

## BAB IV

### PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Pemodelan lereng adalah representasi alamiah lereng bukaan tambang yang akan dianalisis dengan cara memasukkan faktor-faktor geometri, jenis batuan/penyusun lereng tanah, batas dan bidang diskontinuitas, sifat fisik dan mekanik batuan/tanah, tegangan insitu, pembebanan dan kondisi batas, sehingga dapat menggambarkan dan mewakili keadaan lereng bukaan tambang yang mendekati keadaan sebenarnya di lapangan.

Geometri model bukaan tambang meliputi kedalaman dan kemiringan lereng *overall* yang akan menentukan banyaknya cadangan batubara tertambang (*mineable reserves*) dan *waste* yang harus digali, ini dikenal dengan istilah *waste-coal ratio* atau *stripping ratio (SR)*.

Dalam studi geoteknik ini, pemodelan dan analisis kemantapan lereng akan menggunakan pemodelan numerik metode kesetimbangan batas.

Tahapan proses dalam pemodelan ini meliputi tahapan sebagai berikut :

- Mempersiapkan geometri lereng dan input parameter,
- Memasukkan input parameter,
- Mengeksekusi model,
- Menginterpretasi hasil pemodelan.

Analisis kemantapan lereng bertujuan untuk mengetahui kondisi stabilitas lereng bukaan tambang yang akan terbentuk sesuai dengan rencana penambangan (*pit plan*) yang dibuat. Kemantapan suatu lereng tergantung dari beberapa faktor sebagai berikut :

- Geometri lereng
- Kekuatan massa batuan/tanah penyusun lereng
- Orientasi umum arah struktur bidang lemah (diskontinuitas)
- Kondisi air tanah (terutama tinggi level air)
- Beban luar yang berkerja (beban statik maupun dinamik)

#### 4.1 Sampling dan hasil uji geoteknik

Kegiatan sampling geoteknik bertujuan untuk mendapatkan sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*) untuk diuji di laboratorium. Pemboran geoteknik telah dilakukan di 7 (tujuh) titik dengan lokasi sebagaimana disajikan pada Table 4.1 dan Gambar 4.1.

**Tabel 4.1 titik bor geoteknik**

NO	TITIK	KOORDINAT		KEDALAMAN (Meter)
		X	Y	
1	GT-01	366701	9576178	60
2	GT-02	366170	9576285	80
3	GT-03	366408	9575713	57
4	GT-04	366322	9575985	50
5	GT-05	364656	9576155	60
6	GT-06	364600	9575381	60



Sampel geoteknik yang diambil dari 7 titik lokasi bor yang cukup representatif untuk diuji adalah sebanyak 83 paket sampel yang kemudian diuji di laboratorium mekanika batuan Universitas Islam Bandung (UNISBA). Jenis uji dan hasilnya disajikan dalam Tabel 4.2 s/d 4.8 di bawah ini. Pengujian contoh geoteknik, meliputi uji kuat tekan ( $\sigma_c$ ,  $E$ ), kuat tarik, uji geser langsung ( $c_r$ ,  $\Phi_r$ ), dan sifat-sifat fisik dasar.











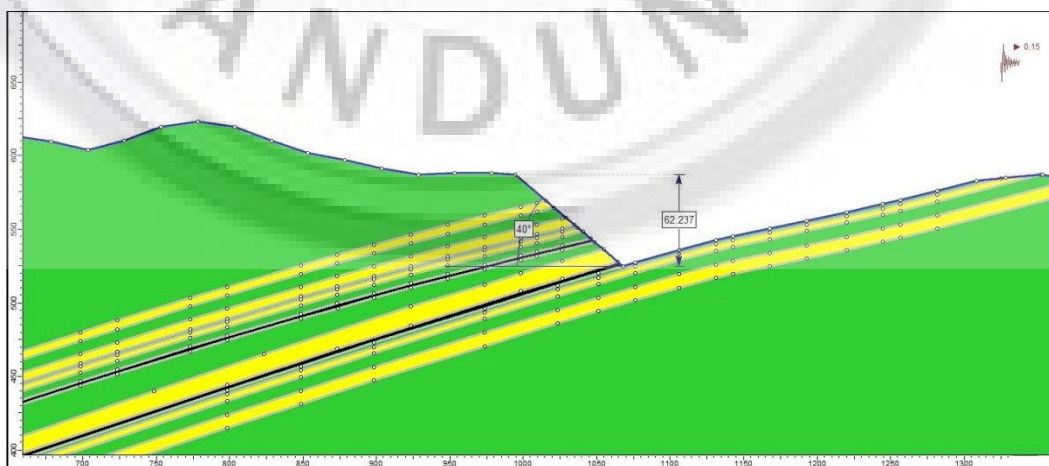


## 4.2 Analisis Kemantapan Lereng Keseluruhan (*Overall Pit Slope*)

Analisis kemantapan lereng keseluruhan bertujuan untuk menentukan tingkat kemantapan suatu lereng dengan membuat model pada sudut dan tinggi tertentu. Hasil dari analisis ini adalah rekomendasi kedalaman (tinggi) lereng maksimum yang diizinkan pada sudut tertentu. Analisis lereng ini menggunakan acuan dan pendekatan sebagai berikut :

- Geometri lereng

Model disimulasikan pada variasi sudut  $30^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ , dan  $50^{\circ}$ . Posisi kaki lereng (TOE) lereng divariasikan untuk setiap penurunan/kenaikan elevasi 10m. Adapun tinggi lereng menyesuaikan mengikuti perubahan sudut, elevasi kaki lereng, dan topografi. Skema pemodelan disajikan sebagaimana pada Gambar 4.2 berikut. Model disimulasikan untuk 5 (lima) penampang melintang dengan posisi sebagaimana pada Gambar 4.3. Garis penampang yang dimaksud adalah *Section X-31*, *X-25* dan *X-19* untuk keperluan analisis di PIT E. Adapun Pit J diwakili oleh *Section X-28* dan *X-19*.



