

PROBABILITAS KELONGSORAN DAN INDEKS KEPERCAYAAN MELALUI METODE PROBABILISTIK PADA MATERIAL OVERBURDEN TAMBANG BATUBARA DAERAH MUARATEWE, KALIMANTAN SELATAN

Harry Soeharto Gani^{1*}, Irvan Sophian¹, Zufaldi Zakaria¹,

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

*Korespondensi: harry14001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Ketidakpastian dalam geoteknik yang disebabkan dengan jenis material yang sama tetapi dengan variabilitas dari keadaan geoteknik yang berbeda dan tingkat kepercayaan (*reliability index*) yang digunakan dalam metode. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik nilai probabilitas pada lapisan *overburden* pada nilai parameter geoteknik yang didapat. Metode yang digunakan dalam penelitian termasuk pemboran geoteknik digunakan untuk melihat objek geologi bawah permukaan dan pengujian sifat fisik dan mekanik objek penelitian untuk mendapatkan karakteristik geoteknik. Metode probabilistik digunakan untuk mendapatkan FS rata-rata, Probabilitas Kelongsoran/ *Probability of Failure* (PoF) dan Indeks Kepercayaan/ *Reliability Index* (RI). Proses pencocokan distribusi menghasilkan distribusi lognormal dan eksponensial untuk parameter masukan (kohesi, sudut geser dalam dan bobot isi). Nilai probabilitas kelongsoran pada lereng *overburden* dengan metode fungsi distribusi dari masing-masing parameter yaitu Lognormal dan Eksponensial memberikan nilai PoF 0%. Indeks kepercayaan yang didapat yaitu 1,063 untuk distribusi normal dan 3,853 untuk distribusi lognormal.

Kata Kunci : Overburden, Kestabilan Lereng, Probabilitas Kelongsoran, Indeks Kepercayaan

ABSTRACT

Uncertainty in geotechnics is caused by the same type of material but with the variability of different geotechnical conditions and the level of reliability (reliability index) used in the method. This research is intended to know the characteristics of probability value in the overburden layer on the value of geotechnical parameters obtained. The method used in the study includes geotechnical borehole used to view subsurface geological objects and test the physical and mechanical properties of research objects to obtain geotechnical characteristics. The probabilistic method is used to obtain the average FS, Probability of Failure (PoF) and Reliability Index (RI). The distribution matching process produces lognormal and exponential distribution for input parameters (cohesion, friction angle and unit weight). The probability value of overburden slope failure with the distribution function method of each parameter namely Lognormal and Exponential gives a PoF value of 0%. The reliability index obtained is 1.063 for the normal distribution and 3.853 for the lognormal distribution.

Keywords: Overburden, Slope Stability, Probability of Failure, Reliability Index

1. PENDAHULUAN

Ketidakpastian dalam geoteknik yang disebabkan dengan jenis material yang sama tetapi dengan variabilitas dari keadaan geoteknik yang berbeda dan tingkat kepercayaan (*reliability index*) yang digunakan dalam metode. Lereng *overburden* pada daerah penelitian yang

terdiri atas batupasir menutupi bagian dari lapisan *interburden* yang terdiri atas lapisan batulempung dan lapisan ekonomis yang terdiri dari batubara. Variabilitas dari karakteristik geoteknik dikhawatirkan dapat memperbesar angka ketidakstabilan lereng dengan adanya material yang digeneralisir. Penelitian ini dimaksudkan untuk

