

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

#### **5.1 Karakteristik Batuan Penyusun**

Berdasarkan data pengamatan lapangan terdapat *soil* coklat kekuningan, kemudian litologi yang dominan di lokasi penelitian adalah batupasir berwarna abu-abu cerah dengan ketebalan lapisannya 52,85 meter yang didapat pada data bor geoteknik, dari kekuatan batuan lemah sampai sedang. Litologi yang dominan selanjutnya yaitu batulempung berwarna abu-abu gelap kehitaman dengan ketebalan lapisannya 46,29 meter yang didapat pada data bor geoteknik. Kemudian terdapat litologi Carbon dan Batubara, menurut data model geologi lapisan batuan dilokasi penelitian mempunyai kemiringan 7°-15°.

#### **5.2 Pengambilan Sampel**

Batupasir dan batulempung merupakan litologi yang mendominasi penyusun lereng, sehingga dilakukan pengambilan sampel batupasir yang lebih banyak daripada sampel yang lain. Sebagaimana diketahui, pengambilan sampel dilakukan pada setiap *core box* untuk mewakili litologi dari setiap kedalaman. Sampel batubara terdapat pada kedua titik bor, namun dikarenakan hampir seluruh inti bor batubara hancur (*broken core*), kemudian sampel batubara hanya dilakukan pengujian untuk mengetahui kualitas batubara dan menguji air asam tambang sehingga tidak banyak sampel batubara yang dapat diambil untuk kebutuhan pengujian geoteknik.

### 5.3 Input Parameter Kekuatan Batuan

Karakteristik batuan penyusun menurut klasifikasi kekuatan batuan berdasarkan nilai *uniaxial compressive strength* (Mah, 2004), yaitu :

1. Batupasir mempunyai nilai kuat tekan 1,44 – 12,95 Mpa, maka batupasir tersebut termasuk kategori batuan sangat lemah hingga lemah.
2. Batulempung mempunyai nilai tekan 0,36 – 1,89 Mpa, maka batupasir tersebut termasuk kategori batuan ekstrim lemah hingga sangat lemah.
3. *Carbon* mempunyai nilai tekan 0,36 Mpa, maka batupasir tersebut termasuk kategori batuan ekstrim lemah.

Pada pengujian sifat fisik, litologi yang mempunyai nilai *unit weight* yang paling kecil yakni batubara, karena masanya lebih ringan. *Carbon* juga mempunyai nilai *unit weight* yang berdekatan dengan batubara, dikarenakan pada permukaan memang tampak batulempung, namun bagian dalam terdapat kandungan karbon. *Unit weight* ini berkaitan dengan kepadatan dan kekompakan batuan, semakin padat batuan semakin besar nilai *unit weight*. Bandingkan kekompakan batubara dan batulempung, batubara mempunyai nilai *unit weight* 12,60 KN/m<sup>3</sup> dan batulempung mempunyai nilai rata-rata *unit weight* 20,34 KN/m<sup>3</sup>, dapat diartikan bahwa batulempung lebih padat dari batubara, kemudian batupasir mempunyai nilai rata-rata *unit weight* 21,32 KN/m<sup>3</sup> maka dapat diartikan bahwa batupasir lebih padat dari batulempung. Porositas diartikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori dengan volume massa batuan, porositas ini erat kaitannya dengan ukuran butir. Semakin besar ukuran butir, semakin banyak pori-pori pada batuan dan sebaliknya. Batupasir mempunyai nilai rata-rata porositas 31,48 % sedangkan batulempung mempunyai nilai rata-rata porositas 25,86% dapat diartikan bahwa batupasir memiliki ukuran butir yang lebih besar dan hasil deskripsi dilapangan berdasarkan skala wenworth termasuk batupasir kasar.

Pada pengujian sifat mekanik batuan dengan uji Triaxial UU didapatkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam, kedua nilai tersebut didapatkan dari grafik kuat geser dan tegangan normal. Kohesi diartikan sebagai gaya tarik menarik antar ukuran butir, perbandingan kohesi antara batupasir dan batulempng, batupasir mempunyai nilai kohesi rata-rata 337,64 KPa, sedangkan batulempung mempunyai nilai kohesi rata-rata 265,98 KPa. Sudut gesek dalam dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan kuat geser batuan, semakin besar sudut gesek dalam maka batuan tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya. Sudut gesek dalam batupasir mempunyai rata-rata  $40,89^\circ$  dan batulempung mempunyai sudut gesek dalam rata-rata  $31,90^\circ$ .

