

## ANALISIS KESTABILAN LERENG BATU KAPUR (STUDI KASUS: BANGUNAN HOTEL TASANGKAPURA DI KOTA JAYAPURA)

Yulianus Dogomo

Fabian J. Manoppo, Lanny D. K. Manaroinsong

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [ydogomo@yahoo.com](mailto:ydogomo@yahoo.com)

### ABSTRAK

Dalam perencanaan bangunan hotel Tasangkapura, dapat ditemukan masalah kestabilan lereng. Lereng tersebut terdapat banyak batu kapur. Metode yang digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng batu kapur dalam kasus ini adalah Bishop Simplified dan Fellenius, untuk menganalisis terjadinya kelongsoran. Analisis Lereng batu kapur dilakukan dengan Strength Type Mohr Coulomb dan Hoek-Brown. Lereng batu kapur dimodelkan dengan lebar lereng 50 m dan tinggi lereng 40 m serta beban yang dipikul sebesar 31718.41 kN/m<sup>2</sup>. Analisis pada lereng batu kapur akan dilakukan dengan software Slide 6.0 dan secara manual.

Dari analisis, dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan pada Strength Type Mohr Coulomb data AllPile yang diperoleh dari Slide 6.0 dan secara manual untuk masing-masing metode berturut-turut adalah: metode Bishop Simplified 3.709 dan 8.393; metode Fellenius 3.619 dan 0.806, faktor keamanan pada Strength Type Mohr Coulomb data literatur berturut-turut adalah: metode Bishop Simplified 0.724 dan 5.326; metode Fellenius 0.441 dan 0.927, dan faktor keamanan pada Strength Type Hoek-Brown metode Bishop Simplified adalah 0.633 dan metode Fellenius adalah 0.648.

**Kata Kunci:** Lereng Batu Kapur, Slide 6.0, Mohr Coulomb, Hoek-Brown

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Lereng pada lokasi perencanaan bangunan hotel Tasangkapura mengandung banyak batu kapur sehingga perlu dianalisis terhadap kelongsoran yang terjadi pada lereng tersebut.

Untuk menganalisis kelongsoran pada lereng batu kapur dilakukan dengan dengan metode Bishop Simplified dan Fellenius. Dalam menganalisis kelongsoran dibutuhkan kajian geoteknik untuk mengetahui faktor keamanan.

Pada umumnya batu kapur dapat terjadi dengan beberapa cara yaitu secara organik dan kimia. Sebagian besar batu kapur yang ada di alam terjadi secara organik. Batu kapur berasal dari pengendapan cangkang kerang dan siput, foraminifera.

Lereng batu kapur yang aman terhadap kelongsoran adalah faktor keamanan  $> 1$  dan jika faktor keamanan  $< 1$  maka dilakukan alternatif lain.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan kestabilan lereng pada lokasi perencanaan bangunan hotel Tasangkapura di kota Jayapura

untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dan radius dari strength type Mohr Coulomb dengan Hoek-Brown metode Bishop Simplified dan Fellenius.

#### Batasan Masalah

Untuk memberikan hasil yang baik dan terarah dalam penelitian ini, maka permasalahan dibatasi pada:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder sesuai hasil penelitian batu kapur lokasi perencanaan bangunan hotel Tasangkapura di kota Jayapura
2. Lereng dimodelkan dengan software slide 6.0
3. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan perhitungan manual dan software slide 6.0 metode Bishop Simplified dan Fellenius.
4. Tanah dianggap Homogen
5. Tidak memperhitungkan muka air tanah.

#### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kelongsoran pada lereng batu kapur yang terjadi pada lokasi perencanaan bangunan hotel Tasangkapura di kota Jayapura dengan software Slide 6.0 dan dengan perhitungan secara manual.

**KAJIAN PUSTAKA**

**Batu Kapur**

Batu kapur merupakan mineral karbonat, dapat terjadi dari penguapan langsung air laut atau melalui binatang yang dipisahkan oleh air laut untuk membuat cangkang. Selain itu, batu kapur juga terdiri dari sisa-sisa organik misalnya rumah kerang.

Batu kapur juga mengandung magnesium, lempung dan pasir merupakan unsur yang mengendap bersama-sama pada saat proses pengendapan sehingga unsur-unsur tersebut disebut sebagai pengotor. Pengotor ini memberikan klasifikasi jenis batu kapur, apabila pengotornya magnesium maka batu kapur tersebut diklasifikasikan sebagai batu kapur dolomite ( $CaMg(CO_3)_2$ ), begitu juga jika pengotornya lempung maka batu kapur tersebut disebut batu kapur lempungan, serta jika pengotornya pasir maka tersebut disebut batu kapur pasiran. Persentase unsur-unsur pengotor sangat berpengaruh terhadap karakteristik batu kapur seperti warna, kerapatan, kekerasan, spesifik gravity dan lain-lain.