mengetahui karakteristik probabilitas kelongsoran dan indeks kepercayaan pada

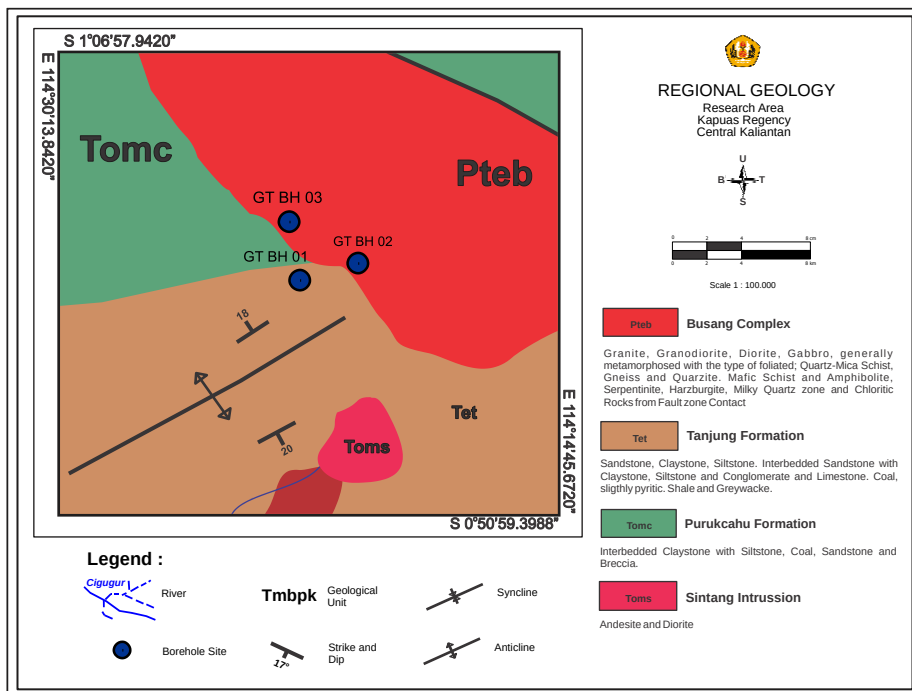
lapisan *overburden* pada nilai parameter geoteknik yang didapat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Regional

Dalam peta geologi lembar Muaratewe (Supriatna, dkk. 1995), satuan geologi daerah penelitian terbagi menjadi 4 satuan formasi dari tua ke muda yaitu Kompleks

Busang, Formasi Tanjung, Formasi Purukcahu dan Intrusi Sintang seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Geologi daerah penelitian (Supriatna, dkk. 1995, *modifikasi*),

Kompleks Busang (Pteb) Berisi jenis batuan beku granit, granodiorit, diorit, gabbro, umumnya termetamorfosa dengan jenis berfoliasi; sekis mika-kuarsa, gneiss dan kuarsit; sekis dari batuan mafik dan amphibolit, serpentinit, harzburgit, zona dari *milky quartz* dan batuan kloritik dari kontak bidang sesar. Umur dari satuan batuan diperkirakan Permian – Trias. Formasi Tanjung (Tet) Berisi jenis batuan Batupasir kuarsa, batulempung, batulanau, batupasir *greywacke* dengan sisipan lempung. Lapisan batubara, beberapa *pyritic*, berlapis baik dengan ketebalan masing-masing 2 - 100 sentimeter. Batuserpih, beberapa gampingan

dengan ketebalan 7-25 sentimeter. Umur dari satuan ini diperkirakan Eosen Akhir. Formasi Purukcahu (Tomc) berisi batuan batulempung berselingan dengan batulanau, batubara, batupasir dan breksi. Umur dari satuan batuan ini diperkirakan Oligosen Akhir – Miosen Awal. Intrusi Sintang (Toms) Terdiri dari Batuan Andesit dan Diorit. Beberapa membentuk tubuh batuan beku berupa struktur dasit menyumbat, stok, dike dan sill. Berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal.

Pola tektonika pada daerah penelitian termasuk pada sejarah tektonika cekungan barito (Metcalf, 1996; Satyana,

1996) dan terbagi menjadi dua fase dengan arah trend fase pertama pada barat laut –

tenggara dan arah trend fase kedua pada barat daya – timur laut.

3. METODE

Pemboran geoteknik digunakan untuk melihat objek geologi bawah permukaan pada penelitian ini. GT BH 01, dengan kedalaman total 72.43 meter. GT BH 01 - 2, dengan kedalaman total 38.94 meter hingga 158.28 meter (0 meter hingga 38.94 meter dibuat *open hole*). GT BH 02, dengan kedalaman total 152 meter. GT BH 03, dengan kedalaman total 122.10 meter. Lubang bor digambarkan dengan penampang stratigrafi untuk model geologi dari AutoCAD®.

