

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis Hasil Rekomendasi Geometri Lereng

Penentuan hasil rekomendasi geometri lereng mengacu pada kriteria FK dan PK menurut Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, yaitu lereng keseluruhan dianggap aman jika  $FK > 1,3$  dan nilai  $PK \leq 5\%$ , dan lereng tunggal dianggap aman jika nilai  $FK > 1,1$  dan nilai  $PK \leq 50\%$ .

Berdasarkan hasil analisis lereng keseluruhan pada rencana desain *Pit S02*, FK dan PK yang masuk kedalam kriteria  $FK > 1,3$  dan nilai  $PK \leq 5\%$  berada pada ketinggian lereng *highwall* 66,21 meter dan kemiringan  $27^\circ$ . Pada geometri tersebut FK yang dihasilkan sebesar 1,32 dan PK 4,50%. Selain itu analisis pada *lowwall* menghasilkan geometri lereng dengan ketinggian 68,80 meter dan kemiringan yang disesuaikan dengan kemiringan lapisan batubara yaitu  $22^\circ$ .

Kemudian pada rencana desain *Pit U1*, FK dan PK yang masuk kedalam kriteria  $FK > 1,3$  dan nilai  $PK \leq 5\%$  berada pada ketinggian lereng *highwall* 25,45 meter dan kemiringan  $37^\circ$ . Pada geometri tersebut FK yang dihasilkan sebesar 1,38 dan PK 0,00%. Selain itu analisis pada *lowwall* menghasilkan geometri lereng dengan ketinggian 14,07 meter dan kemiringan yang disesuaikan dengan kemiringan lapisan batubara yaitu  $25^\circ$ .

Berdasarkan hasil analisis lereng tunggal yang dilakukan pada tiap *litologi* batuan penyusun, dapat diketahui jika rekomendasi yang diberikan untuk lereng tunggal adalah dengan ketinggian 10 meter dan kemiringan  $75^\circ$ . Pada keadaan

geometri tersebut seluruh FK dan PK yang dihasilkan oleh analisis tiap *litologi* memberikan nilai FK yang masih dalam batas aman yaitu di atas 1,1 dan PK di bawah 50%.

## 5.2 Kondisi Batuan Penyusun

Batuan penyusun di lokasi penelitian terdiri atas *soil, claystone, sandstone* dan *coal*, dimana *claystone* merupakan batuan yang paling mendominasi keberadaannya. Keempat penyusun tersebut termasuk kedalam batuan sedimen.

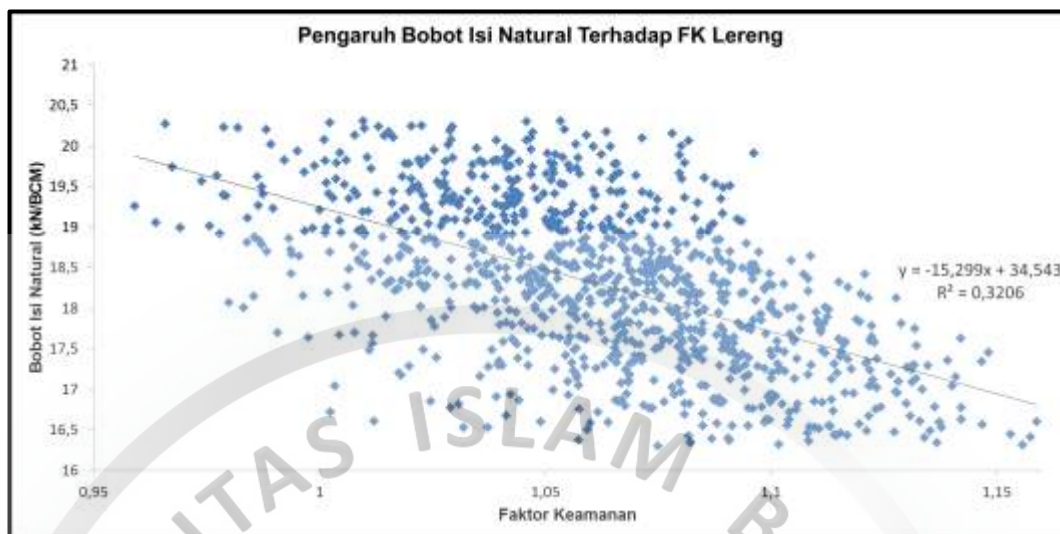
Pada rencana desain *Pit S02*, litologi batuan penyusun di dominasi oleh *claystone* dan terdiri atas 4 lapisan *claystone*, 2 lapisan *sandstone*, 3 lapisan *coal* dan lapisan *soil* dipermukaan.