**Kestabilan Lereng**

Kemantapan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kemantapan lereng tersebut.

Dalam keadaan gaya penahan (longsor) lebih besar dari gaya penggeraknya, maka lereng tersebut akan berada dalam keadaan yang mantap (stabil). Tetapi apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggeraknya, maka lereng tersebut menjadi tidak mantap dan longsor pun terjadi.

Untuk menyatakan bobot atau tingkat kemantapan suatu lereng dikenal apa yang disebut dengan faktor keamanan (*safety factor*), yang merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsor dan dinyatakan sebagai berikut:

$$F_k = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}}$$

Terdapat 3 kemungkinan yang ada, yaitu:

$F_k > 1$ , Lereng dianggap stabil

$F_k = 1$ , Lereng dalam keadaan setimbang tetapi akan segera longsor jika mendapat sedikit gangguan

$F_k < 1$ , Lereng dianggap tidak stabil

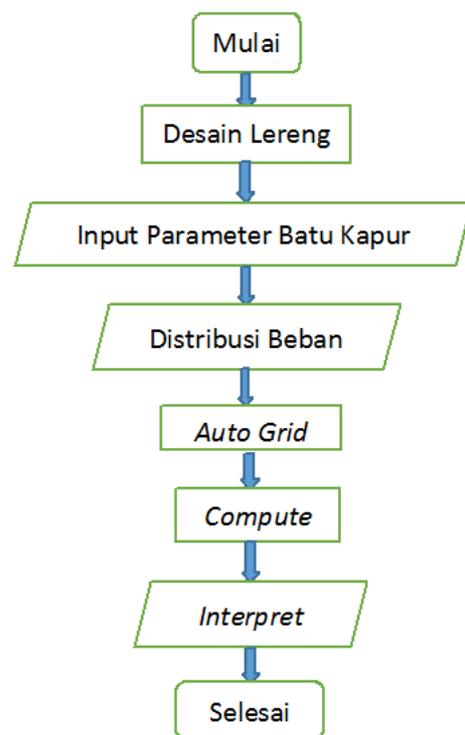
**METODOLOGI PENELITIAN**

**Slide 6.0**

*Slide 6.0* merupakan salah satu program yang dapat menganalisa kestabilan lereng. *Slide 6.0* juga dapat menganalisa tekanan air tanah serta rembesan air tanah dengan menggunakan metode limit equilibrium

Pada kasus ini, metode analisis yang digunakan untuk mendapatkan faktor keamanan adalah metode *Bishop Simplified*.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pemodelan dalam program *Slide 6.0* seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah Pemodelan *Slide 6*

**Metode Bishop Simplified**

Metode *Bishop Simplified* menggunakan prinsip irisan dalam penentuan faktor keamanan dalam suatu massa tanah yang berpotensi mengalami keruntuhan. Metode ini hanya memperhitungkan keseimbangan pada arah gaya vertikal dan momen pada titik pusat lingkaran. Metode ini mengabaikan gaya geser antar irisan. Persamaan kuat geser adalah :

$$\tau = c'/F + (\sigma - \mu) \text{tg}\phi'/F \tag{1}$$

Untuk irisan ke-i. nilai  $T_i = \tau_{ai}$ , yaitu gaya geser yang dikerahkan tanah pada bidang longsor untuk keseimbangan batas, yaitu

$$\tau = \frac{c'a_i}{F} + (N_i - \mu_i a_i) \frac{tg \phi'}{F} \quad (2)$$

Keseimbangan momen dengan pusat rotasi O antara berat massa tanah yang akan longsor dengan gaya total yang dikerahkan tanah pada bidang longsor adalah ;

$$\sum W_i x_i = \sum T_i R \quad (3)$$

Dengan xi adalah jarak  $W_i$  ke pusat rotasi O, dapat diperoleh :

$$F = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} [c'a_i + (N_i - \mu_i a_i) tg \phi']}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i x_i} \quad (4)$$

Pada kondisi keseimbangan vertikal, jika  $X_1 = X_i$  dan  $X_r = X_{i+1}$

$$N_i \cos \theta_i + T_i \sin \theta_i = W_i + X_i - X_{i+1} \quad (5)$$

$$N_i = \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - T_i \sin \theta_i}{\cos \theta_i}$$

dengan  $N_i' = N_i - \mu_i a_i$  disubstitusikan ke persamaan (3) dan (5) diperoleh:

$$N_i = \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - \mu_i a_i \cos \theta_i - c'a_i \sin \theta_i / F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i tg \phi' / F} \quad (6)$$

Substitusikan (6) ke (4) diperoleh :

$$F = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{c'a_i + tg \phi' \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - \mu_i a_i \cos \theta_i - c'a_i \sin \theta_i / F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i tg \phi' / F}}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i x_i} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i x_i} \quad (7)$$