Uji laboratorium didapatkan data mengenai sifat fisik dan mekanik batuan. Sifat fisik batuan diperoleh bobot isi (*unit weight*) dari keadaan natural dan jenuh air, sedangkan sifat mekanik batuan diperoleh nilai kuat tekan batuan dari UCS dan *Point Load*, kohesi (*c*) dan sudut geser dalam (ϕ) dari *Direct Shear* dan Uji Triaksial.

Kestabilan lereng dapat dianalisis menggunakan Metode Keseimbangan Batas/ *Limit Equilibrium Method* (LEM). LEM sangat banyak digunakan untuk menganalisis keruntuhan lereng tambang dengan mekanisme rotasional dan translasional. Indeks dari LEM merupakan angka kestabilan lereng/ *Factor of Safety* (FS). Faktor keamanan dapat didefinisikan sebagai kuantifikasi dari angka stabil suatu kesetimbangan dari lereng (Hoek and Bray, 1981 dalam Wyllie and Mah, 2004). Sehingga, merupakan angka perbandingan gaya penahan dengan gaya pendorong (persamaan 1)

$$FS = \frac{\text{Resisting Force}}{\text{Driving Force}} \quad \dots(1)$$

Metode probabilistik merupakan metode yang menggunakan nilai acak berdasarkan distribusi probabilitas. Output dari metode probabilistik dicirikan dengan variasi nilai FS yang disebabkan oleh adanya variasi nilai parameter masukan untuk FS seperti kohesi, sudut geser dalam dan bobot isi. Metode probabilstik dinyatakan dalam berbagai output menurut Anonim (2013) yaitu FS rata-rata, Probabilitas Kelongsoran/ *Probability of Failure* (PoF) dan Indeks Kepercayaan/ *Reliability Index* (RI).

Metode probabilistik menggunakan fungsi yang dimana mengacu kepada daerah kemungkinan relatif dari suatu kumpulan bilangan acak yang didefinisikan sebagai daerah kemungkinan longsor dapat terjadi, yang dimana merupakan prosentase jumlah lereng yang mengalami keruntuhan dan jumlah sampel teruji. Metode probabilistik menggunakan simulasi *Monte Carlo* dengan algoritma secara acak dari domain (Arif, 2016). Metode ini banyak digunakan dengan pencocokan distribusi menurut Azizi (2010, 2011) dengan menggunakan software @RISK® dan dihasilkan 7 fungsi (normal, seragam, triangular, betageneral, eksponensial, lognormal, gamma). Pencocokan menggunakan sub-metode distribusi *Chi-Squared* yang digunakan untuk sampel data kontinu maupun diskret. Nilai dari parameter pencocokan fungsi yang paling kecil mencerminkan metode pencocokan terbaik.

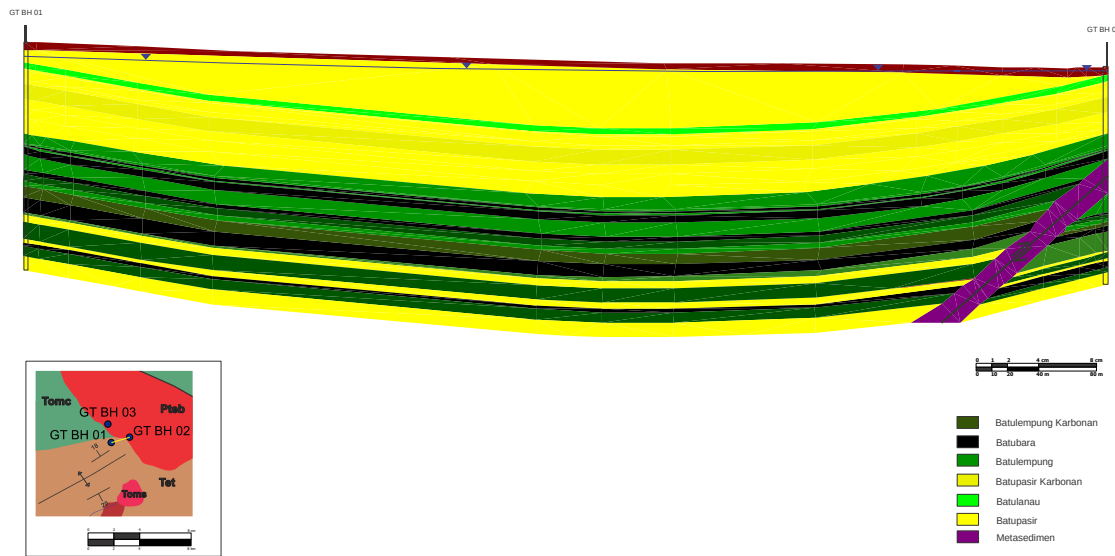
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Geologi Daerah Penelitian

