-	-	-	57,24	44,88	0,41	
Lempung lanauan		-	-	-	-	40,17	37,08	0,00	
Lempung lanauan		35,85	20,95	23,19	16,87	Sampel Patah			
Lempung lanauan		9,77	13,50	4,66	9,61	Sample Patah			
Lanau pasiran		37,02	27,99	19,66	24,26	140,78	132,47	0,00	
Lempung lanauan	52,25	26,17	29,79	22,37	Sample Patah				

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran F**



### 4.3 Uji Normalitas Data

Uji normalitas diperlukan untuk mengetahui distribusi data dari setiap *input* parameter geoteknik terutama dalam penentuan nilai probabilitas kelongsoran, karena salah satu syaratnya berupa data yang berdistribusi normal. Dalam penelitian ini pengujian normalitas dilakukan dengan metode deskriptif dan metode analitik Kolmogorov-Smirnov.

#### 4.3.1 Uji Normalitas Deskriptif

Pengujian normalitas deskriptif ini dilihat dari nilai rasio skewness dan rasio kurtosis, dimana data dianggap normal apabila nilai keduanya mendekati nol (0), nilai tersebut memiliki *range* dari -2 hingga 2. Data yang normal juga ditandai dengan bentuk histogram atau grafik data yang terbentuk membentuk seperti lonceng, berikut hasil pengujiannya. Untuk hasil pengujian normalitas deskriptif dapat dilihat pada **Tabel 4.4** sebagai berikut:

**Tabel 4.4**  
**Hasil Uji Normalitas Deskriptif**

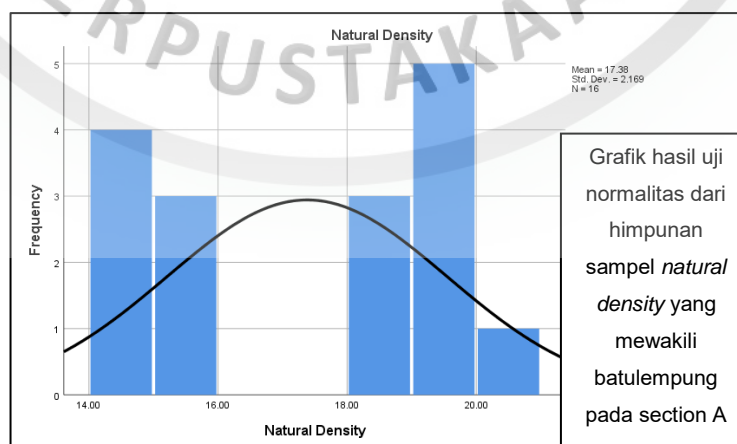
Section	Parameter	Density (kN/m <sup>3</sup> )		Kohesi Peak (Kpa)	Phi Peak (deg)	Kohesi Residu	Phi Residu (deg)
		Natural	Saturated				
A	<b>Batulempung lanauan</b>						
	Skewness	-0,21	0,17	1,32	0,48	1,32	1,07
	Std. Error of Skewness	0,56	0,56	0,66	0,72	0,75	0,72
	Kurtosis	-1,68	-1,00	1,25	-1,17	1,42	0,77
	Std. Error of Kurtosis	1,09	1,09	1,28	1,40	1,48	1,40
	Rasio Skewness	-0,38	0,30	2,00	0,67	1,75	1,49
	Rasio Kurtosis	-1,54	-0,92	0,98	-0,84	0,96	0,55
	Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	<b>Batupasir lanauan</b>						
	Skewness	0,47	0,76	1,22	-0,20	1,32	0,34
	Std. Error of Skewness	0,72	0,72	0,66	0,69	0,75	0,75
	Kurtosis	0,76	0,26	0,85	-1,77	1,42	-1,09
	Std. Error of Kurtosis	1,40	1,40	1,28	1,33	1,48	1,48
	Rasio Skewness	0,66	1,06	1,85	-0,28	1,75	0,46
	Rasio Kurtosis	0,54	0,19	0,66	-1,32	0,96	-0,73
	Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	<b>Batulanau lempungan</b>						
	Skewness	-0,82	-0,83	0,25	0,01	-0,14	0,33
	Std. Error of Skewness	0,66	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75
	Kurtosis	0,12	-0,27	-1,17	-1,79	-1,37	-0,85
	Std. Error of Kurtosis	1,28	1,15	1,48	1,48	1,48	1,48
	Rasio Skewness	-1,24	-1,39	0,33	0,01	-0,19	0,44
	Rasio Kurtosis	0,09	-0,23	-0,79	-1,21	-0,93	-0,57
	Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Lanjutan Tabel 4.4.

Section	Parameter	Density (kN/m <sup>3</sup> )		Koehsi Peak (Kpa)	Phi Peak (deg)	Koehsi Residu	Phi Residu (deg)	
		Natural	Saturated					
B	<b>Batulempung lanauan</b>							
	Skewness	1,13	1,18	1,12	-0,49	0,34	0,20	
	Std. Error of Skewness	0,62	0,62	0,66	0,66	0,66	0,69	
	Kurtosis	1,04	0,99	1,35	-1,06	-0,78	-1,14	
	Std. Error of Kurtosis	1,19	1,19	1,28	1,28	1,28	1,33	
	Rasio Skewness	1,83	1,91	1,69	-0,75	0,52	0,29	
	Rasio Kurtosis	0,87	0,83	1,05	-0,83	-0,61	-0,85	
	Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
	<b>Batupasir lanauan</b>							
	Skewness	0,59	0,47	0,83	0,17	0,73	0,80	
	Std. Error of Skewness	0,49	0,49	0,54	0,50	0,51	0,50	
	Kurtosis	0,66	0,63	-0,55	-1,37	-0,27	-0,31	
	Std. Error of Kurtosis	0,95	0,95	1,04	0,97	0,99	0,97	
	Rasio Skewness	1,21	0,96	1,55	0,34	1,43	1,59	
	Rasio Kurtosis	0,69	0,67	-0,53	-1,41	-0,27	-0,32	
	Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
	<b>Batulanau lempungan</b>							
	Skewness	0,06	0,18	0,64	1,40	0,15	1,10	
	Std. Error of Skewness	0,79	0,79	0,85	0,79	0,79	0,79	
	Kurtosis	-1,93	-2,01	1,81	1,54	-0,39	-0,32	
	Std. Error of Kurtosis	1,59	1,59	1,74	1,59	1,59	1,59	
	Rasio Skewness	0,07	0,22	0,76	1,76	0,19	1,38	
	Rasio Kurtosis	-1,21	-1,27	1,04	0,97	-0,25	-0,20	
	Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
A dan B	<b>Batubara</b>							
	Skewness	-0,29	-0,29	1,04	0,22	0,57	0,18	
	Std. Error of Skewness	0,51	0,51	0,58	0,62	0,64	0,62	
	Kurtosis	1,29	1,29	-0,23	-1,02	0,39	-0,11	
	Std. Error of Kurtosis	0,99	0,99	1,12	1,19	1,23	1,19	
	Rasio Skewness	-0,56	-0,56	1,80	0,35	0,90	0,29	
	Rasio Kurtosis	1,30	1,30	-0,21	-0,86	0,32	-0,09	
	Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	