Penyederhanaan dianggap  $X_i - X_{i+1} = 0$ , dan  $x_i = R \sin \theta_i$ , serta  $b_i = a_i \cos \theta_i$ , diperoleh:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c'b_i + (W_i - \mu_i b_i) tg \phi'] \left( \frac{1}{\cos \theta_i (1 + tg \theta_i tg \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (8)$$

dengan:

F	= faktor aman	$\theta_i$	= sudut
$c'$	= kohesi tanah efektif (kN/m <sup>2</sup> )	$b_i$	= lebar irisan ke-i (m)
$W_i$	= berat irisan tanah ke-i (kN)	$\phi'$	= sudut gesek dalam efektif (°)
$\mu_i$	= tekanan air pori irisan ke-i (kN/m <sup>2</sup> )		

Rasio Tekanan Pori

$$r_u = \frac{\mu b}{W} = \frac{\mu}{\gamma h} \quad (9)$$

dengan:

$r_u$	= rasio tekanan air pori	$\gamma$	= berat volume tanah (kN/m <sup>3</sup> )
$\mu$	= tekanan air pori (kN/m <sup>2</sup> )	$h$	= tinggi irisan rata-rata (m)
$b$	= lebar irisan ke-i (m)		

Dengan mensubstitusikan Ratio Tekanan Pori pada persamaan F, maka didapat:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c'b_i + W_i (1 - r_u) tg \phi'] \left( \frac{1}{\cos \theta_i (1 + tg \theta_i tg \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (10)$$

### Metode Fellenius

Metode Fellenius (*Ordinary Method of Slice*) diperkenalkan pertama kali oleh Fellenius (1927, 1936) berdasarkan bahwa gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan faktor keamanan dihitung dengan keseimbangan momen. Fellenius mengemukakan metodenya dengan menyatakan asumsi bahwa keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor berbentuk lingkaran (*sirkuler*) dengan titik O sebagai titik pusat rotasi.

Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal P bekerja ditengah-tengah slide. Diasumsikan bahwa gaya-gaya antar irisan pada tiap irisan adalah sama dengan nol atau dengan kata lain bahwa resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan.

Dengan menggunakan prinsip dasar serta asumsi-asumsi yang telah dikemukakan diatas, maka selanjutnya dapat diuraikan analisis faktor keamanannya sebagai berikut:

$$F = s / \tau \quad (11)$$

Tegangan geser adalah:

$$\tau = s / F \quad (12)$$

Gaya geser yang diperlukan adalah:

$$S = \tau \cdot l \cdot 1 \quad (13)$$

dengan:

$s$  = Tegangan Geser  
 $S$  = Gaya Geser

Jika persamaan (12) disubstitusikan pada persamaan (13), maka diperoleh:

$$S = (s \cdot l \cdot 1) / F \quad (14)$$

Atau,

$$S = \frac{1}{F} (s \cdot l) \quad (15)$$

Maka didapat:

$$S = \left[ \frac{1}{F} \left( c' + \left\{ \frac{P_w}{l} - u \right\} \tan \phi' \right) l \right] \quad (16)$$

$$S = \left[ \frac{1}{F} (c'.l + \{Pw.l - u.l\} \tan\phi') \right] \quad (17)$$

$$S = \left[ \frac{1}{F} (c'.l + \{Pw - u.l\} \tan\phi') \right] \quad (18)$$

Komponen gaya tangensial atau gaya yang bekerja sejajar irisan (Tw) adalah :

$$Tw = \tau.l.1 \quad (19)$$

Substitusi persamaan (11) pada persamaan (19) menghasilkan:

$$Tw = \frac{S}{F}.l.1 \quad (20)$$

Persamaan (19) identik dengan persamaan (13) sehingga Tw dapat dinyatakan sebagai:

$$Tw = S \quad (21)$$

Dengan memasukkan harga s dari persamaan (18) maka persamaan (19) dapat dinyatakan kembali menjadi:

$$Tw = \left[ \frac{1}{F} (c'.l + \{Pw - u.l\} \tan\phi') \right] \quad (22)$$

Komponen gaya normal (Pw) yang bekerja pada pusat alas irisan akibat berat sendiri tanah (W) adalah:

$$Pw = W. \cos\alpha \quad (23)$$

Komponen gaya tangensial (Tw) akibat berat massa tanah adalah:

$$Tw = W. \sin\alpha \quad (24)$$

Selanjutnya dengan menguji keseimbangan momen dari seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi yaitu titik O maka diperoleh suatu bentuk persamaan:

$$\sum M = 0 \quad (25)$$

$$\sum W.l.w - \sum Tw.R = 0 \quad (26)$$

Dengan:  $lw = x = R. \sin \alpha$

$$Tw = \left[ \frac{1}{F} (c'.l + \{Pw - u.l\} \tan\phi') \right] \quad (27)$$

Dengan memasukkan nilai lw dan Tw kedalam persamaan (26) diperoleh:

$$\sum WR \sin \alpha - \sum \left[ \frac{1}{F} (c'.l + \{Pw - u.l\} \tan\phi') \right] R = 0 \quad (28)$$

$$\sum WR \sin \alpha = \sum \left[ \frac{1}{F} (c'.l + \{Pw - u.l\} \tan\phi') \right] R \quad (29)$$

$$\sum W \sin \alpha = \frac{1}{F} \sum [c'.l + \{Pw - u.l\} \tan\phi'] \quad (30)$$