Korelasi dari 2 titik bor dilakukan dengan metode menurut litostratigrafi dari batuan hasil pemboran dan didapat korelasi penampang untuk model geologi

yang difokuskan sebagai populasi data untuk simulasi nilai kestabilan lereng. Terlihat dua lapisan berupa lapisan *overburden* yang terdiri dari batupasir dan batulanau. Lapisan *interburden* terdiri dari batulempung dan batulempung karbonan. Penampang korelasi diperlihatkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Penampang geologi bawah permukaan daerah penelitian

Sifat Fisik dan Mekanik

Nilai bobot isi tanah, kohesi dan sudut geser dalam diperoleh dari pengujian laboratorium. Hasil ini menjadi parameter input untuk lapisan *overburden* dengan litologi batupasir yang dibuat dalam simulasi kestabilan lereng seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sifat fisik dan mekanik dari sampel material *overburden* pada daerah penelitian.

Litologi	Kohesi	Sudut Geser Dalam	Bobot Isi
	(Kpa)	(°)	
Siltstone C	240	25	20
Sandstone A'	480	25.2	18.3
Sandstone B'	2220	31.9	18.3
Sandstone D	1110	42.75	20
Sandstone E	1430	49.4	18.3

Sandstone F	950	49.4	17.1
Sandstone G	300	49.7	16.3
Sandstone H	1150	49.4	18.2
Statistik			
Jumlah Data	8	8	8
Nilai Minimal	240	25	16.3
Nilai Maksimal	2220	49.7	20
Rata-Rata	985	40.34375	18.3125
Deviasi Standar	659.7185547	11.18313263	1.266533514

Pencocokan distribusi

Pencocokan distribusi diperoleh dari hasil pengolahan data dari material yang sejenis dari parameter bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam. Kohesi dan sudut geser dalam yang digunakan yaitu hasil dari residual. Dalam proses pencocokan distribusi dibantu dengan menggunakan software @RISK yang menggunakan variasi

simulasi (1,2 dan 5) dan iterasi (100, 1000 dan 10000). Sub-metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Chi-Squared*.

Hasil proses karakterisasi terhadap parameter kohesi, sudut geser dalam dan bobot isi dalam lapisan overburden batupasir menunjukkan fungsi yang memenuhi adalah Lognormal dan eksponensial, dilihat dari banyaknya nilai fungsi yang didapat.