Adapun contoh bentuk grafik dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada

**Gambar 4.4** sebagai berikut:



**Gambar 4.4**  
Hasil Uji Normalitas Batulempung Lanauan Section A

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran G**

### 4.3.2 Uji Normalitas Analitik (Kolmogorov-Smirnov)

Pengujian normalitas Kolmogorov-Smirnov merupakan salah satu metode normalitas analitik dimana sebuah data dianggap normal apabila nilai *significansy* lebih besar dari 0,05. pengujian normalitas ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* statistika, hasil pengujian normalitas ini dapat dilihat pada **Tabel 4.5** berikut:

**Tabel 4.5**  
Hasil Uji Normalitas Analitik

Section	Parameter	Batulempung lanauan		Batupasir lanauan		Batulanau lempungan	
		Sig.	Kett.	Sig.	Kett.	Sig.	Kett.
A	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	0,11		0,20		0,20	
	Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	0,20		0,20		0,07	
	Kohesi Peak (Kpa)	0,08	> 0,05 (Normal)	0,15	> 0,05 (Normal)	0,20	> 0,05 (Normal)
	Phi Peak (deg)	0,20		0,18		0,20	
	Kohesi Residu (Kpa)	0,14		0,16		0,20	
	Phi Residu (deg)	0,20		0,20		0,20	
B	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	0,14		0,20		0,20	
	Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	0,12		0,20		0,20	
	Kohesi Peak (Kpa)	0,20	> 0,05 (Normal)	0,09	> 0,05 (Normal)	0,20	> 0,05 (Normal)
	Phi Peak (deg)	0,16		0,12		0,13	
	Kohesi Residu (Kpa)	0,20		0,14		0,20	
	Phi Residu (deg)	0,20		0,14		0,06	

Adapun untuk batubara karena keterbatasan data hasil pengujian, maka dalam penentuan normalitasnya antara *section A* dan *section B* digabung menjadi satu, hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.6**  
Hasil Uji Normalitas Analitik Batubara

Section	Parameter	Batubara	
		Sig.	Kett.
A dan B	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	0,07	
	Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	0,07	
	Kohesi Peak (Kpa)	0,09	> 0,05 (Normal)
	Phi Peak (deg)	0,10	
	Kohesi Residu (Kpa)	0,17	
	Phi Residu (deg)	0,09	

Dari hasil kedua metode normalitas, maka dapat disimpulkan bahwa dari setiap *input* parameter yang digunakan memiliki distribusi data normal sehingga memenuhi persyaratan dalam menentukan probabilitas kelongsoran.

#### 4.4 Uji Kemampugaruan

Pengujian kemampugaruan dalam penelitian ini menggunakan metode Weaver (1975), dimana nilai kecepatan gelombang didapatkan dari nilai uji kuat tekan uniaksial batuan melalui persamaan karpuz (**Rumus 3.16**), nilai cepat rambat gelombang batuan dapat dilihat pada **Tabel 4.7** berikut:

**Tabel 4.7**  
Nilai Cepat Rambat

<i>Lithologi</i>	<i>Parameter</i>	<i>Seismic Velocity (Vf)</i>
<b>Batulempung</b>	Rata-Rata	700,7065
	Median	678,7089
<b>Batupasir</b>	Rata-Rata	904,0695
	Median	902,2883
<b>Batulanau</b>	Rata-Rata	839,2844
	Median	839,1128
<b>Batubara</b>	Rata-Rata	1133,2946
	Median	1120,5499

Dalam menentukan klasifikasi kemampugaruannya dilakukan pada masing-masing lithologi dengan menggunakan nilai *seismic velocity* median, contoh data hasil kemampugaruan dapat dilihat pada **Tabel 4.8** sebagai berikut:

**Tabel 4.8**  
Klasifikasi Kemampugaruan Batubara

<i>Rock Mass</i>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<i>Description</i>	<i>Very Good Rock</i>	<i>Good Rock</i>	<i>Fair Rock</i>	<i>Poor Rock</i>	<i>Very Poor Rock</i>
<i>Seismic Velocity (m/s)</i>	>2150	2150-1850	1850-1500	1500-1200	1200-450
<i>Ratting</i>	26	24	20	12	5
<i>Rock Hardness</i>	<i>Extremely Hard Rock</i>	<i>Very Hard Rock</i>	<i>Hard Rock</i>	<i>Soft Rock</i>	<i>Very Soft Rock</i>
<i>Ratting</i>	10	5	2	1	0
<i>Rock Weathering</i>	<i>Unweathered</i>	<i>Slightly Weathered</i>	<i>Weathered</i>	<i>Highly Weathered</i>	<i>Completely Weathered</i>
<i>Ratting</i>	9	7	5	3	1
<i>Discontinuity Spacing (mm)</i>	>3000	3000-1000	1000-300	300-50	<50
<i>Ratting</i>	30	25	20	10	5
<i>Discontinuity Continuity</i>	<i>Non Continuous</i>	<i>Slightly Continuous</i>	<i>Continuous-No Gouge</i>	<i>Continuous Some Gouge</i>	<i>Continuous With Gouge</i>
<i>Ratting</i>	5	5	3	0	0

Lanjutan Tabel 4.8.