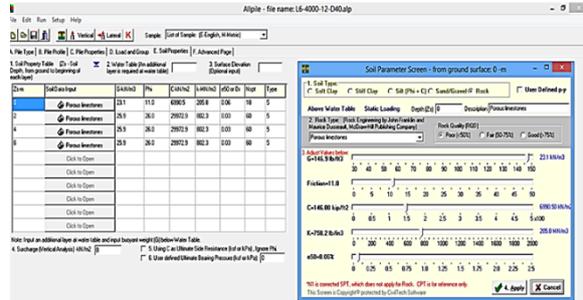
F pada ruas kanan ditukarkan dengan komponen momen l gaya penggerak longsor yaitu  $\sum W \sin \alpha$  maka diperoleh suatu persamaan faktor keamanan sebagai berikut :

$$F = \frac{c'.l + \tan\phi. \sum (W. \cos\alpha - u.l)}{\sum W. \sin\alpha} \quad (31)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data sekunder, data batu kapur disusun dalam bentuk tabel dan diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data dari software AllPile



Tabel 2. Data dari Literatur

No	Kode Sampel	Litologi	Nilai GSI	$\sigma_{ci}$ (MPa)	D	m	$m_b$	S	a	c (MPa)	$\phi$ (°)	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$\sigma_{ci}$ (MPa)
1	OC-1	Batugamping	64	30	0,7	10	1,383	0,0054	0,502	0,477	45,52	2,185	-0,118	4,920
2	OC-2	Batugamping	65	30	0,7	10	1,462	0,0063	0,502	0,496	45,94	2,351	-0,129	5,085
3	OC-3	Batugamping	59	26	0,7	10	1,051	0,0026	0,503	0,350	42,95	1,309	-0,065	3,630
4	OC-4	Batugamping	59	26	0,7	10	1,051	0,0026	0,503	0,356	42,86	1,309	-0,065	3,630
5	OC-5	Batugamping	66	30	0,7	10	1,544	0,0072	0,502	0,522	46,28	2,630	-0,141	5,287
6	OC-6	Batugamping	65	26	0,7	10	1,462	0,0063	0,502	0,456	44,97	2,038	-0,111	4,407
7	OC-7	Batugamping	58	26	0,7	10	0,996	0,0023	0,503	0,343	42,25	1,215	-0,059	3,517
8	OC-8	Batugamping	66	28	0,7	10	1,544	0,0072	0,502	0,499	45,63	2,362	-0,131	4,907
9	OC-9	Batugamping	66	28	0,7	10	1,544	0,0072	0,502	0,493	45,04	2,362	-0,131	4,907
10	OC-10	Batugamping	59	26	0,7	10	1,051	0,0026	0,503	0,347	43,06	1,309	-0,065	3,630
11	OC-11	Batugamping	59	26	0,7	10	1,051	0,0026	0,503	0,355	42,72	1,309	-0,065	3,630
12	OC-12	Batugamping	64	30	0,7	10	1,383	0,0054	0,502	0,475	45,61	2,185	-0,118	4,920
13	OC-13	Batugamping	66	28	0,7	10	1,544	0,0072	0,502	0,501	45,74	2,362	-0,131	4,907
14	OC-14	Batugamping	60	26	0,7	10	1,110	0,0030	0,503	0,398	43,12	1,409	-0,071	3,747
15	OC-15	Batugamping	59	26	0,7	10	1,051	0,0026	0,503	0,360	43,96	1,309	-0,065	3,630
16	OC-16	Batugamping	64	26	0,7	10	1,383	0,0054	0,502	0,432	44,73	1,893	-0,102	4,264
17	OC-17	Batugamping	65	26	0,7	10	1,462	0,0063	0,502	0,475	45,50	2,194	-0,120	4,745
18	OC-18	Batugamping	66	26	0,7	10	1,544	0,0072	0,502	0,454	46,20	2,193	-0,122	4,556
19	OC-19	Batugamping	60	26	0,7	10	1,110	0,0030	0,503	0,398	43,12	1,409	-0,071	3,747
20	OC-20	Batugamping	60	26	0,7	10	1,110	0,0030	0,503	0,391	43,37	1,518	-0,077	4,035

Sumber: Wijaya E. A. R, Isnawan D, (2015)

Sesuai dengan data sekunder yang didapat maka data dapat disimpulkan pada Tabel 3.

