

Stabilitas Lereng Pada Bangunan Penahan

Arnold Windara, Ravindra Cairo

arnoldwindara@gmail.com

Abstrak. *Thus, the slope at Building C of the Faculty of Economics of Cenderawasih University needs to be handled in the form of evaluation or review of the plaster structure (talud), by improving the dimensions, and the slope is analyzed by drained conditions, the slope becomes stable as the slope safety factor changes to 1.557 . which according to the safety factor (SF) slope is more than 1.5, and the calculation of Stabilita against shear of slope safety factor is 1,678, which according to safety factor more 1.5. Means that the wall is able to withstand the moment of land that works*

Keywords : Bishop, Slope, Plaxis, Stability

Intisari. *Dengan demikian, maka lereng pada Gedung C Fakultas ekonomi Universitas Cenderawasih perlu diberi penanganan berupa evaluasi atau peninjauan kembali struktu turap (talud), dengan cara perbaikan dimensi, dan lereng dianalisis dengan kondisi terdrainase, maka lereng menjadi stabil karena faktor keamanan lereng berubah menjadi sebesar 1,557. yang menurut faktor keamanan (SF) lereng lebih dari 1,5, dan perhitungan Stabilita terhadap geser faktor keamanan lereng adalah 1,678, yang menurut faktor keamanan lebih 1,5. Berarti dinding tersebut mampu menahan momen tanah yang bekerja.*

Kata kunci : Bishop, Lereng, Plaxis, Stabilitas

PENDAHULUAN

Secara geografis sebagian besar wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia berada pada kawasan rawan bencana alam. Termaksud di Wilayah Provinsi Papua, dan salah satu bencana alam yang sering terjadi adalah bencana longsor. Sejalan dengan proses pembangunan berkelanjutan perlu diupayakan pengaturan dan pengarahannya terhadap kegiatan – kegiatan yang dilakukan dengan prioritas utama pada penciptaan keseimbangan lingkungan. Salah satu upaya yang diambil adalah melalui pelaksanaan penataan ruang yang berbasis mitigasi bencana alam agar dapat ditingkatkan keselamatan dan kenyamanan kehidupan dan penghidupan masyarakat terutama di kawasan rawan bencana longsor. Kondisi lingkungan pada sekitar lokasi studi terdapat beberapa mata air.

Dengan kondisi geometrik lereng yang ada dapat mengakibatkan terjadinya longsor, apabila tidak di tangani dengan serius. Pada lokasi studi yang penulis ambil di gedung c fakultas ekomoni universitas cenderawasih terjadi penurunan sedalam 22 meter dengan lebar lereng tersebut lebih dari 25 meter. Lereng tersebut akan terjadi penurunan pada saat intensitas hujan tinggi.

Kondisi morfologi berupa perbukitan bergelombang, dinding penahan turap atau talud berada di bawah lereng, derajat pelapukan tinggi, adanya perembesan air pada kaki lereng, tidak ada aktivitas pengambilan material di sekitar lokasi. dan kasus ini berada di atas lokasi kampus. Sehingga perlu dilakukan penelitian mencari penyebab dan bagaimana cara penanganan longsor tersebut.. Adanya perkuliahan dengan kondisi yang aman dan nyaman sangatlah diharapkan bagi mahasiswa/i.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode Bishop

Metode Bishop menganggap bahwa gaya – gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955).

Klasifikasi Longsor

Penetapan klasifikasi longsor dimaksudkan untuk menyeragamkan istilah, memudahkan pengenalan tipe longsor, membantu dalam menentukan penyebab longsor dan pemilihan cara penanggulangannya.

❖ Klasifikasi longsor ditetapkan berdasarkan:

- Jenis material dan batuan dasarnya.
- Jenis gerakan atau mekanisme longsor dengan di skripsi lengkap mengenai bentuk bidang longsor atau gelincir.

Pengertian Stabilitas Gerakan Tanah Atau Longsor

a. Klasifikasi Longsor

Penetapan klasifikasi longsor dimaksudkan untuk menyeragamkan istilah, memudahkan pengenalan tipe longsor, membantu dalam menentukan penyebab longsor dan pemilihan cara penanggulangannya. Klasifikasi longsor ditetapkan berdasarkan :

- Jenis material dan batuan dasarnya.
- Jenis gerakan/ mekanisme longsor dengan diskripsi lengkap mengenai bentuk bidang longsor/ gelincir.