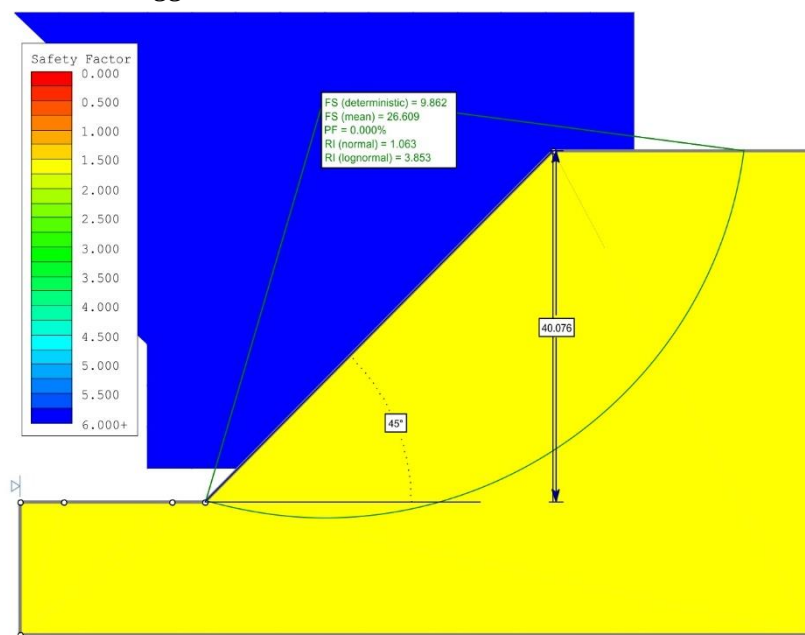
Analisis Kestabilan Lereng Tunggal

Input dari parameter yang digunakan memberikan nilai statistik yang mencakup: nilai minimum, nilai maksimum, nilai rata-rata, standar deviasi dan jenis fungsi distribusi yang dimasukkan kedalam analisis menggunakan software Rocscience® SLIDE. Desain lereng dilakukan dengan kondisi tidak adanya tegangan air pori, metode bidang gelincir sirkuler, dan jenis analisis probabilistik menggunakan Global

Minimum. Output dari analisis didapat nilai FS dari hasil deterministik, FS rata-rata, Probabilitas Kelongsoran/ *Probability of Failure* (PoF), Indeks Kepercayaan/ *Reliability Index* (RI). Hasil dari contoh diperlihatkan pada gambar 4.2 dan hasil keseluruhan material diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4.2. Hasil dari perhitungan menggunakan metode probabilistik

Nama Material	Overburden Sandstone
FS (deterministik)	9,862
FS (rata-rata)	26,609
Probabilitas Kelongsoran (%)	0 %
Indeks Reliabilitas (distribusi: Normal)	1,063
Indeks Reliabilitas (distribusi: LogNormal)	3,853



Gambar 4.2 Analisis kestabilan lereng dengan metode probabilistik dengan output nilai

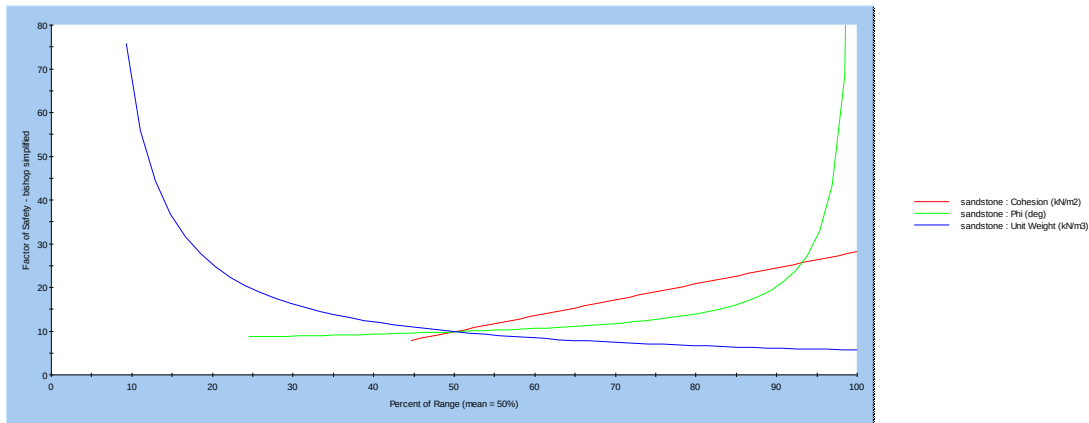
4.2 Pembahasan

Lapisan *overburden* dari batupasir diasumsikan memiliki tinggi 40 meter dengan sudut kupasan 45 derajat. Probabilitas longsor dari material overburden dari overall slope material tetap