<b>Rock Mass</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Joint Group</b>	No Separation	Slightly Separation	Separation < 1 mm	Gouge < 5 mm	Gouge > 5 mm
<b>Ratting</b>	5	5	4	3	1
<b>Strike Dip and Orientation</b>	Very Unfavourable	Unfavourable	Slightly Unfavourable	Favourable	Very Favourable
<b>Ratting</b>	15	13	10	5	3
<b>Total Ratting : 54</b>					
<b>Total Rating</b>	100-90	90-70	70-50	50-25	<25
<b>Rippability Assessment</b>	Blasting	Extremely Hard Ripping and Blasting	Very Hard Ripping	Hard Ripping	Easy Ripping
<b>Tractor Selection</b>	-	DD9G/ D9G	D9/ D8	D8/ D7	D7
<b>Horse Power</b>	-	770/ 385	385/ 270	270/180	180
<b>Kilowatts</b>	-	570/ 290	290/ 200	200/ 135	135
<b>Keterangan Pembebanan Orientasi Kekar</b>					
<i>Irrespective of Strike</i>	<i>Strike Perpendicular Ripping Direction</i>			<i>Strike Parallel to Ripping Directin</i>	
0-20	45-90	20-45	45-90	20-45	45-90
Unfavorable	Very Favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Fair Unfavorable Very Unfavorable

Untuk lithologi lainnya dapat dilihat pada **Lampiran B**

Dari penggunaan metode Weaver ini didapatkan nilai *total ratting* untuk batubara sebesar 54, sedangkan pada batulempung lanauan, batupasir lanauan dan batulanau lempungan memiliki *total ratting* sebesar 51, maka secara keseluruhan didapatkan kelas batuan di lokasi penelitian berupa batuan kelas III atau *fair rock*, dengan nilai penggaruan *very hard ripping*, akan tetapi tidak memerlukan peledakan yang dapat menyebabkan gangguan pada geoteknik lereng, khususnya pada lereng *single*.

## 4.5 Parameter Analisis Stabilitas Lereng

### 4.5.1 Perilaku Batuan

Perilaku batuan penyusun lereng pada dasarnya dibagi menjadi tiga klasifikasi deformasi, yaitu plastis, elastoplastis dan elastis. Penggolongan ini dikarenakan menjadi acuan dalam penentuan metode analisis stabilitas lereng yang

diterapkan. Untuk mengetahui jenis deformasi batuan dapat menggunakan hasil uji kuat tekan yang dapat dilihat pada **Tabel 4.9** sebagai berikut:

**Tabel 4.9**  
**Hasil Uji Kuat Tekan Uniaksial**

Lithologi	Parameter	Hasil Pengujian Kuat Tekan Batuan		
		$\sigma_c$ (kPa)	E (Diametral)	Poisson Ratio (%)
Batulempung lanauan	Rata-Rata	485,72	291,64	0,17
	Median	336,51	110,44	0,05
Batupasir lanauan	Rata-Rata	1.096,02	1.009,26	0,25
	Median	781,55	616,14	0,16
Batulanau lempungan	Rata-Rata	848,72	747,18	0,21
	Median	568,00	322,77	0,11
Batubara	Rata-Rata	2.838,18	3.167,21	0,37
	Median	2.058,27	2.995,33	0,42

Dari hasil tabel tersebut berdasarkan klasifikasi Wyllie dan Mah, 2004 dapat disimpulkan perilaku batuan didominasi kedalam batuan sangat lemah, maka metode analisis stabilitas lereng high-wall yang tepat adalah metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*).

#### 4.5.2 Data Input

Data *input* geoteknik dibagi menjadi dua bagian, yaitu data masukan untuk material batuan dan data masukan estimasi probabilistik. Hal ini berlaku baik dalam analisis geoteknik lereng tunggal maupun geotek lereng *overall*, yang membedakannya hanya pada penggunaan data kohesi dan sudut gesek dalam, hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan pengaruh eksternal baik lingkungan maupun dari kegiatan penambangan.

Pada analisis lereng tunggal menggunakan kohesi dan sudut gesek dalam residu sementara untuk lereng *overall* menggunakan kohesi dan sudut gesek dalam *peak* yang didapat dari uji laboratorium pada batuan utuh (*intact rock*). Data yang digunakan dalam geoteknik ini adalah nilai median masing-masing batuan, untuk data *input* material batuan dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4.10**  
**Data Input Material**

Section	Litologi	Parameter	Median	Section	Litologi	Parameter	Median
A	Batulempung lanauan	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	18,22	B	Batulempung lanauan	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	19,30
		Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	18,41			Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	19,85
		Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	17,34			Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	47,62
		Phi Peak (°)	14,99			Phi Peak (°)	21,61
		Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	12,18			Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	30,20
		Phi Residu (°)	9,61			Phi Residu (°)	11,75
	Batupasir lanauan	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	21,01		Batupasir lanauan	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	21,01
		Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	21,28			Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	21,16
		Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	38,16			Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	22,10
		Phi Peak (°)	21,50			Phi Peak (°)	16,18
		Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	22,03			Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	14,78
		Phi Residu (°)	11,29			Phi Residu (°)	10,50
	Batulanau lempungan	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	18,78		Batulanau lempungan	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	19,46
		Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	19,50			Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	19,55
		Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	22,44			Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	20,57
		Phi Peak (°)	16,94			Phi Peak (°)	15,18
		Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	11,57			Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	14,05
		Phi Residu (°)	11,53			Phi Residu (°)	10,95
	Batubara	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	11,99		Batubara	Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	11,99
		Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	12,02			Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	12,02
		Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	133,00			Kohesi Peak (kN/m <sup>2</sup> )	133,00
		Phi Peak (°)	32,99			Phi Peak (°)	32,99
		Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	50,99			Kohesi Residu (kN/m <sup>2</sup> )	50,99
		Phi Residu (°)	25,90			Phi Residu (°)	25,90

Sedangkan untuk data *input* estimasi probabilitas dapat dilihat pada

**Tabel 4.11** sebagai berikut:

**Tabel 4.11**  
**Data Input Probabilitas Kelongsoran**

Section	Litologi	Parameter	Mean	Stdev	Rel. Max	Rel. Min
A	Batulempung lanauan	C Peak (kN/m <sup>2</sup> )	28,34	20,34	67,42	9,77
		Phi Peak (°)	17,60	6,14	26,83	9,67
		C Residu (kN/m <sup>2</sup> )	17,31	12,72	43,73	4,66
		Phi Residu (°)	11,63	5,33	22,37	5,61
	Batupasir lanauan	C Peak (kN/m <sup>2</sup> )	49,44	26,07	106,77	21,98
		Phi Peak (°)	20,91	7,48	29,84	10,61
		C Residu (kN/m <sup>2</sup> )	26,34	15,22	57,13	13,55
		Phi Residu (°)	11,86	4,05	18,29	7,06
	Batulanau lempungan	C Peak (kN/m <sup>2</sup> )	21,24	13,34	41,00	4,39
		Phi Peak (°)	17,59	10,70	31,91	2,76
		C Residu (kN/m <sup>2</sup> )	11,00	6,87	19,66	1,53
		Phi Residu (°)	11,74	7,58	24,26	1,91

Lanjutan Tabel 4.11.