Sampai saat ini, belum ada metode yang direkomendasikan untuk menentukan parameter kekuatan dari material timbunan tambang. Sedangkan dalam praktiknya, tumpukan material waste terutama bagi tambang-tambang yang besar harus didesain dan direncanakan dengan baik oleh karena akan membentuk lereng yang cukup tinggi. Oleh karena itu, input parameter geoteknik material timbunan ditentukan dengan cara pendekatan, yaitu dengan memperkirakan suatu parameter ekuivalen yang mewakili campuran material timbunan yang dominan batupasir dan batulempung, maka didapatkan nilai *unit weight*  $16,96 \text{ KN/m}^3$ , nilai kohesi  $39,56 \text{ kPa}$  dan nilai sudut gesek dalam  $21,59^\circ$ .

## 5.4 Simulasi Pemodelan Geometri Lereng

### 5.4.1 Geometri Lereng *Highwall*

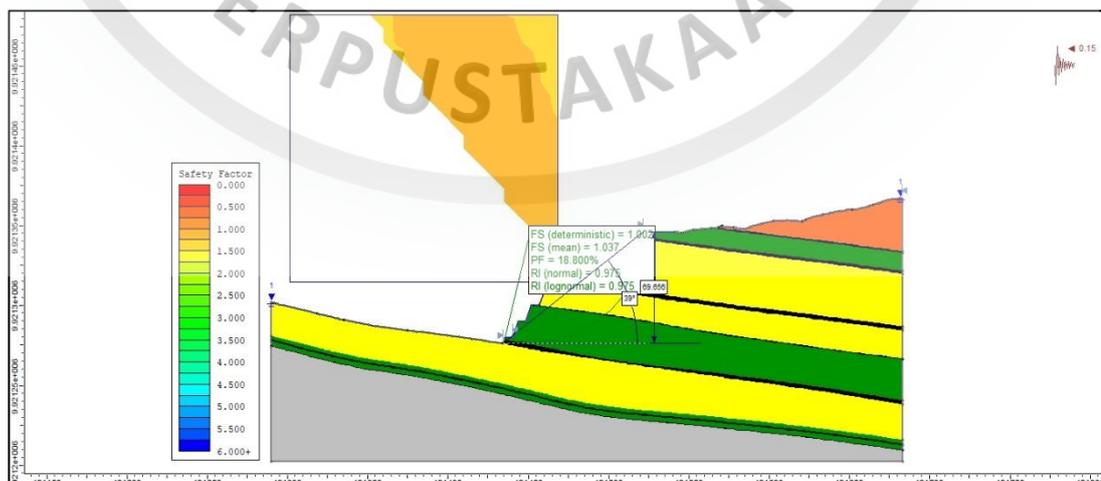
Pada simulasi untuk lereng keseluruhan *highwall* dibuat dengan tinggi lereng mencapai seam batubara ditargetkan untuk ditambang, dilakukan simulasi dan analisis kestabilan dengan sudut lereng keseluruhan lebih landai dari desain awal

dengan diharapkan tercapainya nilai faktor keamanan yang stabil. Simulasi dilakukan dengan 3 penampang yaitu penampang A-A' sampai dengan penampang C-C',

Pada penampang A-A' didapati 2 lereng, pada lereng awal yang direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan  $33^\circ$  mempunyai nilai faktor keamanan 1,344 dengan probabilitas kelongsoran 0 %, ini berarti lereng yang direncanakan stabil dan terlalu landai sehingga relatif banyak overburden yang harus dikupas dan berkurangnya batubara yang tertambang. Pada lereng kedua direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan  $32^\circ$  mempunyai nilai faktor keamanan 1,040 dengan probabilitas kelongsoran 14,80 %, ini berarti lereng yang direncanakan kritis.

Pada penampang B-B' lereng awal yang direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan  $39^\circ$  mempunyai nilai faktor keamanan 0,844 dengan probabilitas kelongsoran 100 %, ini berarti lereng yang direncanakan tidak stabil.