**Gambar 4.2**  
Skema Pemodelan Lereng Keseluruhan (*Overall Pit Slope*)



- **Input parameter**

Input parameter geoteknik (sifat fisik dan mekanik) batuan untuk semua lapisan pembentuk lereng model ditentukan berdasarkan karakterisasi massa batuan hasil dari hasil uji laboratorium geoteknik, database hasil uji yang pernah dilakukan dengan beberapa penyesuaian. Tabel 4.9 s/d 4.13 adalah input parameter yang akan digunakan untuk analisis kemantapan lereng akhir di lokasi ini.



Tabel 4.9  
Input parameter model *Section X-31*

No	Material	Bobot Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kohesi (kN/m <sup>2</sup> )	Sudut Geser Dalam (....°)
1	Claystone	20	275	15.90
2	Sandstone	21,48	200	7.90
3	Claystone	20	275	15.90
4	Sandstone	21,48	300	7.90
5	Claystone	20	265	7.69
6	Coal	13,7	325	7.69
7	Claystone	20	200	22.00
8	Sandstone	21,48	265	7.69
9	Coal	13,7	225	22
10	Claystone	19,6	250	7.68
11	Sandy clay	21,5	200	8.21
12	Sandstone	20,5	200	7.7
13	Claystone	19,6	250	7.68

Tabel 4.10  
Input parameter model *Section X-25*

No	Material	Bobot Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kohesi (kN/m <sup>2</sup> )	Sudut Geser Dalam (...°)
1	Claystone	21.60	175	8.46
2	Sandstone	21.23	230	8.15
3	Claystone	20.03	180	8.56
4	Sandstone	21.60	220	7.63
5	Claystone	20.74	160	9.13
6	Sandstone	21.68	200	8.1
7	Claystone	20.23	175	10.87
8	Coal	13.03	300	16.54
9	Claystone	20.60	185	9.81
10	Sandstone	20.83	190	8.00
11	Coal	13.04	300	13.41
12	Claystone	18.68	290	8.59
13	Sandstone	20.50	230	7.45
14	Claystone	18.41	290	8.59
15	Sandstone	21.40	250	7.29
16	Claystone	20.03	240	10.65

Tabel 4.11  
Input parameter model Section X-19

No	Material	Bobot Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kohesi (kN/m <sup>2</sup> )	Sudut Geser Dalam (....°)
1	Claystone	19,95	255	7.57
2	Sandstone	20,89	290	7.20
3	Claystone	19,95	255	7.57
4	Sandstone	21,61	225	11.67
5	Claystone	20,05	255	7.57
6	Coal	13,50	280	13.54
7	Claystone	19,83	255	7.57
8	Sandstone	2.170	215	8.37
9	Coal	13,08	300	13.41
10	Claystone	20,4	250	7.69
11	Sandstone	21,70	215	8.37
12	Claystone	20,03	240	10.65
13	Sandstone	21,70	215	8.37
14	Claystone	20,06	290	6.19

Tabel 4.12  
Input parameter model *Section X-28*

No.	Material	Bobot Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kohesi (kN/m <sup>2</sup> )	Sudut Geser Dalam (....°)
1	Sandstone	20.06	225	7.68
2	Claystone	19.46	190	14.68
3	Sandstone	20.83	200	11.31
4	Claystone	19.46	185	9.31
5	Sandstone	20.91	195	9.31
6	Claystone	20.06	275	11.69
7	Coal	13.52	290	6.19
8	Sandstone	20.52	290	6.19
9	Claystone	20.06	275	11.69
10	Sandstone	20.52	190	12.80
11	Claystone	20.06	175	12.80
12	Coal	13.52	290	6.19
13	Claystone	20.06	290	6.19
14	Sandstone	20.94	175	7.69
15	Claystone	19.94	175	7.69

Tabel 4.13  
Input parameter model Section X-23

No	Material	Bobot Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kohesi (kN/m <sup>2</sup> )	Sudut Geser Dalam (....°)
1	Claystone	20.70	290	10.04
2	Sandstone	21.50	290	10.04
3	Claystone	20.08	275	9.72
4	Sandstone	21.06	230	7.65
5	Coal	13.52	180	16.54
6	Claystone	20.50	220	7.82
7	Coal	13.52	200	13.41
8	Claystone	21.80	282	7.77
9	Sandstone	20.30	230	7.65
10	Claystone	21.80	282	7.77