Pada rencana desai *Pit U1*, litologi batuan penyusun di dominasi oleh *claystone* dan terdiri atas 2 lapisan *claystone*, 1 lapisan *coal* dan lapisan *soil* dipermukaan.

## 5.3 Pengaruh *Material Properties* Terhadap Faktor Keamanan Lereng

*Material properties* pada batuan terdiri atas sifat fisik yang ditunjukkan oleh nilai bobot isi alami dan bobot isi jenuh serta sifat mekanik yang ditunjukkan oleh nilai kohesi dan sudut gesek dalam. Kedua sifat tersebut sangat menentukan keamanan suatu lereng, dimana semakin besar nilai sifat fisik suatu batuan maka FK yang dihasilkan akan semakin rendah atau lereng akan mudah terjadi longsor. Sedangkan semakin besar nilai sifat mekanik suatu batuan maka FK yang dihasilkan akan semakin tinggi dan lereng cenderung aman.

Sebagai contoh, hubungan antara sifat fisik batuan yaitu bobot isi natural terhadap nilai FK dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.

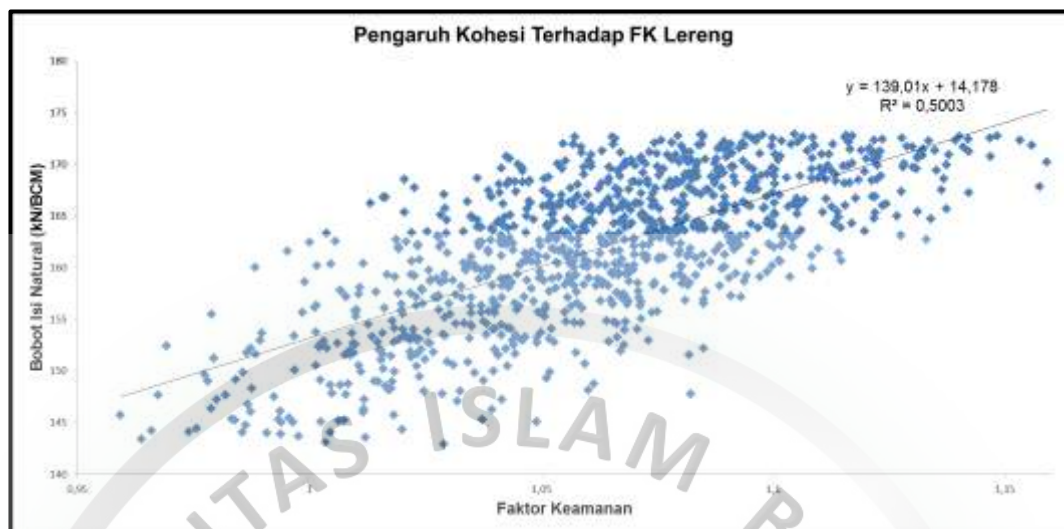


**Gambar 5.1**  
**Grafik Pengaruh Bobot Isi Natural Terhadap FK Lereng**

**Gambar 5.1** merupakan gambar yang menunjukkan hasil statistik bobot isi menggunakan Metode Probabilitas Monte Carlo pada litologi *claystone 1* rencana desain *Pit S02*. Pada gambar tersebut yang dibuktikan oleh garis linier, dapat ditarik penjelasan jika bobot isi natural yang merupakan sifat fisik suatu batuan akan selalu bernilai terbalik terhadap FK yang dihasilkan, dibuktikan oleh gradien garis dari persamaan linier yang memiliki nilai negatif yaitu -15,299. Nilai bobot isi natural yang berbanding terbalik terhadap FK dapat terjadi karena nilai sifat fisik batuan mewakili gaya pendorong atau gaya berat pada lereng. Semakin besar gaya pendorong, maka lereng akan semakin berat yang berakibat lereng mudah terjadi longsor. Jika dilihat dari nilai  $R^2$  yang bernilai 0,3206, variabel bobot isi natural memiliki pengaruh yang kecil terhadap FK lereng karena nilai  $R^2$  cenderung mendekati nilai nol atau dengan kata lain korelasi keterpengaruhan sangat kecil.