Section	Litologi	Parameter	Mean	Stdev	Rel. Max	Rel. Min
B	Batulempung lanauan	C Peak (kN/m <sup>2</sup> )	52,87	35,56	133,16	11,30
		Phi Peak (°)	19,21	5,46	26,28	10,09
		C Residu (kN/m <sup>2</sup> )	31,04	17,68	62,36	7,32
		Phi Residu (°)	11,88	3,66	558,19	7,28
	Batupasir lanauan	C Peak (kN/m <sup>2</sup> )	27,01	16,16	5,80	7,32
		Phi Peak (°)	18,30	7,57	30,08	6,47
		C Residu (kN/m <sup>2</sup> )	18,81	11,94	45,63	2,23
		Phi Residu (°)	11,75	5,22	22,30	5,24
	Batulanau lempungan	C Peak (kN/m <sup>2</sup> )	21,00	6,77	32,38	11,76
		Phi Peak (°)	16,30	6,40	28,58	11,02
		C Residu (kN/m <sup>2</sup> )	14,93	6,53	24,90	5,58
		Phi Residu (°)	11,82	3,94	18,52	8,57
A & C	Batubara	C Peak (kN/m <sup>2</sup> )	140,21	16,30	171,62	125,53
		Phi Peak (°)	32,43	2,21	36,00	29,76
		C Residu (kN/m <sup>2</sup> )	52,30	13,17	79,43	28,00
		Phi Residu (°)	26,09	1,11	28,00	24,06

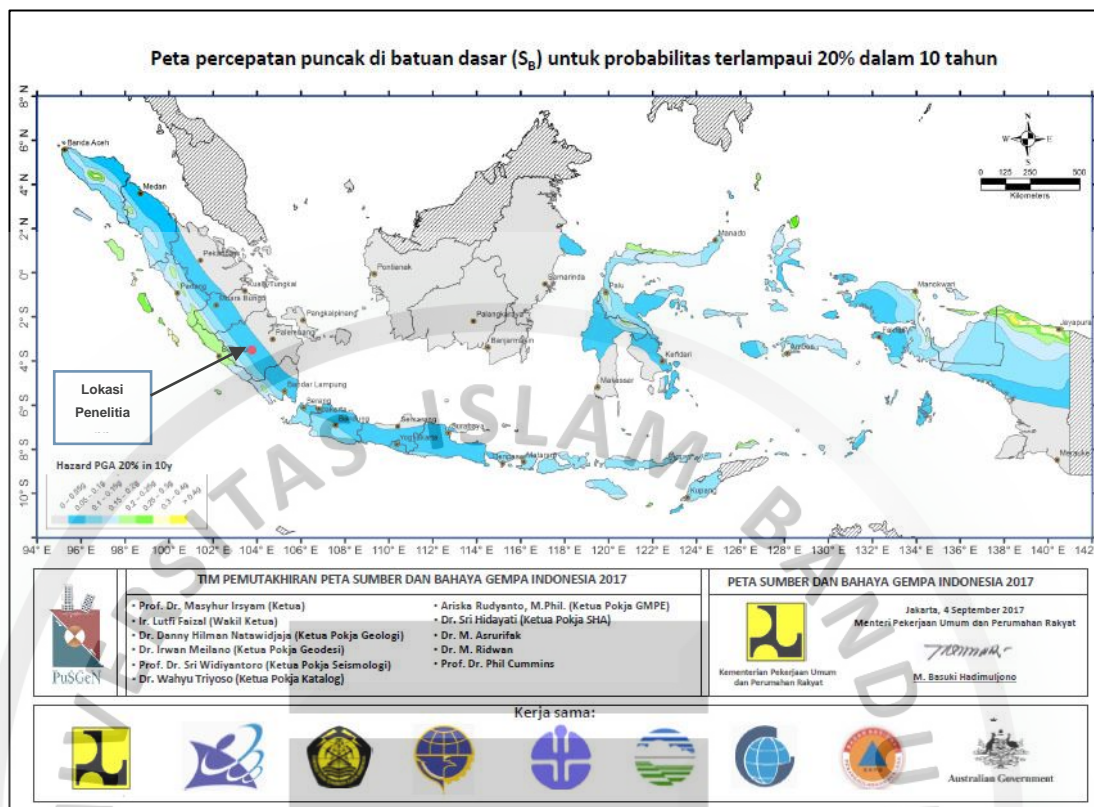
#### 4.5.3 Muka Air Tanah

Dalam penelitian ini kondisi muka air tanah diasumsikan dalam keadaan jenuh atau kondisi 5 pada chart menurut Hoek & Bray, 1981 (**Gambar 3.3**), hal ini dikarekan hasil nilai faktor keamanan lereng yang didapatkan dapat tetap aman apabila dalam kondisi terburuk.

#### 4.5.4 Faktor Dinamik

Faktor dinamik yang digunakan dalam penelitian ini hanya dari faktor kegempaan saja, dikarenakan pemberaian yang dilakukan dapat melalui alat mekanis, faktor kegempaan ini berupa nilai percepatan puncak di batuan dasar ( $S_B$ ) untuk probabilitas terlampaui 20% dalam 10 tahun, nilai ini didapatkan berdasarkan peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017 yang diterbitkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (**Gambar 4.5**), nilai kegempaan yang didapatkan adalah sebesar 0,1 g.





**Gambar 4.5**  
**Faktor Dinamik**

#### 4.5.5 Kriteria Kemantapan Lereng

Kriteria kemantapan lereng pada penelitian ini menggunakan acuan KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/ 30/ MEM/ 2018 (**Tabel 3.3**) dengan kriteria untuk lereng tunggal nilai FK lebih besar dari 1,1 pada kondisi statik dan PK 25 % – 10 %, sedangkan untuk lereng keseluruhan (*Highwall*) nilai FK lebih besar dari 1,3 pada kondisi statik dan 1,05 pada kondisi dinamik dengan PK berkisar dari 10% – 20%.