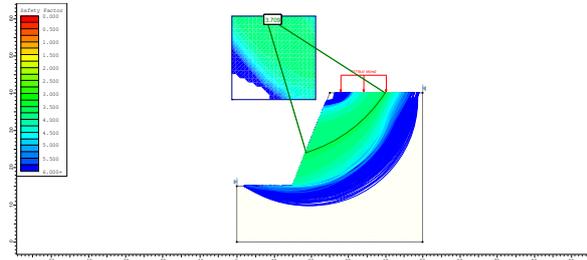
Tabel 3. Hasil pengumpulan data sekunder

Parameter		data dari AllPile (Mohr Coulomb)	data dari Literatur (Hoek-Brown)	data dari Literatur (Mohr Coulomb)
Berat Volume (γ)	kN/m3	25.9	22.65	22.65
Kohesi (c)	kN/m2	29972.9	-	477
Phi (φ)	°	26	-	45.52
UCS	kN/m2	-	30000	-
s	-	-	0.0054	-
m	-	-	10	-

Dengan memasukkan data pada Tabel 3, maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

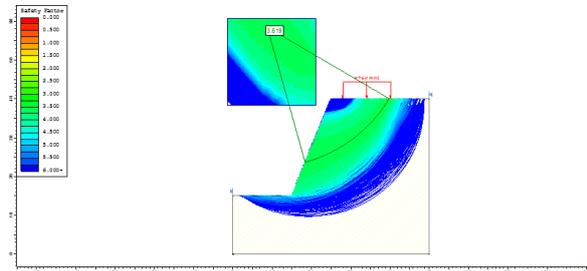
Faktor Keamanan dari data AllPile

Metode Bishop Simplified



Gambar 2. Faktor Keamanan metode Bishop Simplified strength type mohr coulomb = 3.709

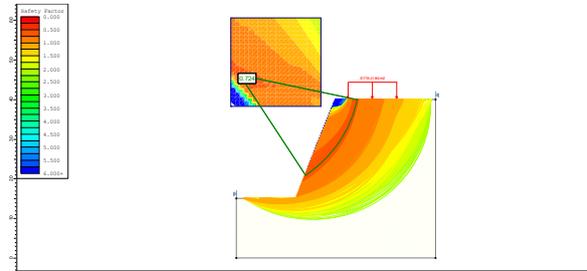
Metode Fellenius



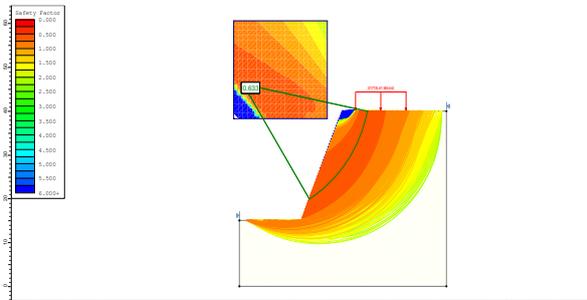
Gambar 3. Faktor Keamanan metode Fellenius strength type mohr coulomb = 3.619

Faktor Keamanan dari data Literatur

Metode Bishop Simplified

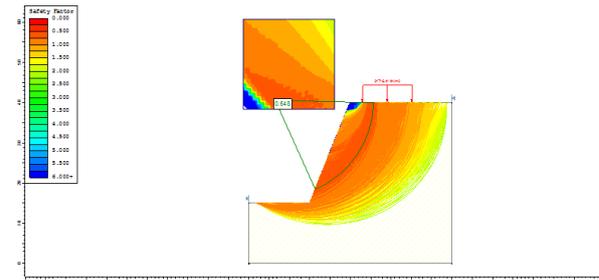


Gambar 4. Faktor Keamanan metode Bishop Simplified strength type Hoek-Brow = 0.724

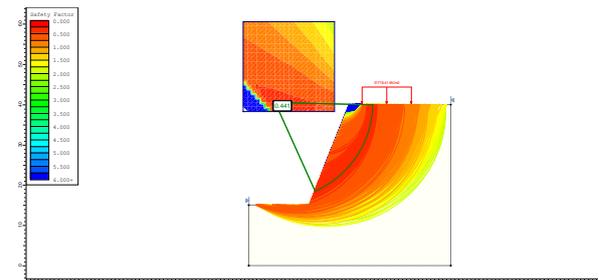


Gambar 5. Faktor Keamanan metode Bishop Simplified strength type mohr coulomb = 0.633