Berbeda dengan sifat fisik, besarnya sifat mekanik suatu batuan akan menghasilkan FK yang aman.

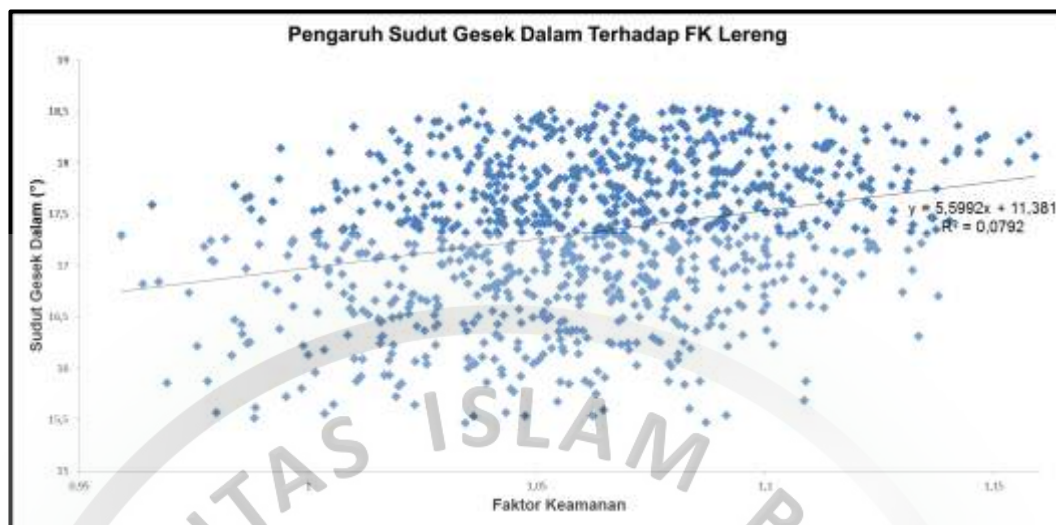
Sebagai contoh, hubungan antara sifat mekanik batuan yaitu kohesi terhadap nilai FK dapat dilihat pada **Gambar 5.2**.



**Gambar 5.2**  
**Grafik Pengaruh Kohesi Terhadap FK Lereng**

**Gambar 5.2** merupakan gambar yang menunjukkan hasil statistik kohesi menggunakan Metode Probabilitas Monte Carlo pada litologi *claystone 1* rencana desain *Pit S02*. Pada gambar tersebut yang dibuktikan oleh garis linier, dapat ditarik penjelasan jika kohesi yang merupakan sifat mekanik suatu batuan akan selalu berbanding lurus terhadap FK yang dihasilkan, dibuktikan oleh gradien garis dari persamaan linier yang memiliki nilai positif yaitu 139,01. Nilai kohesi yang berbanding lurus terhadap FK dapat terjadi karena nilai sifat mekanik batuan mewakili gaya penahan pada lereng. Semakin besar gaya penahan, maka lereng akan semakin kuat yang berakibat lereng tidak mudah terjadi longsor. Jika dilihat dari nilai  $R^2$  yang bernilai 0,5003, variabel kohesi memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap FK lereng karena nilai  $R^2$  cenderung mendekati nilai 1 atau dengan kata lain korelasi keterpengaruhannya cukup besar.

Selain kohesi, sudut gesek dalam juga merupakan sifat mekanik batuan yang berpengaruh pada FK lereng. Sebagai contoh, hubungan antara sudut gesek dalam terhadap FK dapat dilihat pada **Gambar 5.3**.