#### 4.6 Analisis Stabilitas Lereng

Metode analisis menggunakan metode kesetimbangan batas dan metode probabilitas kelongsoran dengan menggunakan software geoteknik, dimana model akan diolah pada software tersebut untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran pada lereng. Proses analisis antara lereng *single* dan *overall* dipisah, sebagai berikut:

#### 4.6.1 Analisis Lereng *Single*

Dalam menganalisis lereng *single* terdiri dari litologi batulempung lanauan, batupasir lanauan, batulanau lempungan dan batubara, model lereng tersebut dibuat dari beberapa variasi ketinggian dan sudut seperti pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4.12**  
**Variasi Ketinggian dan Sudut Model Lereng Tunggal**

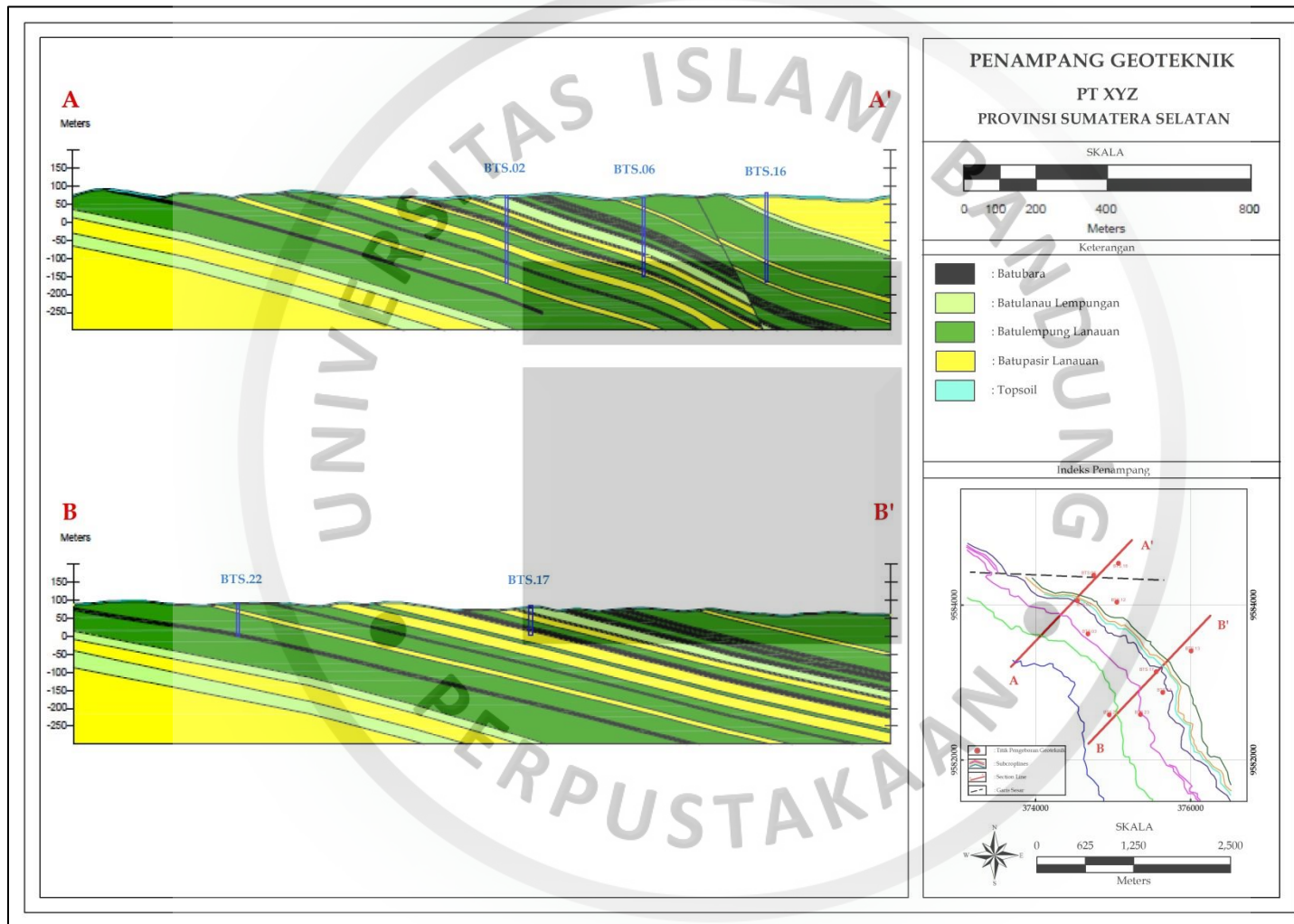
No	Ketinggian (m)	Sudut (°)
1	6	40
2	8	50
3	10	60
4	12	70

Penentuan variasi tersebut disesuaikan dengan kecenderungan geometri lereng untuk batubara menurut laporan penelitian terdahulu yang memiliki daerah yang sama dan geometri tambang yang dipakai pada lokasi terdekat dengan daerah penelitian tersebut.

#### 4.6.2 Analisis Lereng *Overall*

Dalam menganalisis stabilitas lereng *overall* memiliki batuan yang didominasi oleh batulempung dan batupasir, proses analisis dilakukan dari elevasi 0 mdpl hingga kedalaman lereng masih tetap aman dengan acuan penggalian pada batubara *seam C*. Untuk pembuatan model lereng *overall* pada setiap elevasi dibuat dengan variasi ketinggian dan sudut yang berbeda dengan mengacu pada *rules of thumb* yang ada. Dalam penelitian ini analisis lereng menggunakan penurunan kedalaman setiap 10 meter dengan variasi sudut mulai dari 20°, 25°, 30°, 35°.

Dalam analisis ini dilakukan melalui 2 penampang geoteknik A-A' dan B-B' dengan penentuan penampang searah dengan *dip direction*, yaitu dengan arah N43°E hal ini bertujuan untuk menggambarkan kemiringan lapisan batuan dengan baik, dua penampang geoteknik dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.