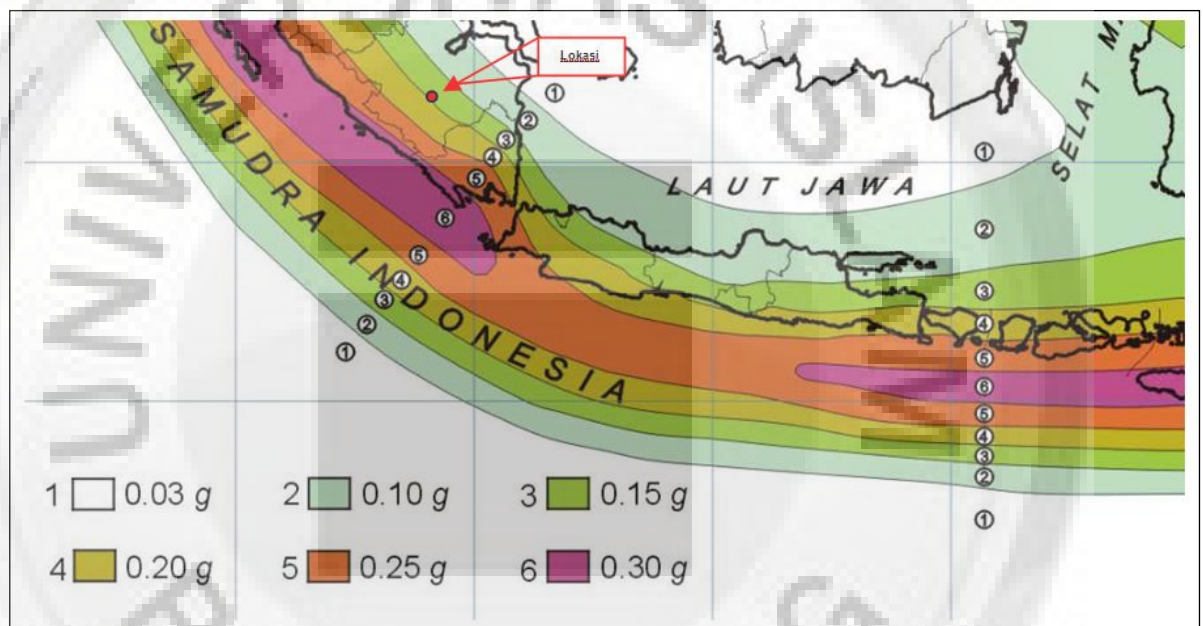
- **Asumsi muka air tanah**

Muka air tanah diasumsikan mengikuti topografi dan muka lereng. Asumsi ini digunakan untuk mengantisipasi kondisi lereng yang jenuh karena hujan dengan intensitas tinggi. Selain itu di lokasi penyelidikan terdapat sungai besar yang memungkinkan kondisi lereng dalam kondisi jenuh air.



- **Beban dinamik**

Daerah penyelidikan termasuk daerah berkemungkinan terkena dampak getaran dinamik yang disebabkan oleh gempa, sehingga model disimulasikan dengan memperhitungkan faktor gempa di lokasi penyelidikan sebesar 0,15g, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.4.



Sumber : Peta zonasi gempa ( kementerian pekerjaan umum, 2010)

**Gambar 4.4**  
Peta zonasi gempa di lokasi PT. PGU

- **Kriteria Stabilitas**

Stabilitas lereng, yang dinyatakan dengan faktor keamanan lereng (FK), adalah angka perbandingan kekuatan geser (*shear strength*) massa batuan yang dapat dikerahkan untuk menahan lereng tidak longsor dengan tegangan geser (*shear stress*) yang berkerja pada bidang longsor (bidang gelincir) karena gaya beratnya untuk

mendorong lereng itu longsor. Secara teoritis  $FK > 1,0$  adalah stabil dan  $FK < 1,0$  adalah longsor dan tepat  $FK = 1,0$  kondisi kritis. Namun, dengan mempertimbangkan banyak faktor ketidak-pastian yang terjadi dalam membuat model lereng, input parameter geoteknik dan lain sebagainya, serta resiko yang akan dihadapi jika terjadi kelongsoran lereng, maka kriteria stabilitas yang umumnya digunakan pada tambang terbuka **FK = 1,2 – 1,5**. Untuk lereng keseluruhan (overall pit slope) untuk tambang yang berskala besar, rekomendasi dari pengawas (regulator) adalah **FK = 1,5**. Dalam kondisi yang sangat ketat dari aspek keekonomian, jika ketersediaan data sangat komprehensif, representatif, dan dikung analisis yang cermat oleh tenaga ahli profesional, **FK = 1,2** masih bisa diterima.

Menurut *Brewner Faktor* keamanan untuk batuan yang tidak ada pengaruh penirisan dan tegangan air pori adalah 1,10 atau 1,20. Tetapi apabila dipengaruhi oleh adanya penirisan dan tegangan air pori, maka angka keamanan diambil atau dibuat 1,30.

- **Metode analisis**

Model yang telah disiapkan akan dioperasikan dengan sebuah paket program yang menggunakan metode kesetimbangan batas, dengan asumsi longsor yang digunakan berbentuk sirkular.

Dengan menggunakan acuan dan pendekatan tersebut di atas, selanjutnya model dieksekusi satu per satu. Berdasarkan variasi sudut dan tinggi lereng yang telah ditetapkan, maka model yang akan dianalisis




sebanyak 150 buah dengan rekapitulasi hasil simulasi sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.15 s/d 4.19. Adapun Gambar 4.5 s/d 4.9 adalah contoh output model setelah dioperasikan dengan pembebanan dinamik  $f=0,15g$ . Output grafis selengkapnya sebagaimana pada **LAMPIRAN B**. Model disimulasikan untuk dua kondisi yaitu dengan kondisi pembebanan dinamik akibat gempa ( $f = 0,15 g$ ) dan tanpa beban gempa ( $f = 0 g$ ).



Tabel 4.14  
Rekapitulasi hasil analisis kemantapan lereng Section X-31

SUDUT (... <sup>o</sup> )	ELEVASI (m)	TINGGI (m)	FK	
			f = 0,15 g	f = 0 g
30	+10	159	0,7	1,0
	+20	106	0,8	1,1
	+30	87	0,8	1,2
	+40	63	1,2	1,7
	+50	51	1,6	2,1
40	+10	115	0,7	0,9
	+20	97	0,8	1,1
	+30	74	1,0	1,3
	+40	62	1,2	1,6
	+50	50	1,5	1,9
50	+10	110	0,7	0,9
	+20	87	0,8	1,0
	+30	72	1,0	1,2
	+40	60	1,1	1,4
	+50	50	1,3	1,7




Keterangan :

-  = Dibawah kriteria stabilitas
-  = Masuk dalam kriteria stabilitas
-  = Rekomendasi

Tabel 4.15  
Rekapitulasi hasil analisis kemantapan lereng Section X-25

SUDUT (.... <sup>o</sup> )	ELEVASI (m)	KETINGGIAN (m)	FK	
			f = 0,15 g	f = 0 g
30	+10	112	0,8	1,1
	+20	76	1,1	1,5
	+30	63	1,3	1,8
	+40	52	1,6	2,1
	+50	44	1,8	2,5
40	+20	88	0,9	1,2
	+30	73	1,0	1,4
	+40	62	1,2	1,6
	+50	53	1,4	1,8
	+60	44	1,7	2,2
50	+20	82	0,8	1,0
	+30	73	0,9	1,2
	+40	62	1,1	1,4
	+50	54	1,2	1,6
	+60	45	1,5	1,9




Keterangan :

-  = Dibawah kriteria stabilitas
-  = Masuk dalam kriteria stabilitas
-  = Rekomendasi