Metode Fellenius



Gambar 6. Faktor Keamanan metode Fellenius strength type Hoek-Brown = 0.648



Gambar 7. Faktor Keamanan metode Fellenius strength type mohr coulomb = 0.441

Perhitungan Manual Faktor Keamanan

Faktor keamanan yang dihitung secara manual diperlihatkan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4. Perhitungan Manual Faktor Keamanan metode Bishop Simplified strength type mohr coulomb dari data AllPile

Faktor yang ditanyakan = 3.709													
φ = 26		c = 20972.9 kN/m <sup>2</sup>		q = 31738.14 kN/m <sup>2</sup>		L = 12.287							
ru = 0		Q = 398049 kN/m											
NO. slice	b (m)	h (m)	y (kN/m <sup>3</sup> )	W (kN/m)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c.l (kN/m)	α	φ	W sin α (kN)	(c-b)W (1-r <sub>u</sub> ) tan α (kN)	(1-tan α) tan α (kN)	1 / cos α (1-tan α) tan α (kN)	
1	4.561			387056			19.92	26	131851.23	117310.2912	1.047645342	0.98498512	1610988.348
2	4.309			387085			26.93	26	175188.861	137923.7213	1.066719517	0.951319242	1568164.303
3	4.288	5.196	25.9	387126	29973		34.38	26	218587.426	317344.6735	1.089363504	0.8995865	1763921.035
4		5.826		387196			42.61	26	262111.561	317378.8241	1.120943985	0.825049411	1923278.207
5		6.993		387236			50.38	26	309399.048	317442.0421	1.167983689	0.717075976	2112951.071
									Σ	1093668.13	1586799.551	6.377932249	8179208.964
									Σ	128531			
									$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' + W_i (1 - r_u) \tan \alpha] \cos \theta_i}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$				
									F = 3.709338				

Tabel 5. Perhitungan Manual Faktor Keamanan metode Fellenius strength type mohr coulomb dari data AllPile

PERHITUNGAN MANUAL FAKTOR KEAMANAN KESTABILAN LERENG BATU KAPUR METODE FELLENIUS (MOHR COULOMB)												
Dik =		φ = 26		c = 20972.9 kN/m <sup>2</sup>		q = 31738.14 kN/m <sup>2</sup>						
		α = 0		Q = 398049 kN/m		L = 12.287						
NO. slice	l (m)	h (m)	y (kN/m <sup>3</sup> )	W (kN/m)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c.l (kN/m)	α	φ	W sin α (kN)	W cos α (kN/m)	(W cos α - ul) tan φ ± (W cos α - ul) (kN/m)	
1		4.555		387057			19.06	26	126401.02	362835.7	365835.706	
2		4.809		387085			26.47	26	172530.32	346508.6	346508.627	
3	4.305	5.218	25.9	387131	29973		34.4	26	218732.82	319415.3	319415.342	
4		5.906		387208			43.21	26	265094.29	282231.6	282231.593	
5		7.76		387358			53.63	26	311906.33	229697.6	229697.635	
									Σ	1094664.8	1543688.9	752907.3848
									Σ	1E+05		
									$F = \frac{c' l + \tan \phi \sum (W_i \cos \alpha - u_i l)}{\sum W_i \sin \alpha}$			
									F = 0.85672			

Tabel 6. Perhitungan Manual Faktor Keamanan metode *Bishop Simplified strength type* mohr coulomb dari data Literatur

PERHITUNGAN MANUAL FAKTOR KEAMANAN KESTABILAN LERENG BATU KAPUR METODE BISHOP SIMPLIFIED (MOHR COULOMB)											
Dik =											
$\phi = 45.52$											
$\alpha = 0$											
$c = 477 \text{ kN/m}^2$											
$q = 31718.14 \text{ kN/m}^2$											
$L = 12.187 \text{ m}$											
NO. slice	b (m)	h (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	W (kN/m)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c.l (kN/m)	α	φ	Wsinα (kN/m)	Wcosα (kN/m)	(Wcosα - ul) tanφ ± (Wcosα - ul) (kN/m)
1	3.842	3.86770.1	19.99	76.91	45.52	1733.7598	27.7	45.52	179778	342441	342440.98
2	1.771	3.86770.1	19.99	35.76	45.52	1733.7598	35.76	45.52	226056	313847	313846.96
3	2.895	4.301	22.65	65.88	45.52	1733.7598	44.79	45.52	272497	274540	274540.23
4	5.304	3.86770.1	19.99	106.91	45.52	1733.7598	55.66	45.52	319449	218250	218249.83
5	8.517	3.87096	19.99	170.91	45.52	1733.7598	75.2	45.52	374436	98958	98957.583
						1381			1372215	1248035.6	1270897.323

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + W_i (1 - r_s) \tan \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$

Tabel 7. Perhitungan Manual Faktor Keamanan Metode Fellenius *strength type* mohr coulomb dari data Literatur