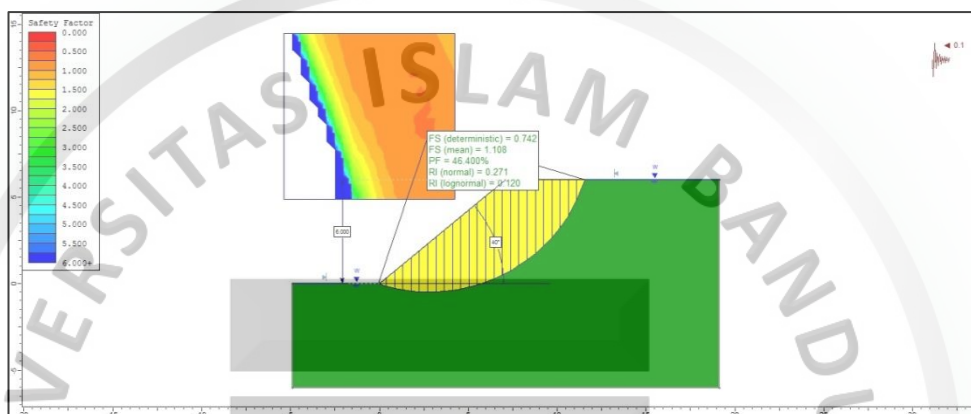


Gambar 4.6  
Penampang Geoteknik

## 4.7 Hasil Analisis Stabilitas Lereng

### 4.7.1 Lereng *Single*

Berikut contoh hasil pengolahan geoteknik dengan menggunakan *software* geoteknik. Hasil rekapitulasi dari analisis kesetimbangan batas lereng tunggal dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

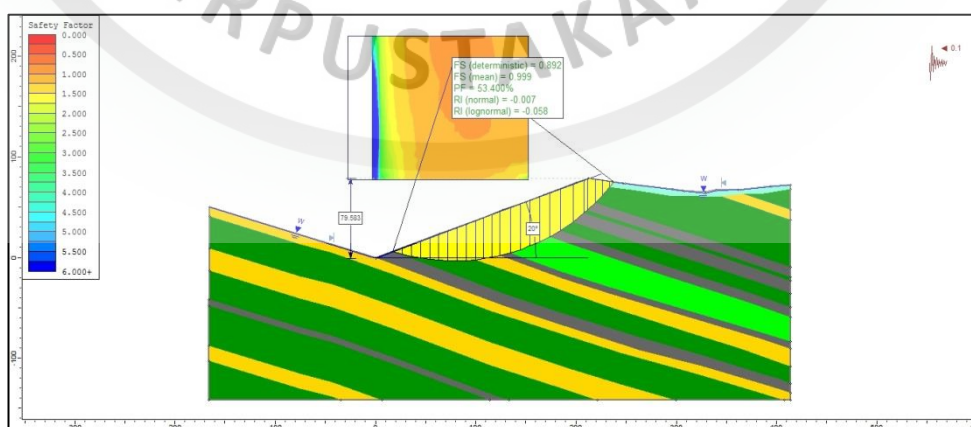


**Gambar 4.7**  
Simulasi Model Lereng Tunggal 6 m Slope 40°

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran H**

### 4.7.2 Lereng *Overall*

Berikut contoh hasil pengolahan geoteknik *overall* dengan menggunakan *software* geoteknik. Hasil rekapitulasi dari analisis kesetimbangan batas lereng *overall* dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.



**Gambar 4.8**  
Simulasi Model Lereng Overall (Highwall)

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran I**

Tabel 4.13  
Rekapitulasi Lereng Tunggal

Section	REKAPITULASI LERENG TUNGGAL																
	Metode Monte-Carlo																
	Ketinggian Lereng (m)	40°				50°				60°				70°			
FK (Dinamik)		PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	
A	Batulempung lanauan																
	6	1,108	46,400	1,322	30,700	1,025	54,000	1,180	40,700	0,928	61,900	1,045	52,600	0,816	74,400	0,849	70,155
	8	0,888	67,300	1,065	50,100	0,819	74,100	0,940	61,600	0,729	82,900	0,820	74,200	0,631	90,600	0,673	88,295
	10	0,747	84,000	0,891	67,200	0,678	89,300	0,791	78,000	0,607	93,500	0,689	87,800	0,516	98,000	0,554	96,900
	12	0,655	92,400	0,777	80,900	0,590	95,100	0,683	89,900	0,523	98,700	0,593	95,300	0,460	99,600	0,491	99,100
	Batupasir lanauan																
	6	1,315	29,500	1,573	16,300	1,217	36,500	1,406	25,700	1,109	46,400	1,243	35,223	0,966	58,419	1,027	52,469
	8	1,059	48,700	1,261	32,600	0,976	56,800	1,120	44,500	0,868	68,400	0,978	56,900	0,764	77,800	0,814	73,212
	10	0,890	65,900	1,061	48,500	0,807	75,900	0,931	61,300	0,724	85,400	0,815	74,000	0,627	92,500	0,668	89,500
	12	0,770	81,000	0,925	61,900	0,709	88,000	0,814	75,500	0,628	93,700	0,712	87,100	0,549	97,300	0,595	95,100
	Batulanau lempungan																
	6	1,041	48,600	1,213	23,500	0,917	69,000	1,061	46,300	0,816	83,900	0,918	68,600	0,695	94,900	0,745	91,400
	8	0,837	82,400	0,999	54,800	0,755	91,900	0,875	76,300	0,649	97,900	0,738	92,400	0,542	100,000	0,599	99,200
	10	0,726	94,800	0,861	79,400	0,640	98,300	0,742	93,500	0,557	100,000	0,635	98,300	0,454	100,000	0,507	100,000
	12	0,649	98,200	0,770	90,800	0,569	99,900	0,663	97,800	0,490	100,000	0,564	100,000	0,410	100,000	0,448	100,000
	Metode Latin-Hypercube																
	Batulempung lanauan																
	6	1,115	45,800	1,331	29,400	1,026	53,100	1,188	39,500	0,938	61,600	1,052	51,300	0,829	73,000	0,862	69,493
	8	0,894	66,300	1,074	48,700	0,820	74,300	0,946	61,400	0,734	82,100	0,826	73,600	0,635	90,300	0,677	87,891
	10	0,751	82,700	0,897	66,400	0,683	89,300	0,796	77,400	0,611	93,500	0,693	87,200	0,519	97,500	0,557	96,300
	12	0,653	93,100	0,782	79,700	0,601	95,300	0,687	89,700	0,526	98,400	0,930	95,300	0,463	99,200	0,495	98,700
	Batupasir lanauan																
	6	1,332	27,500	1,593	16,000	1,232	35,400	1,426	24,300	1,132	44,200	1,247	33,970	0,985	56,575	1,047	50,711
	8	1,072	48,300	1,276	29,800	0,984	56,100	1,134	43,100	0,880	67,000	0,991	55,800	0,776	77,400	0,824	72,133
	10	0,900	66,200	1,073	47,900	0,817	75,600	0,942	61,800	0,733	83,600	0,825	74,300	0,636	91,200	0,677	88,288
	12	0,782	80,200	0,935	62,000	0,717	86,900	0,823	74,600	0,636	92,700	0,721	85,100	0,557	96,700	0,603	94,494
	Batulanau lempungan																
	6	1,044	48,400	1,216	22,900	0,923	68,000	1,068	44,700	0,811	82,900	0,924	68,000	0,700	94,600	0,758	90,100
8	0,839	80,400	1,002	54,500	0,759	91,400	0,876	74,800	0,651	98,200	0,740	92,900	0,543	100,000	0,600	99,400	
10	0,728	94,500	0,863	77,700	0,642	98,800	0,744	93,100	0,558	100,000	0,637	98,900	0,455	100,000	0,508	100,000	
12	0,651	98,300	0,773	90,200	0,571	100,000	0,665	97,900	0,491	100,000	0,566	100,000	0,411	100,000	0,449	100,000	