Tabel 4.16  
Rekapitulasi hasil analisis kemandapan lereng Section X-19

SUDUT (.... <sup>o</sup> )	ELEVASI (m)	TINGGI (m)	FK	
			f = 0,15 g	f = 0 g
30	0	117	0,9	1,2
	+10	108	0,9	1,3
	+20	98	1,0	1,4
	+30	67	1,1	1,6
	+40	47	1,6	2,4
40	0	119	0,8	1,0
	+10	107	0,8	1,1
	+20	81	0,9	1,3
	+30	59	1,2	1,7
	+40	47	1,6	2,2
50	0	118	0,7	0,9
	+10	95	0,7	1,0
	+20	73	0,9	1,2
	+30	57	1,2	1,5
	+40	47	1,5	1,9




Keterangan :

-  = Dibawah kriteria stabilitas
-  = Masuk dalam kriteria stabilitas
-  = Rekomendasi

Tabel 4.17  
Rekapitulasi hasil analisis kemantapan lereng Section X-28

SUDUT (.... <sup>o</sup> )	ELEVASI (m)	TINGGI (m)	FK	
			f = 0,15 g	f = 0 g
30	-10	87	1,2	1,5
	0	73	1,3	1,7
	+10	66	1,4	1,9
	+20	60	1,5	2,0
	+30	55	1,6	2,2
40	-10	83	1,1	1,4
	0	74	1,2	1,5
	+10	70	1,3	1,6
	+20	62	1,4	1,8
	+30	59	1,5	1,9
50	-10	83	1,0	1,2
	0	77	1,1	1,3
	+10	70	1,1	1,4
	+20	65	1,1	1,4
	+30	63	1,3	1,6




Keterangan :

-  = Dibawah kriteria stabilitas
-  = Masuk dalam kriteria stabilitas
-  = Rekomendasi

**Tabel 4.18**  
**Rekapitulasi hasil analisis kemantapan lereng Section X-23**

SUDUT (.... <sup>o</sup> )	ELEVASI (m)	TINGGI (m)	FK	
			f = 0,15 g	f = 0 g
30	+20	55	1,8	2,4
	+30	51	1,9	2,6
	+40	47	2,0	2,7
	+50	47	2,1	2,8
	+60	48	2,0	2,6
40	+20	59	1,6	2,0
	+30	55	1,7	2,2
	+40	51	1,8	2,3
	+50	55	1,7	2,1
	+60	51	1,7	2,2
50	+20	60	1,4	1,7
	+30	57	1,6	1,9
	+40	57	1,6	1,9
	+50	59	1,4	1,7
	+60	50	1,5	1,9

Keterangan :

-  = Dibawah kriteria stabilitas
-  = Masuk dalam kriteria stabilitas
-  = Rekomendasi



Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 4.14 s/d 4.18 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- *Section X-31*

*Section* ini terletak di sebelah utara Pit E. Berdasarkan rencana disain PIT per Juli 2014, di *Section* ini direncanakan kedalaman tambang berada pada elevasi +30m dengan sudut lereng  $40^{\circ}$ , tinggi lereng  $\pm 74$  meter. Hasil simulasi untuk kondisi pembebanan dinamik menunjukkan bahwa disain tersebut tidak stabil dengan  $FK = 1,0$  (Tabel 4.14). Oleh sebab itu, disain PIT tersebut sebaiknya direvisi menjadi 40 derajat dengan elevasi penambangan dinaikan ke elevasi +50m, dan tinggi lereng maksimum 50m.

- *Section X-25*

*Section* ini terletak di bagian tengah Pit E. Berdasarkan rencana desain PIT per Juli 2014, di *Section* ini direncanakan kedalaman tambang berada pada elevasi +40m dengan sudut lereng  $40^{\circ}$ , tinggi lereng  $\pm 62$  meter. Hasil simulasi untuk kondisi pembebanan dinamik menunjukkan bahwa desain tersebut tidak stabil dengan  $FK = 1,2$  (Tabel 4.15). Oleh sebab itu, disain PIT tersebut sebaiknya direvisi menjadi 50 derajat dengan elevasi penambangan dinaikan ke elevasi +60m, dan tinggi lereng maksimum 45m.

- *Section X-19*

*Section* ini terletak di bagian selatan Pit E. Berdasarkan rencana disain PIT per Juli 2014, di *Section* ini direncanakan kedalaman tambang

berada pada elevasi +20m dengan sudut lereng  $40^{\circ}$ , tinggi lereng  $\pm 61$  meter. Hasil simulasi untuk kondisi pembebanan dinamik menunjukkan bahwa disain tersebut tidak stabil dengan  $FK = 0,9$  (Tabel 4.16). Oleh sebab itu, disain PIT tersebut sebaiknya direvisi menjadi 50 derajat dengan elevasi penambangan dinaikan ke elevasi +40m, dan tinggi lereng maksimum 47m.