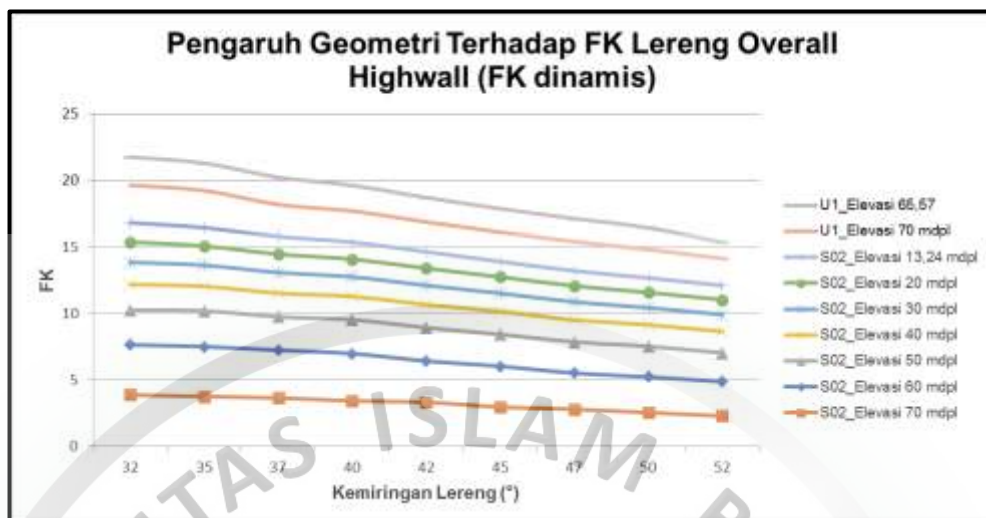


**Gambar 5.3**  
**Grafik Pengaruh Sudut Gesek Dalam Terhadap FK Lereng**

**Gambar 5.3** merupakan gambar yang menunjukkan hasil statistik sudut gesek dalam menggunakan Metode Probabilitas Monte Carlo pada litologi *claystone* 1 rencana desain *Pit S02*. Pada gambar tersebut yang dibuktikan oleh garis linier, dapat ditarik penjelasan jika sudut gesek dalam yang merupakan sifat mekanik suatu batuan akan selalu berbanding lurus terhadap FK yang dihasilkan, dibuktikan oleh gradien garis dari persamaan linier yang memiliki nilai positif yaitu 5,5992. Nilai sudut gesek dalam yang berbanding lurus terhadap FK dapat terjadi karena nilai sifat mekanik batuan mewakili gaya penahan pada lereng. Semakin besar gaya penahan, maka lereng akan semakin kuat yang berakibat lereng tidak mudah terjadi longsor. Jika dilihat dari nilai  $R^2$  yang bernilai 0,0792, variabel sudut gesek dalam memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap FK lereng karena nilai  $R^2$  cenderung mendekati nilai nol atau dengan kata lain korelasi keterpengaruhannya sangat kecil.

#### **5.4 Pengaruh Geometri Lereng Terhadap Faktor Keamanan Lereng**

Secara umum, geometri suatu lereng yang meliputi kemiringan dan tinggi akan berbanding terbalik dengan nilai FK yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.4**.