Lanjutan Tabel 4.13.

Section	REKAPITULASI LERENG TUNGGAL																
	Metode Monte-Carlo																
	Ketinggian Lereng (m)	40°				50°				60°				70°			
FK (Dinamik)		PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	
B	Batulempung lanauan																
	6	1,991	0,000	2,369	0,000	1,812	0,000	2,107	0,000	1,679	0,300	1,850	0,000	1,510	8,500	1,568	2,192
	8	1,547	2,400	1,840	0,000	1,422	10,000	1,663	0,400	1,291	22,900	1,434	10,060	1,146	38,244	1,216	30,269
	10	1,265	22,100	1,534	3,000	1,168	33,700	1,359	14,400	1,068	47,000	1,300	31,000	0,938	64,000	0,999	56,112
	12	1,088	42,000	1,299	17,300	1,005	55,000	1,164	33,600	0,907	67,900	1,017	53,543	0,801	82,300	0,867	73,173
	Batupasir lanauan																
	6	1,214	31,300	1,441	9,700	1,099	44,300	1,262	25,600	0,992	59,550	1,125	41,200	0,871	72,100	0,927	66,935
	8	0,976	59,800	1,147	37,200	0,882	71,400	1,025	54,000	0,784	83,600	0,877	72,500	0,687	91,383	0,737	87,475
	10	0,816	80,700	0,975	59,200	0,734	90,000	0,853	76,000	0,651	95,400	0,737	89,400	0,561	98,500	0,605	96,997
	12	0,716	91,900	0,857	75,800	0,650	96,100	0,747	89,400	0,575	98,800	0,648	95,600	0,485	99,900	0,534	99,200
	Batulanau lempungan																
	5	1,137	33,900	1,344	13,900												
	6	1,007	53,400	1,186	28,700	0,845	77,800	0,975	59,100	0,763	87,800	0,862	74,500	0,662	95,000	0,710	91,658
	8	0,759	89,000	0,897	71,300	0,685	95,300	0,795	84,500	0,603	98,400	0,677	95,300	0,520	99,498	0,561	98,987
	10	0,638	97,700	0,762	89,200	0,572	99,100	0,664	96,400	0,502	100,000	0,570	99,100	0,425	100,000	0,462	100,000
	12	0,562	99,400	0,672	96,700	0,507	100,000	0,584	99,000	0,445	100,000	0,501	100,000	0,371	100,000	0,409	100,000
	Metode Latin-Hypercube																
	Batulempung lanauan																
	6	2,007	0,000	2,387	0,000	1,826	0,000	2,123	0,000	1,692	0,500	1,854	0,000	1,522	8,800	1,571	3,553
	8	1,559	3,000	1,854	0,000	1,432	9,600	1,675	0,700	1,309	22,300	1,441	9,514	1,169	37,100	1,218	30,738
	10	1,290	19,400	1,535	3,200	1,176	34,200	1,370	14,200	1,076	46,200	1,209	31,700	0,943	63,976	0,999	56,552
	12	1,069	41,700	1,308	16,800	1,012	54,200	1,172	33,500	0,914	68,100	1,026	52,500	0,808	80,300	0,874	74,074
	Batupasir lanauan																
	6	1,206	31,100	1,428	11,900	1,090	45,000	1,251	27,400	0,984	58,900	1,115	42,800	0,863	73,000	0,922	67,369
	8	0,967	61,500	1,137	38,300	0,874	72,800	1,016	54,700	0,768	85,600	0,870	72,700	0,671	93,300	0,732	88,188
	10	0,819	80,200	0,966	61,400	0,728	90,700	0,845	77,500	0,645	95,600	0,730	89,600	0,563	98,400	0,607	96,800
	12	0,710	93,000	0,850	76,800	0,644	96,600	0,740	89,900	0,570	98,700	0,642	95,900	0,486	99,800	0,529	99,400
	Batulanau lempungan																
5	1,144	34,400	1,352	13,000													
6	1,006	52,600	1,194	28,200	0,850	76,800	0,982	57,000	0,768	86,600	0,869	73,000	0,666	96,200	0,714	91,084	
8	0,765	88,800	0,902	69,700	0,689	95,500	0,800	84,100	0,600	99,200	0,682	95,400	0,519	99,800	0,565	99,398	
10	0,649	97,900	0,767	88,700	0,576	99,700	0,668	96,700	0,505	99,900	0,574	99,700	0,434	100,000	0,469	100,000	
12	0,566	99,900	0,676	96,700	0,510	100,000	0,588	99,700	0,448	100,000	0,504	100,000	0,377	100,000	0,412	100,000	

Lanjutan Tabel 4.13.