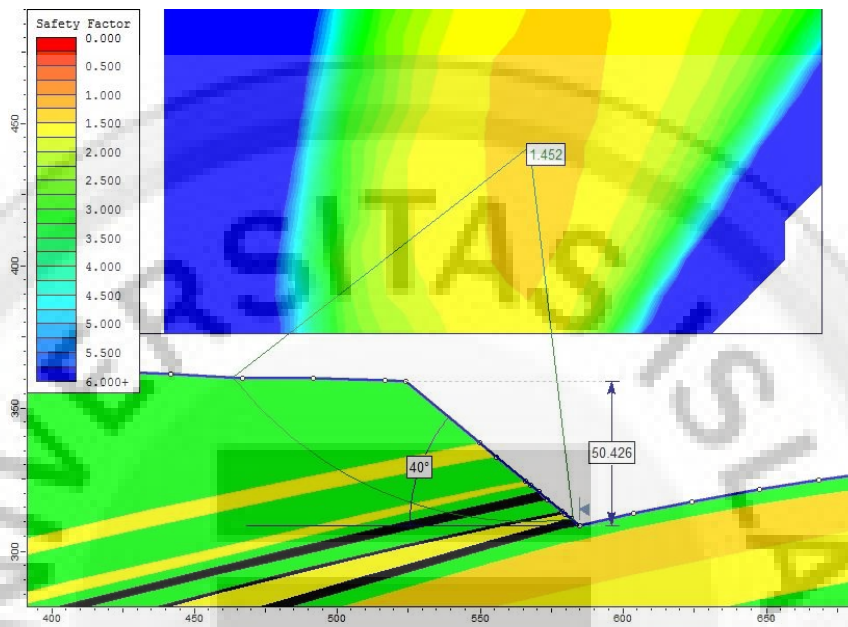
- *Section X-28*

*Section* ini terletak di bagian utara Pit J. Berdasarkan rencana disain PIT per Juli 2014, di *Section* ini direncanakan kedalaman tambang berada pada elevasi +10m dengan sudut lereng  $40^{\circ}$ , tinggi lereng  $\pm 70$  meter. Hasil simulasi untuk kondisi pembebanan dinamik menunjukkan bahwa disain tersebut tidak stabil dengan  $FK = 1,3$  (Tabel 4.17). Oleh sebab itu, disain PIT tersebut sebaiknya direvisi menjadi 40 derajat dengan elevasi penambangan dinaikan ke elevasi +30m, dan tinggi lereng maksimum 59m.

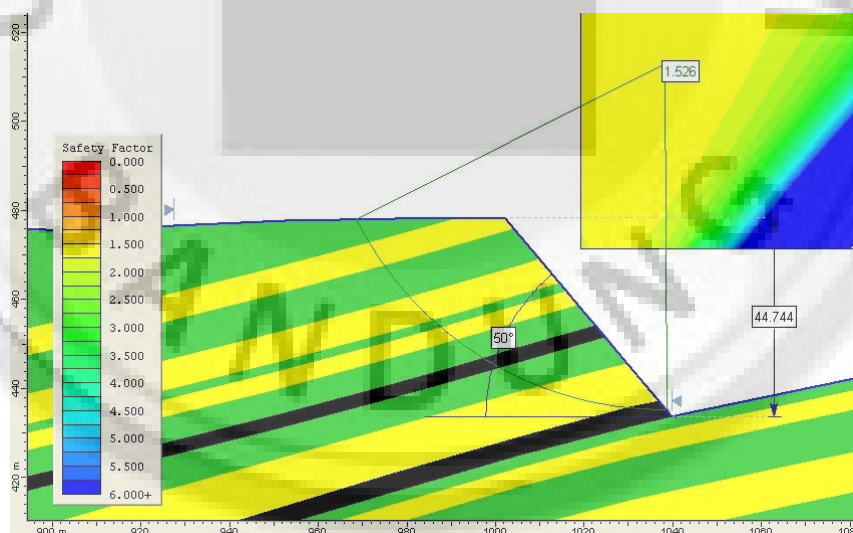
- *Section X-23*

*Section* ini terletak di bagian selatan Pit J. Berdasarkan rencana disain PIT per Juli 2014, di *Section* ini direncanakan kedalaman tambang berada pada elevasi +40m dengan sudut lereng  $40^{\circ}$ , tinggi lereng  $\pm 51$  meter. Hasil simulasi untuk kondisi pembebanan dinamik menunjukkan bahwa disain tersebut stabil dengan  $FK = 1,8$  (Tabel 4.18). Oleh sebab itu, disain PIT tersebut bias direvisi menjadi 50 derajat dengan elevasi penambangan diturunkan ke elevasi +60m, dan tinggi lereng

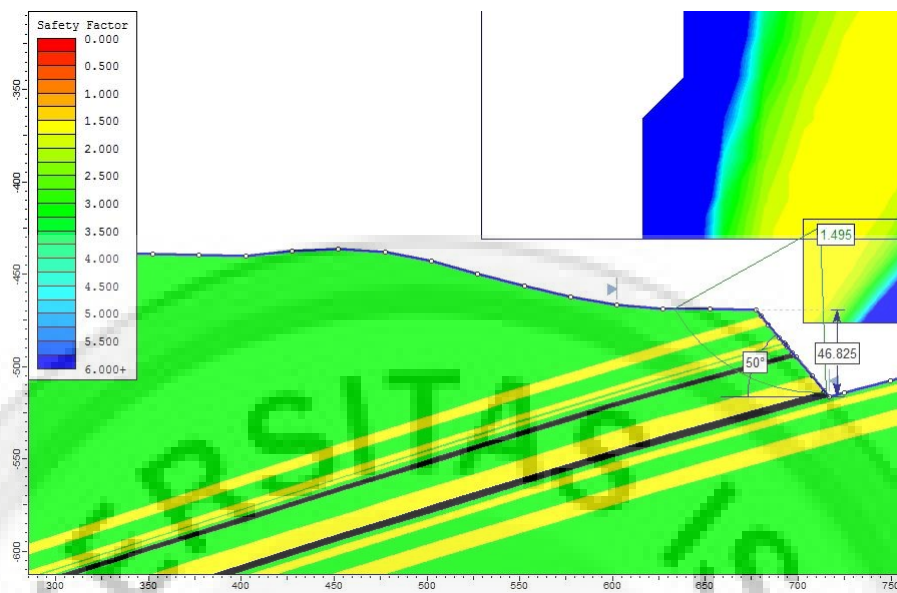
maksimum 50m, sepanjang secara keekonomian masih memungkinkan.