Pada penampang C-C' lereng awal yang direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan  $30^\circ$  mempunyai nilai faktor keamanan 1,137 dengan probabilitas kelongsoran 0 %, ini berarti lereng yang direncanakan stabil dan rencana desain awal lereng tercapai aman dan stabil.



**Gambar 5. 1**  
**Simulasi *highwall* 1 penampang A-A' (Optimasi)**  
**(H = 72,245 m,  $\alpha = 38^\circ$ , FK = 1,102, PK = 18,8%)**

Hasil analisis kestabilan lereng kriteria faktor keamanan (FK) lereng keseluruhan dengan resiko kelongsoran tinggi dan dinamis maka faktor keamanan yang stabil yaitu  $FK > 1,1$ . Pada penampang A-A' lereng pertama yang dioptimasi dengan sudut lereng keseluruhan  $38^\circ$  mempunyai nilai  $FK=1,114$  dan  $PK=0\%$  (Gambar 4.13) berarti masih masuk dalam kriteria stabil maka untuk mencari desain yang optimal kemudian dilakukan simulasi dengan sudut keseluruhan  $39^\circ$  mempunyai nilai  $FK=1,102$  dan  $PK=18,8\%$  (Gambar 5.1).  $PK$  yang masih diperbolehkan yaitu  $>5\%$ , sehingga sudut lereng keseluruhan yang direkomendasikan yaitu  $38^\circ$  dari pada  $39^\circ$  walaupun masih dalam faktor keamanan yang aman keduanya, namun probabilitas kelongsorannya tidak memenuhi kriteria, sehingga lereng dianggap kritis.

#### 5.4.2 Geometri Lereng *Lowwall*

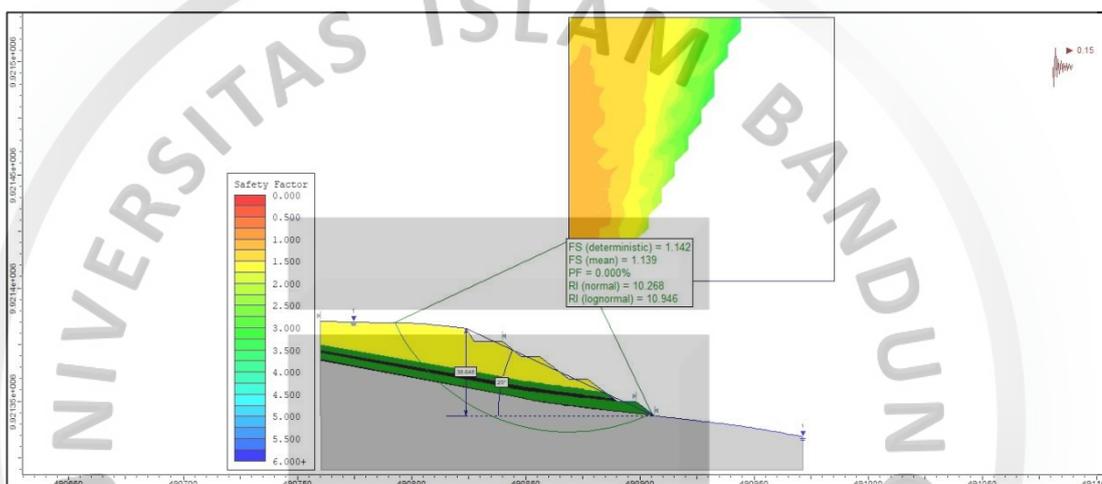
Pada simulasi untuk lereng keseluruhan *lowwall* dibuat dengan tinggi lereng mencapai seam batubara ditargetkan untuk ditambang, dilakukan analisis kestabilan dengan *overall slope angle* lebih landai dari desain awal dengan diharapkan tercapainya nilai faktor keamanan yang stabil dengan menggunakan kriteria stabil  $FK > 1,1$  dengan kondisi lereng dinamis dan  $PK$  yang diperbolehkan  $<5\%$ .