PERHITUNGAN MANUAL FAKTOR KEAMANAN KESTABILAN LERENG BATU KAPUR METODE FELLENIUS (MOHR COULOMB)											
Dik =											
$\phi = 45.52$											
$\alpha = 0$											
$c = 477 \text{ kN/m}^2$											
$q = 31718.14 \text{ kN/m}^2$											
$L = 12.187 \text{ m}$											
NO. slice	l (m)	h (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	W (kN/m)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c.l (kN/m)	α	φ	Wsinα (kN/m)	Wcosα (kN/m)	(Wcosα - ul) tanφ ± (Wcosα - ul) (kN/m)
1	3.27	3.86770.1	19.99	65.88	45.52	1733.7598	27.7	45.52	179778	342441	342440.98
2	3.568	3.86770.1	19.99	71.88	45.52	1733.7598	35.76	45.52	226056	313847	313846.96
3	2.895	4.079	22.65	65.88	45.52	1733.7598	44.79	45.52	272497	274540	274540.23
4	5.132	3.86885.5	19.99	106.91	45.52	1733.7598	55.66	45.52	319449	218250	218249.83
5	11.33	3.87292	19.99	226.06	45.52	1733.7598	75.2	45.52	374436	98958	98957.583
						1381			1372215	1248035.6	1270897.323

$$F = \frac{c'l + \tan \Phi \cdot \Sigma (W \cdot \cos \alpha - ul)}{\Sigma W \cdot \sin \alpha}$$

**HASIL ANALISIS**

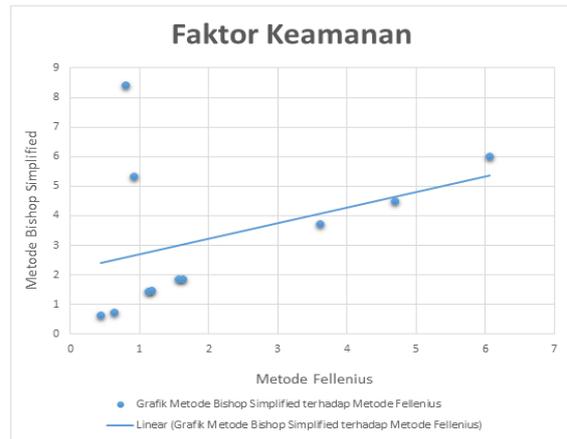
Dari pemodelan dan pembahasan diatas, diperoleh perbandingan nilai faktor keamanan antara *strength type* mohr coulomb dan hoek-brown. Hasil analisis ini dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil analisis menggunakan *Slide 6.0* dan hasil perhitungan manual

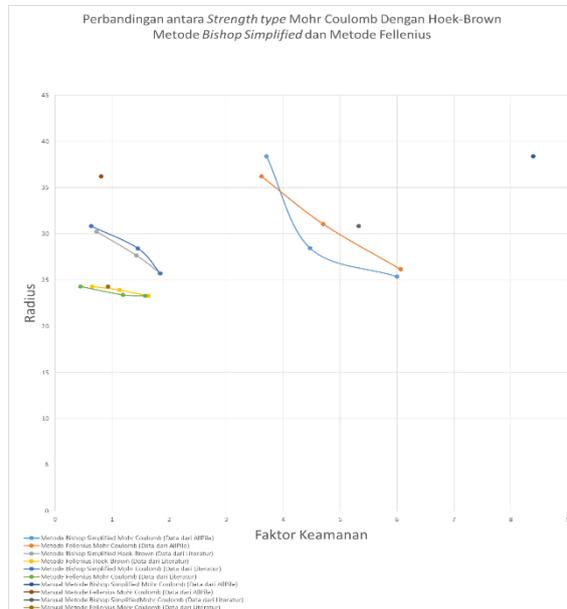
Strength Type	Radius			Faktor Keamanan		
	1	2	3	1	2	3
Metode Bishop Simplified Mohr Coulomb (Data dari AllPile)	38.408	28.45	25.378	3.709	4.474	5.998
Metode Fellenius Mohr Coulomb (Data dari AllPile)	36.234	31.06	26.16	3.619	4.705	6.064
Metode Bishop Simplified Hoek-Brown (Data dari Literatur)	30.258	27.677	25.72	0.724	1.424	1.849
Metode Fellenius Hoek-Brown (Data dari Literatur)	24.308	23.917	23.293	0.648	1.131	1.633
Metode Bishop Simplified Mohr Coulomb (Data dari Literatur)	30.842	28.428	25.72	0.633	1.454	1.844
Metode Fellenius Mohr Coulomb (Data dari Literatur)	24.308	23.404	23.293	0.441	1.189	1.58
Manual Metode Bishop Simplified Mohr Coulomb (Data dari AllPile)	38.408			8.393		
Manual Metode Fellenius Mohr Coulomb (Data dari AllPile)	36.234			0.806		
Manual Metode Bishop Simplified Mohr Coulomb (Data dari Literatur)	30.842			5.326		
Manual Metode Fellenius Mohr Coulomb (Data dari Literatur)	24.308			0.927		