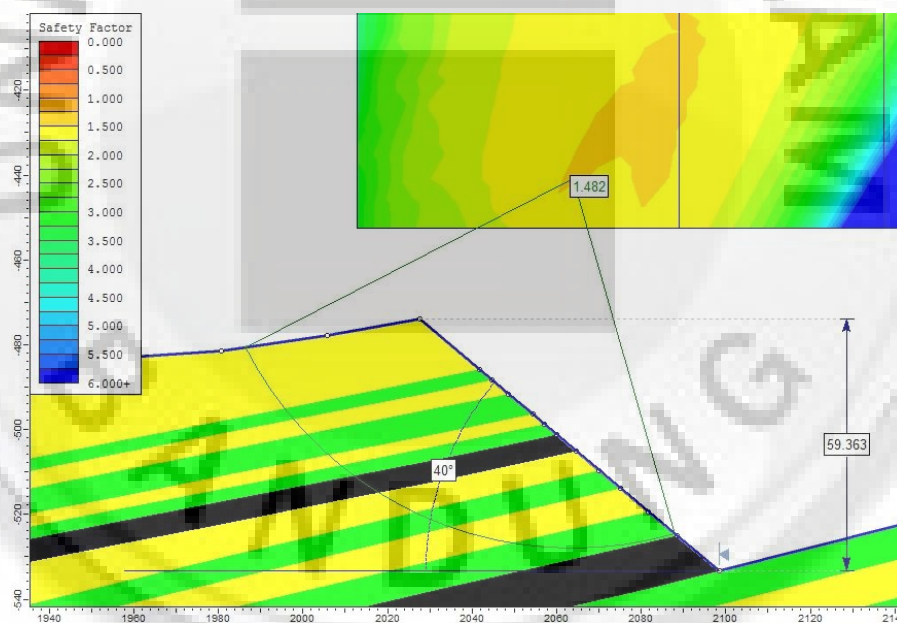
Gambar 4.5  
Output model Section X-31 ( $\alpha = 40^\circ$ , Elev=+50m, H = 50m, FK=1,5)



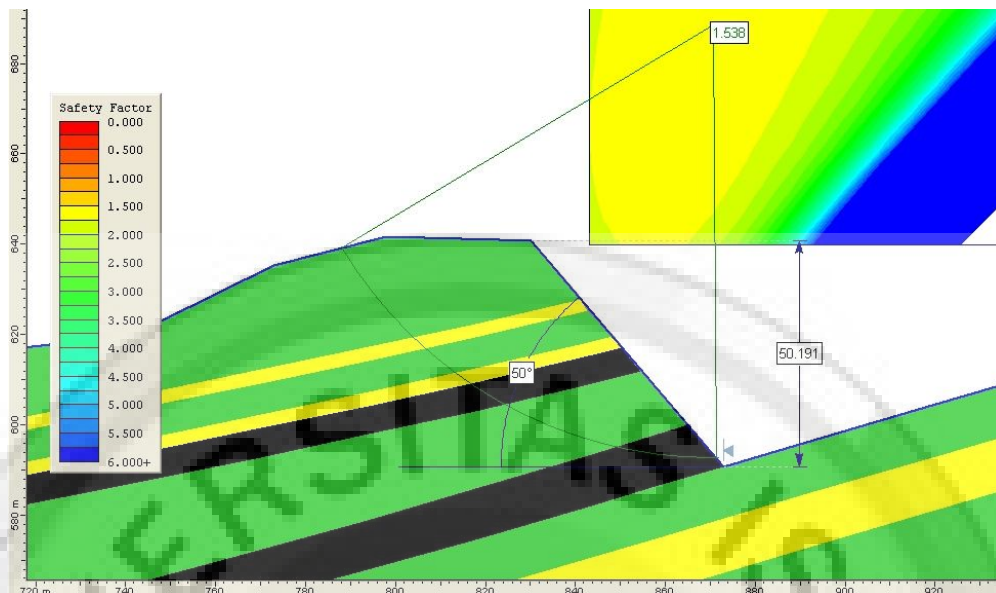
Gambar 4.6  
Output model Section X-25 ( $\alpha = 50^\circ$ , Elev=+60m, H = 45m, FK=1,52)



Gambar 4.7  
Output model *Section X-19* ( $\alpha = 50^\circ$ , Elev=+40m, H = 47m, FK=1,5)



Gambar 4.8  
Output model *Section X-28* ( $\alpha = 40^\circ$ , Elev=+30m, H = 59m, FK=1,5)



Gambar 4.9  
Output model Section X-23 ( $\alpha = 50^\circ$ , Elev=+20m, H = 60m, FK=1,53)

### 4.3 Analisis kemantapan lereng tunggal (*single slope*)

Acuan dan pendekatan yang digunakan pada analisis kemantapan lereng tunggal hampir sama dengan yang digunakan pada lereng keseluruhan, hanya saja input parameter yang digunakan adalah Kohesi sisa ( $C_r$ ) dan Sudut Geser Dalam sisa ( $\Phi_r$ ) yang telah mengalami penyesuaian. Input parameter yang digunakan sebagaimana pada Tabel 4.19. Lereng dimodelkan untuk 3 (tiga) jenis material, yaitu: Sand, Clay, dan Batubara. Variasi model yaitu sudut  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $70^\circ$ , dengan tinggi 8m, 10m, 12m dan 15m. Adapun kriteria kemantapan yang digunakan adalah FK (Faktor Keamanan)  $\geq 1,3$ . Artinya jika FK lereng tunggal lebih dari sama dengan 1,3 maka lereng dianggap stabil. Tetapi sebaliknya, jika lereng tunggal mempunyai FK kurang dari 1,3 maka dianggap tidak stabil. Hasil eksekusi dengan metode kesetimbangan batas sebagaimana pada Tabel 4.20.

Tabel 4.19  
Input parameter lereng tunggal

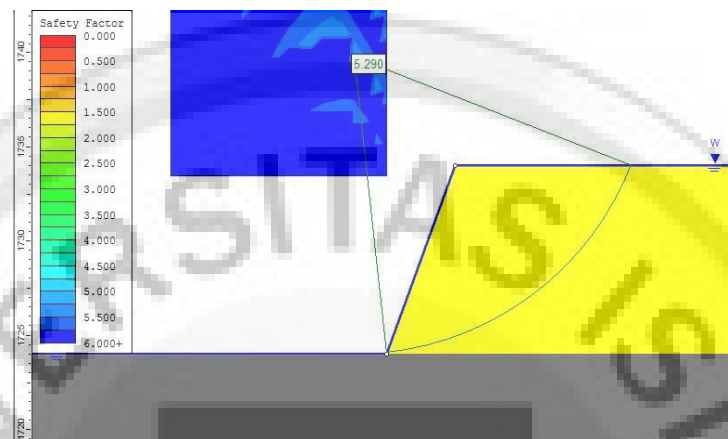
Material	Bobot Isi ( $\text{kN/m}^3$ )	Kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )	Sudut Geser Dalam ( $\dots^\circ$ )
Coal	13	250	11
Claystone	19,5	190	7,9
Sandstone	21	200	8