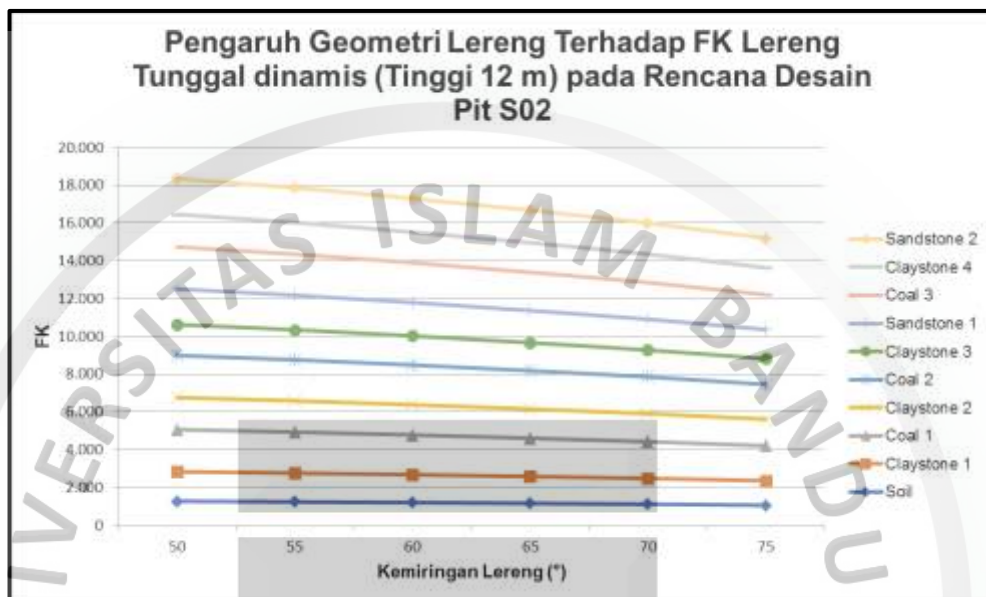
Gambar 5.4

#### Grafik Pengaruh Geometri Terhadap FK Lereng Keseluruhan Highwall

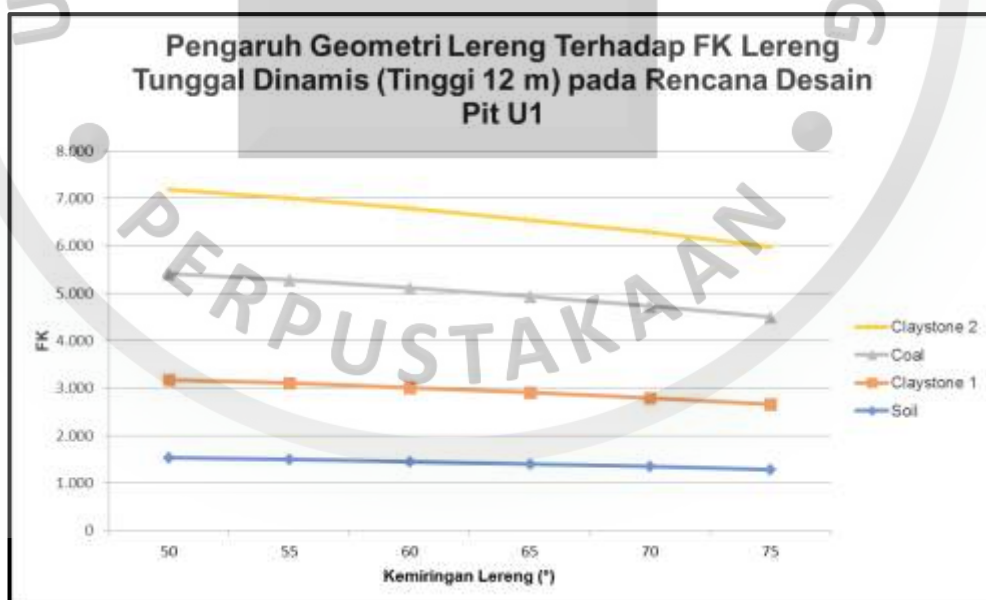
Berdasarkan **Gambar 5.4** dapat di tarik penjelasan jika semakin kecil atau landai kemiringan suatu lereng, maka lereng akan semakin aman atau nilai FK akan semakin tinggi. Hal tersebut di buktikan dari sifat grafik yang ditunjukkan di mana grafik mengarah dari kanan bawah ke kiri atas. Semakin landai kemiringan lereng maka beban yang terbentuk pada lereng akan semakin kecil, hal tersebut menyebabkan nilai FK akan semakin besar karena gaya penggerak pada lereng mengecil.

Selain itu, **Gambar 5.4** juga menunjukkan jika semakin tinggi ketinggian lereng maka nilai FK yang dihasilkan akan semakin kecil. Semakin rendah ketinggian lereng maka beban yang terbentuk pada lereng akan semakin kecil, hal tersebut menyebabkan nilai FK akan semakin besar karena gaya penggerak pada lereng mengecil. Pembuktian tersebut dapat dilihat pada FK elevasi 70 mdpl dan elevasi 13,24 mdpl rencana desain Pit S02. FK pada elevasi 70 mdpl memiliki nilai yang lebih besar dari FK pada elevasi 13,24 mdpl. Elevasi 70 mdpl berada dekat dengan permukaan sehingga tinggi lereng akan kecil, berbeda dengan elevasi 13,24 mdpl yang lebih dalam dari permukaan sehingga tinggi lereng semakin besar.