Tabel 9. Perbandingan antara metode *Bishop Simplified* dan metode Fellenius

Metode Bishop Simplified	Metode Fellenius
3.709	3.619
4.474	4.705
5.998	6.064
0.724	0.648
1.424	1.131
1.849	1.633
0.633	0.441
1.454	1.189
1.844	1.58
8.39282	0.805671692
5.32585	0.927171009



Grafik 1. Perbandingan Faktor Keamanan antara metode *Bishop Simplified* dan metode Fellenius



Grafik 2. Perbandingan Faktor Keamanan antara *strength type* Mohr Coulomb dan Hoek-Brown metode *Bishop Simplified* dan *Fellenius*

**KESIMPULAN**

Sesuai dengan hasil analisis kelongsoran pada lereng batu kapur di lokasi perencanaan bangunan Hotel Tasangkapura dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor Keamanan metode *Bishop Simplified* lebih besar dari metode Fellenius untuk tinjauan pertama dan faktor keamanan metode Fellenius lebih besar dari metode *Bishop Simplified* pada tinjauan kedua dan ketiga dengan beban  $q = 31718.41 \text{ kN/m}^2$ .
2. Berdasarkan hasil *Slide 6.0*, metode *Bishop Simplified* mendapatkan faktor keamanan 3.709 pada tinjauan pertama, 4.474 pada

- tinjauan kedua dan 5.998 pada tinjauan ketiga dan metode Fellenius mendapatkan faktor keamanan 3.619 pada tinjauan pertama, 4.705 pada tinjauan kedua dan 6.064 pada tinjauan ketiga.
3. Berdasarkan perhitungan manual metode *Bishop Simplified* mendapatkan faktor keamanan 8.393 dan metode Fellenius mendapatkan faktor keamanan 0.806, metode Fellenius tidak memenuhi faktor keamanan karena tidak memperhitungkan gaya-gaya antar irisan dan tidak dilakukan iterasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Das Braja, 1995. M. Endah Noor. Mochtar Indrasurya B. *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jilid 2 Erlangga. Jakarta.
- HLA, Hasria dan Jahidin 2012. *Karakteristik Sifat Fisika Batu Kapur di Desa Labaha Kecamatan Watopute Kabupaten Muna*. Kendari. Jurnal Aplikasi Fisika Vol. 8 No.2, Agustus 2012.
- Hoek-Brown. 1998. *The Hoek-Brown Failure Criterion*, 15<sup>th</sup> Canadian Rock Mechanics Symposium, Australian.
- Loros G. J., A. E Turangan dan O. B. A. Sompie, 2014. *Analisis Kestabilan Lereng Metode Lowe-Karafiath: Studi Kasus Glory Hill Citraland*. Manado. Tekno Vol.15/No.67/April 2017.
- Manoppo C., F. J. Manoppo, dan S. G. Rondonuwu, 2017. *Analisis Perkuatan Tanah dengan Metode Sand Compaction Pile pada Tanah Rawa (Studi Kasus: Jalan Tol Manado-Bitung Sulut)*. Jurnal Sipil Statik Vol. No.6 Agustus 2017.
- Muhammad, A., Nurhakim dan Hakim, 2016. *Analisis Kestabilan Lereng Desain XYZ Tahun 2016 di Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan*. Banjarmasin Jurnal Himasapta Vol.1 No.2, Agustus 2016.
- Pangemanan V., A. E Turangan dan O. B. A. Sompie, 2014. *Analisis Kestabilan Lereng Metode Fellenius: Study Kasus Kawasan Citraland*. Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.1, Januari 2014
- Riogilang, Hendra., 2017. *Mekanika Batuan*, Bina Eksakta, Manado
- Terzaghi K. and Peck B. R., 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, Jilid 1 Erlangga. Jakarta.
- Turangan, A. E., S. Monintja dan O. B. A. Sompie, 2014. *Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop: Studi Kasus Kawasan Citraland sta. 1000 m*. Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.2. No.3, Maret 2014
- Wijaya E. A. R, dan D. Isnawan, 2015. *Analisis Kekuatan Massa Batu Gamping dengan menggunakan Kaidah Hoek-Brown Failure Criterion-Roclab di Daerah Gunung Sudo Kabupaten Gunung Kidul Yogyakarta*. Yogyakarta. Jurnal Promine Vol.3 Hal.21-35, Juni 2015.

Wyllie, D. C., and Mah, C. W., 2014. *Rock Slope Engineering. Civil and Mining Engineering*, 4<sup>th</sup> Ed., Spon Press, New York.