Pada penampang A-A' didapati 2 lereng, pada lereng awal yang direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan  $13^\circ$  mempunyai nilai faktor keamanan 1,298 dengan probabilitas kelongsoran  $0\%$ , ini berarti lereng yang direncanakan stabil dan rencana desain awal lereng tercapai aman dan stabil. Pada lereng kedua direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan  $11^\circ$  mempunyai nilai faktor keamanan 1,331 dengan probabilitas kelongsoran  $0\%$ , ini berarti lereng yang direncanakan stabil dan rencana desain awal lereng tercapai aman dan stabil.

Pada penampang B-B' lereng awal yang direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan  $27^\circ$  mempunyai nilai faktor keamanan 1,082 dengan probabilitas

kelongsoran 0 %, ini berarti lereng yang direncanakan kritis dan tidak stabil sehingga perlu dilandaikan kembali sampai dicapainya faktor keamanan lereng yang aman.

Pada penampang C-C' lereng awal yang direncanakan menggunakan sudut lereng keseluruhan 15° mempunyai nilai faktor keamanan 1,669 dengan probabilitas kelongsoran 0 %, ini berarti lereng yang direncanakan stabil dan rencana desain awal lereng tercapai aman dan stabil.



**Gambar 5. 2**  
**Simulasi *lowwall* penampang B-B' Rekomendasi**  
**(H = 36,752 m,  $\alpha = 25^{\circ}$ , FK = 1,142, PK = 0%)**

Pada desain awal rencana lereng keseluruhan *lowwall* pada penampang B-B' memiliki sudut yang lebih curam dari penampang yang lainnya, hal ini dikarenakan adanya keterbatasan lahan yang berbatasan dengan IUP perusahaan tambang lain sehingga perlu dibuat jenjang pada lereng *lowwall* tersebut. Lereng ini berada dalam kondisi kritis sehingga dilakukan simulasi melandaikan sudut lereng keseluruhan. Simulasi sudut lereng keseluruhan 26° mempunyai nilai FK=1,132 dan PK= 0% (Gambar 4.23) kemudian sudut lereng keseluruhan 25° mempunyai nilai FK=1,142 dan PK= 0% (Gambar 5.2) masuk dalam kriteria stabil maka untuk menghindari pengupasan overburden yang lebih banyak maka direkomendasikan menggunakan sudut lereng keseluruhan 26°.

### 5.4.3 Geometri Lereng Tunggal

Lereng tunggal dibuat dengan dengan berbagai variasi sudut dengan kenaikan 5° setiap simulasi lereng tunggal, lereng tunggal disimulasikan dengan tinggi jenjang 5 dan 10 meter dengan kemiringan 55°, 60°, 65° dan 70° untuk litologi *soil*, batupasir, batulempung, *coal* dan *carbon*. Dari hasil simulasi dan analisis lereng tunggal pada semua litologi penyusun lereng dominan didapatkan  $FK > 1,1$  terdapat dua litologi *soil* dan *claystone*, untuk *soil* mempunyai nilai  $FK = 1,03$  dan  $PK = 0\%$  dan untuk *claystone* mempunyai nilai  $FK = 1,03$  dan  $PK = 0\%$  dengan tinggi lereng 10 m dan sudut lereng 70° termasuk lereng yang curam dan lereng tunggal tersebut termasuk kondisi kritis. Lereng tunggal dibuat dengan kemiringan tidak curam sampai yang curam hampir seluruhnya tetap menghasilkan faktor keamanan yang stabil dan probabilitas kelongsoran 0% sehingga lereng tunggal dapat diaplikasikan pada lereng keseluruhan.

### 5.4.4 Geometri Lereng Timbunan

Lereng timbunan dibuat dengan dengan berbagai variasi sudut dengan kenaikan 5° setiap simulasi lereng timbunan, lereng timbunan disimulasikan dengan tinggi lereng 20, 30, 40, 50 dan 60 meter dengan kemiringan 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° dan 35°. Dari hasil simulasi dan analisis lereng timbunan dibuat dengan tinggi dan sudut lereng diharapkan dapat digunakan sesuai dengan penambahan material timbunan yang setiap waktu bertambah terus sampai *end of mine* (EOM), sehingga setiap kenaikan tinggi timbunan dapat dipilih sudut keseluruhan lereng timbunan yang stabil dan aman.