Tabel 4.20  
Rekapitulasi Faktor Keamanan (FK) lereng tunggal

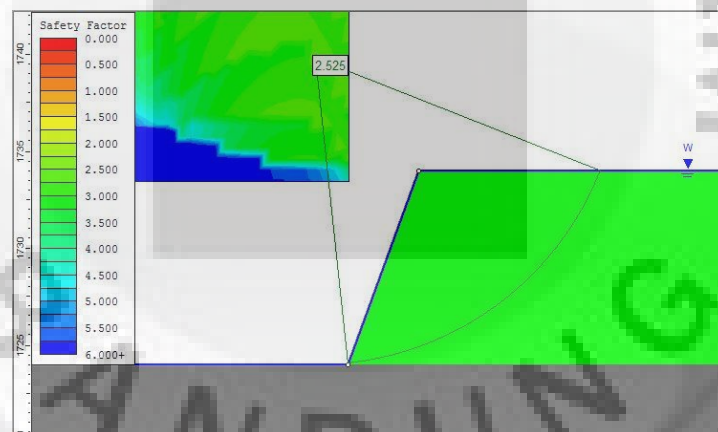
Material	Sudut ( $\dots^\circ$ )	Tanpa Faktor Gempa				Faktor Gempa, $f = 0,15 \text{ g}$			
		Tinggi, H (meter)				Tinggi, H (meter)			
		8	10	12	15	8	10	12	15
Sandstone	40	10,97	8,62	7,38	5,81	8,18	6,76	5,52	4,48
	50	9,59	7,62	6,54	5,19	7,55	6,26	5,10	4,15
	60	8,69	7,02	5,89	4,67	7,08	5,96	4,71	3,81
	70	7,86	6,33	5,25	4,21	6,66	5,54	4,40	3,55
Claystone	40	5,29	4,15	3,55	2,82	3,94	3,25	2,67	2,17
	50	4,61	3,66	3,16	2,51	3,62	2,99	2,46	2,02
	60	4,16	3,35	2,78	2,23	3,38	2,83	2,27	1,84
	70	3,75	2,99	2,51	2	3,17	2,61	2,10	1,7
Coal	40	11,71	9,16	7,84	6,10	8,72	7,18	5,83	4,70
	50	10,23	8,10	6,92	5,44	8,06	6,65	5,37	4,34
	60	9,27	7,47	6,21	4,89	7,56	6,34	4,97	3,98
	70	8,40	7,11	5,55	4,40	7,11	5,88	4,64	3,71

Hasil simulasi pada Tabel 4.20 di atas, menunjukkan bahwa semua model yang disimulasikan berada dalam kondisi stabil dengan  $\text{FK} \geq 1,3$ . Sehingga tim disain penambangan dapat menggunakan model yang mana saja, setelah mempertimbangkan faktor produktivitas alat, peledakan, atau aspek lain yang terkait. Gambar 4.10 s/d 4.12 adalah contoh output model

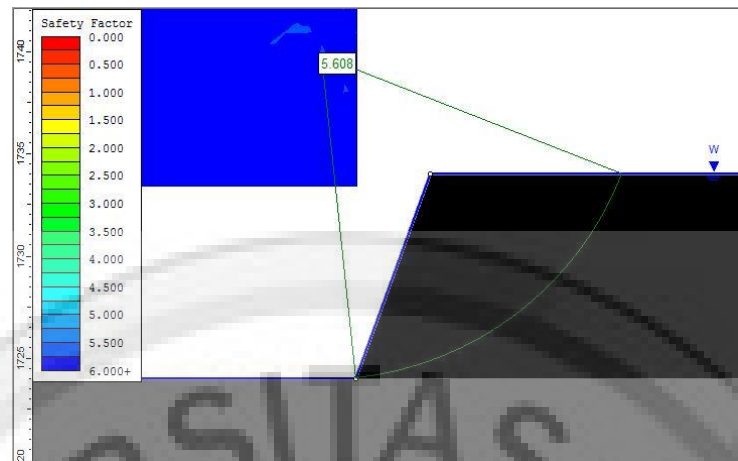
lereng tunggal dengan tinggi ( $H$ ) = 10m dan sudut ( $\alpha$ ) =  $70^\circ$  untuk masing-masing jenis batuan dalam kondisi pembebanan dinamik  $f=0,15g$ . Output selengkapnya sebagaimana pada LAMPIRAN C.



Gambar 4.10  
Output model lereng tunggal  $\alpha = 70^\circ$ ,  $H = 10\text{m}$  (Sand)



Gambar 4.11  
Output model lereng tunggal  $\alpha = 70^\circ$ ,  $H = 10\text{m}$  (Clay)



Gambar 4.12  
Output model lereng tunggal  $\alpha = 70^\circ$ ,  $H = 10\text{m}$  (batubara)

#### 4.4 Analisis kemantapan lereng timbunan

Untuk mengetahui kemantapan lereng tunggal timbunan, maka disimulasikan model timbunan dengan sudut  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ , dan  $40^\circ$  dengan tinggi bervariasi dari mulai 10m s/d 40m. Kriteria kemantapan adalah  $FK \geq 1,5$ . Input parameter yang digunakan sebagaimana pada Tabel 4.21. Material yang dimodelkan adalah Material Campuran clay dan sand. Setelah dieksekusi, dihasilkan rekapitulasi Faktor Keamanan (FK) sebagaimana pada Tabel 4.22.