Kedua pernyataan diatas juga berlaku pada analisis lereng tunggal rencana desain *Pit* S02 yang ditunjukkan oleh **Gambar 5.5** dan analisis lereng tunggal rencana desain *Pit* U1 yang ditunjukkan oleh **Gambar 5.6**.



**Gambar 5.5**  
Grafik Pengaruh Geometri Terhadap FK Lereng Tunggal Rencana Desain *Pit* S02



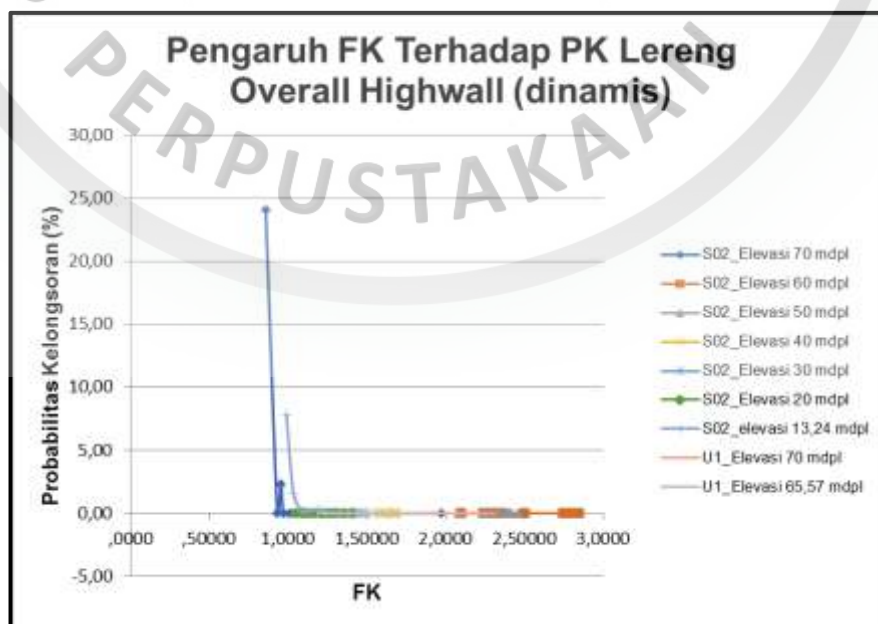
**Gambar 5.6**  
Grafik Pengaruh Geometri Terhadap FK Lereng Tunggal Rencana Desain *Pit* U1

Berdasarkan **Gambar 5.5** dan **Gambar 5.6**, kemiringan lereng berbanding terbalik dengan FK yang ditunjukkan oleh bentuk grafik yang mengarah dari kanan bawah ke kiri atas.

Namun jika melihat pada teknis penambangan yang dilakukan, semakin kecil sudut suatu lereng maka penggalian material yang dilakukan akan semakin besar sehingga akan menambah ongkos pengupasan. Oleh karenanya dibutuhkan geometri yang sekecil mungkin namun FK yang dihasilkan masih dalam batas yang ditentukan sehingga biaya pengupasan yang dilakukan akan berada pada nilai paling minimum.

### 5.5 Pengaruh Faktor Keamanan Terhadap Probabilitas Kelongsoran

Berdasarkan hasil analisis probabilistik kelongsoran pada lereng, dapat di tarik penjelasan jika semakin besar nilai faktor keamanan suatu lereng maka probabilitas terjadinya longsor pada lereng tersebut akan semakin kecil, yang ditunjukkan dari sifat grafik di mana grafik mengarah dari kanan bawah ke kiri atas. Hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.7**.



**Gambar 5.7**  
**Grafik Pengaruh FK Terhadap PK Lereng**



Berdasarkan **Gambar 5.7**, nilai FK yang semakin rendah akan menyebabkan Probabilitas Kelongsoran yang mungkin terjadi semakin besar. Probabilitas Kelongsoran merupakan metode yang menghitung kembali berapa kali kemunculan nilai FK stabil dengan pengulangan sebanyak 1000 kali dengan membuat secara acak variabel FK (gaya penahan dan gaya penggerak). Dalam hal ini dapat diketahui jika semakin kecil nilai FK yang dihasilkan dari analisis kesetimbangan batas maka pengulangan nilai FK rendah juga akan semakin besar yang menyebabkan persentase terjadinya longsor semakin besar.