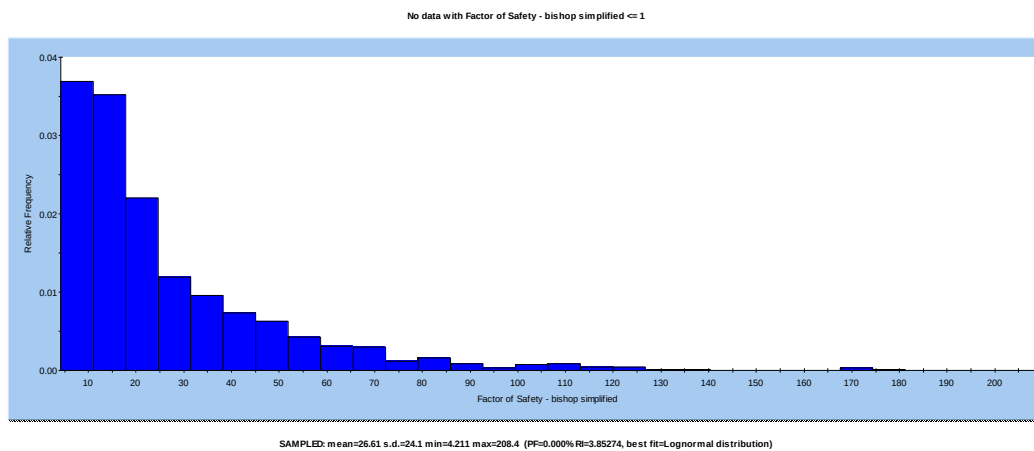
stabil atau probabilitas kelongsorannya 0% dengan 1000 iterasi. Analisis sensitivitas (gambar 4.3) yang didapat berfokus kepada nilai sudut geser dalam yang memberikan dampak besar untuk nilai FS, sedangkan untuk parameter yang lain tidak terlalu dipertimbangkan. Nilai Indeks Reliabilitas

dari distribusi normal didapat sebesar 1,063 yang mana dikategorikan sebagai tingkat yang tidak memuaskan ($RI < 3$) menurut anonim (2013). Sedangkan, nilai RI dari kecocokan distribusi dari Lognormal didapat sebesar 3,853 dengan kategori memuaskan. Nilai dari indeks kepercayaan dipengaruhi

oleh nilai deviasi standar yang disebabkan oleh jauh rentang variasi dari nilai FS pada histogram (gambar 4.4). Proses *fitting distribution* menunjukkan hasil pencocokan distribusi nilai FS menunjukkan distribusi yang cocok yaitu Lognormal.



Gambar 4.3 Analisis sensitivitas dari keberpengaruh parameter terhadap nilai FS



Gambar 4.4 Histogram dari proses distribusi kecocokan

5. KESIMPULAN

Nilai probabilitas kelongsoran pada lereng *overburden* dengan metode fungsi distribusi dari masing-masing parameter

yaitu Lognormal dan Eksponensial memberikan nilai PoF 0%. Indeks kepercayaan yang didapat yaitu 1,063 untuk distribusi normal dan 3,853 untuk distribusi lognormal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Probabilistic Analysis*, Rocscience.
- Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang*. Vol 5. Jakarta. Gramedia.
- Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. dan Arif. I.. 2010. Analisis Probabilitas & Sensitivitas Kestabilan Lereng Penambangan Menggunakan Pendekatan Probabilistik Dengan Metode General Hoek & Brown; TPT XIX PERHAPI Balikpapan.
- Azizi. M.A.. Kramadibrata. S.. Wattimena. R.K.. Sidi. I.D.. Suhedi. dan Basuki. S.. 2011. Aplikasi Probabilistik Untuk Analisis Kestabilan Lereng Tunggal (Studi Kasus PTBA Tanjung Enim. Sumsel); TPT XX PERHAPI. Lombok-Mataram.
- Metcalf, I. 1996. Gondwanaland dispersion, Asian accretion and evolution of eastern Tethys. *Australian Journal of Earth Sciences*, 43(6), 605-623.
- Satyana, A. H. (1996). Adang-Lupar Fault, Kalimantan: controversies and new observations on the trans-Kalimantan megashear. In *Proceedings Indonesian Association of Geologists, 25th Annual Convention, Jakarta* (pp. 124-143).
- Supriatna, S. , Sudradjat, A. , Abidin, Z.A. (1995). *Geological Map of the Muaratewe Quadrangle, Kalimantan, 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. (2014). *Rock slope engineering*. CRC Press.