Tabel 4.21  
Input parameter lereng timbunan

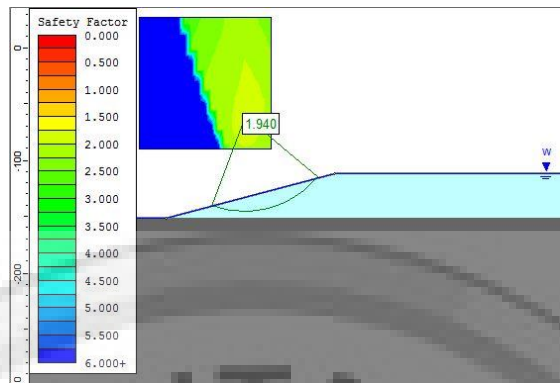
Material	Bobot Isi ( $\text{kN/m}^3$ )	Kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )	Sudut Geser Dalam ( $\dots^\circ$ )
Campuran	20,7	225	8

Tabel 4.22  
Rekapitulasi FK lereng timbunan

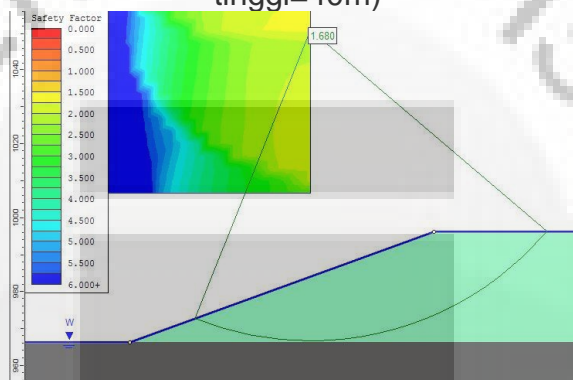
Material	Sudut ( $\dots^\circ$ )	Tanpa Faktor Gempa				Faktor Gempa, $f = 0,15g$			
		Tinggi, H (meter)				Tinggi, H (meter)			
		10	20	30	40	10	20	30	40
Campuran	15	11,11	6,57	4,55	3,4	6,336	3,74	2,58	1,94
	20	7,20	3,70	2,57	1,96	4,71	2,43	1,68	1,29
	25	6,30	3,24	2,23	1,73	4,37	2,24	1,53	1,18
	30	5,72	2,95	1,99	1,56	3,67	2,01	1,39	1,07
	35	5,12	2,64	1,79	1,38	3,90	1,96	1,35	1,03
	40	5,015	2,597	1,816	1,4	3,728	1,9	1,3	1

Keterangan :

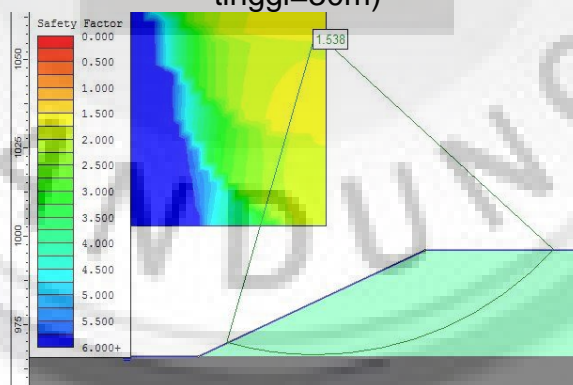
-  = Dibawah kriteria stabilitas
-  = Masuk dalam kriteria stabilitas
-  = Rekomendasi



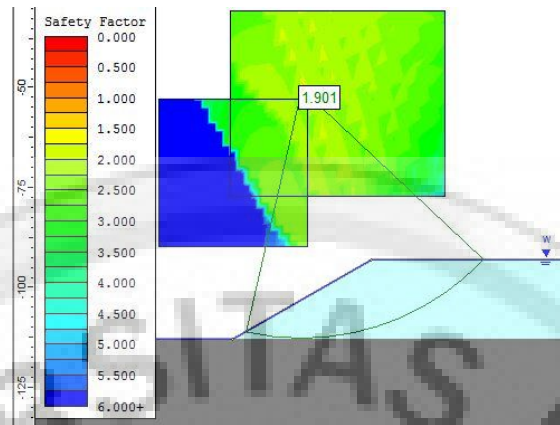
Gambar 4.13  
Output pemodelan lereng timbunan material campuran (sudut=15<sup>0</sup> dan tinggi=40m)



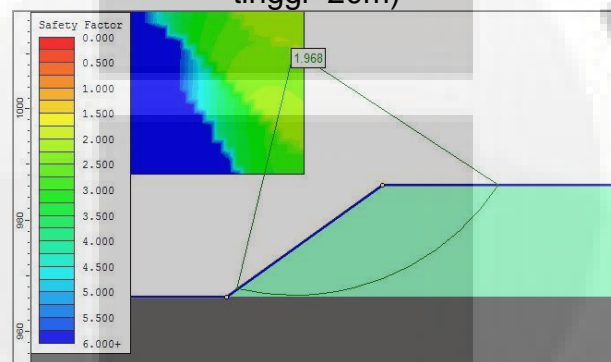
Gambar 4.14  
Output pemodelan lereng timbunan material campuran (sudut=20<sup>0</sup> dan tinggi=30m)



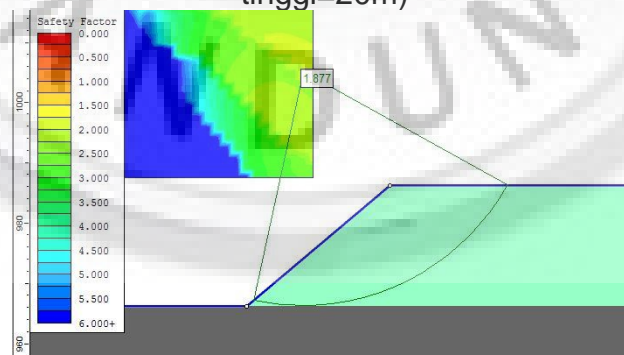
Gambar 4.15  
Output pemodelan lereng timbunan material campuran (sudut=25<sup>0</sup> dan tinggi=30m)



Gambar 4.16  
Output pemodelan lereng timbunan material campuran (sudut=30<sup>0</sup> dan tinggi=20m)



Gambar 4.17  
Output pemodelan lereng timbunan material campuran (sudut=35<sup>0</sup> dan tinggi=20m)



Gambar 4.18  
Output pemodelan lereng timbunan material campuran (sudut=40<sup>0</sup> dan tinggi=20m)