Section	REKAPITULASI LERENG TUNGGAL																
	Metode Monte-Carlo																
	Ketinggian Lereng (m)	40°				50°				60°				70°			
FK (Dinamik)		PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	
A dan B	Batubara																
	6	3,933	0,000	4,723	0,000	3,614	0,000	4,228	0,000	3,342	0,000	3,737	0,000	2,965	0,000	3,139	0,000
	8	3,003	0,000	3,602	0,000	2,766	0,000	3,262	0,000	2,522	0,000	2,833	0,000	2,216	0,000	2,307	0,000
	10	2,390	0,000	2,930	0,000	2,248	0,000	2,632	0,000	2,028	0,300	2,303	0,000	1,754	3,900	1,903	1,200
	12	2,035	0,000	2,457	0,000	1,890	0,300	2,212	0,000	1,710	2,700	1,935	0,200	1,477	10,300	1,600	5,400
	Metode Latin-Hypercube																
	Batubara																
	6	3,944	0,000	4,736	0,000	3,624	0,000	4,240	0,000	3,352	0,000	3,747	0,000	2,975	0,000	3,148	0,000
	8	3,011	0,000	3,611	0,000	2,774	0,000	3,271	0,000	2,528	0,000	2,840	0,000	2,223	0,000	2,374	0,000
	10	2,447	0,000	2,937	0,000	2,254	0,000	2,639	0,000	2,034	0,400	2,310	0,000	1,761	3,400	1,900	1,400
12	2,040	0,000	2,463	0,000	1,895	0,400	2,218	0,000	1,715	3,300	1,940	0,400	1,478	10,300	1,614	4,600	

Keterangan:  = Lereng stabil (sesuai kriteria)

= Tidak dilakukan analisis

**Tabel 4.14**  
**Rekapitulasi Lereng Keseluruhan (Highwall)**

Section	Elevasi (mdpl)	Metode Monte-Carlo																				
		20°					25°					30°					35°					
		FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	H (m)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	H (m)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	H (m)	FK (Dinamik)	PK (%)	FK (Statik)	PK (%)	H (m)	
A	0	1,451	0,300	1,954	0,000	33,353	1,268	7,600	1,578	0,000	33,608	1,170	17,600	1,452	0,600	32,906	1,146	22,100	1,395	2,100	32,330	
	-10	1,143	17,300	1,515	0,000	45,509	1,103	23,600	1,431	0,100	39,840	1,154	14,100	1,436	0,100	40,821	1,056	37,600	1,301	2,600	42,738	
	-20	1,082	26,300	1,467	0,000	56,587	0,991	55,800	1,275	0,700	55,592	0,903	83,600	1,110	22,200	55,366	0,853	93,000	1,044	36,500	55,781	
	-30	1,063	31,400	1,436	0,000	73,083																
	-40	0,999	53,400	1,356	0,000	79,583																
	-50	0,960	67,600	1,292	0,900	82,925																
	-60	0,934	76,900	1,260	1,200	88,272																
	Metode Latin-Hypercube																					
	0	1,454	0,400	1,959	0,000	33,353	1,271	7,200	1,581	0,100	33,608	1,173	16,900	1,455	0,900	32,906	1,148	21,400	1,396	2,700	32,330	
	-10	1,145	14,000	1,518	0,000	45,509	1,104	21,200	1,434	0,200	39,840	1,140	19,500	1,437	0,200	40,821	1,068	34,000	1,304	2,900	42,738	
	-20	1,084	25,000	1,469	0,000	56,587	0,985	57,700	1,276	1,100	55,592	0,904	83,800	1,111	20,700	55,366	0,854	94,500	1,045	35,500	55,781	
	-30	1,065	29,600	1,438	0,000	73,083																
	-40	1,000	52,500	1,357	0,200	79,583																
	-50	0,961	66,000	1,293	0,900	82,925																
-60	0,935	76,500	1,261	1,000	88,272																	
B	Metode Monte-Carlo																					
	0	1,425	0,000	1,847	0,000	32,872	1,410	0,000	1,755	0,000	30,072	1,394	0,000	1,709	0,000	29,375	1,417	0,000	1,706	0,000	28,765	
	-10	1,249	0,300	1,605	0,000	46,346	1,166	4,100	1,428	0,000	48,081	1,114	9,300	1,355	0,000	45,741	1,132	8,100	1,351	0,000	44,350	
	-20	1,182	4,300	1,531	0,000	46,994	1,140	5,800	1,418	0,000	50,917	1,091	16,800	1,327	0,000	53,683	0,960	54,600	1,195	5,400	57,229	
	-30	1,156	7,100	1,491	0,000	60,551	1,068	24,500	1,365	0,000	62,055	1,014	47,800	1,236	0,300	57,223						
	-40	1,105	16,800	1,460	0,000	68,204	1,065	25,700	1,343	0,000	66,365											
	-50	1,053	31,100	1,396	0,000	84,395	0,983	61,700	1,257	0,100	84,817											
	-60	1,023	43,800	1,365	0,000	91,354																
	-70	1,005	52,800	1,390	0,000	95,290																
	-80	0,950	74,200	1,254	0,300	112,696																
	Metode Latin-Hypercube																					
	0	1,426	0,000	1,848	0,000	32,872	1,410	0,000	1,755	0,000	30,072	1,394	0,000	1,708	0,000	29,375	1,418	0,000	1,706	0,000	28,765	
	-10	1,250	0,100	1,605	0,000	46,346	1,166	4,100	1,428	0,000	48,081	1,110	9,900	1,355	0,000	45,741	1,132	7,900	1,351	0,000	44,350	
	-20	1,183	4,300	1,532	0,000	46,994	1,140	5,400	1,418	0,000	50,917	1,012	15,900	1,328	0,000	53,683	0,995	56,000	1,193	4,900	57,229	
-30	1,157	8,900	1,491	0,000	60,551	1,068	25,400	1,366	0,000	62,055	1,014	47,100	1,236	0,200	57,223							
-40	1,105	17,000	1,460	0,000	68,204	1,066	25,400	1,343	0,000	66,365												
-50	1,053	31,800	1,396	0,000	84,395	0,984	61,000	1,257	0,100	84,817												
-60	1,023	44,400	1,365	0,000	91,354																	
-70	1,020	44,900	1,389	0,000	95,290																	
-80	0,949	74,100	1,254	0,400	112,696																	

Keterangan:  = Batas lereng stabil (sesuai kriteria)

= Tidak dilakukan analisis (Lereng sudah tidak stabil)