Tabel 1 Klasifikasi Longsor

JENIS GERAKAN			JENIS MATERIAL		
			BATU	TANAH	
				BUTIR KASAR	BUTIR HALUS
Runtuhan			Runtuhan batu	Runtuhan bahan rombakan	Runtuhan tanah
Jungkiran			Jungkiran batu	Jungkiran bahan rombakan	Jungkiran tanah
Gelinciran	Rotasi	Sedikit	Nendatan batu	Nendatan bahan rombakan	Nendatan tanah
	Translasi	Banyak	Gelincir bongkahan batu	Gelincir bongkah bahan rombakan	Gelincir bongkah tanah
			Gelincir batu	Gelincir bahan rombakan	Gelincir tanah
	Gerakan Lateral			Gerakan Lateral batu	Gerakan lateral bahan rombakan
Aliran			Aliran batu	Aliran bahan rombakan	Aliran tanah
			(rayapan tanah)		
Majemuk			Gabungan dua atau lebih tipe gerakan		

Metode Peninjauan

- Kriteria Peninjauan dan Pembebanan

Kriteria peninjauan untuk penanggulangan keruntuhan lereng meliputi faktor keamanan dan pembebanan. Pembebanan yang diperhitungkan dalam peninjauan adalah beban gempa, berdasarkan tabel berikut. Pengaruh beban gempa diikutsertakan jika keruntuhan lereng berada pada area bangunan dengan kepentingan yang strategis. Percepatan gempa diperoleh dengan menghubungkan zona gempa dengan tipe tanahnya serta frekuensi dasar (*fundamental frequency*) bangunan. Dalam hal ini, beban siklis yang ditimbulkan oleh beban gempa akan mengurangi kuat geser tanah residual.

- Faktor Keamanan

Tingkat kestabilan lereng (faktor keamanan FS) terhadap longsor menurut *Bowles* disebutkan bahwa lereng termasuk labil bila $FS < 1,07$; lereng kritis $1,07 < FS < 1,50$; lereng stabil $FS > 1,50$. Secara umum faktor keamanan suatu lereng merupakan perbandingan nilai rata – rata kuat geser tanah / batuan di sepanjang bidang keruntuhan kritisnya terhadap beban yang diterima lereng di sepanjang bidang keruntuhannya. Terkait dengan analisis kestabilan lereng perlu dimasukkan faktor keamanan yang mengacu pada standar, seperti yang disajikan pada tabel berikut. Adapun persyaratan dalam alinyemen vertikal yang harus dipenuhi meliputi:

Tabel 2 Faktor Keamanan Minimum Kemantapan Lereng

Risiko *)	Kondisi Beban	Parameter Kuat Geser **)			
		Maksimum		Sisa	
		Teliti	Kurang Teliti	Teliti	Kurang Teliti
Tinggi	Dengan Gempa	1,50	1,75	1,35	1,50
	Tanpa Gempa	1,80	2,00	1,60	1,80
Menengah	Dengan Gempa	1,30	1,60	1,20	1,40
	Tanpa Gempa	1,50	1,80	1,35	1,50
Rendah	Dengan Gempa	1,10	1,25	1,00	1,10
	Tanpa Gempa	1,25	1,40	1,10	1,20

Keterangan:

*)

- Resiko tinggi bila ada konsekuensi terhadap manusia cukup besar (ada permukiman), dan atau bangunan sangat mahal, dan atau sangat penting
- Resiko menengah bila ada konsekuensi terhadap manusia tetapi sedikit (bukan permukiman), dan atau bangunan tidak begitu mahal dan atau tidak begitu penting.
- Resiko rendah bila tidak ada konsekuensi terhadap manusia dan terhadap bangunan (sangat murah)

**) ➤ Kekuatan geser maksimum adalah harga puncak dan dipakai apabila massa tanah/ batuan yang potensial longsor tidak mempunyai bidang diskontinuitas (perlapisan, retakan/ rekahan, sesar, dan sebagainya) dan belum pernah mengalami gerakan

➤ Kekuatan geser residual dipakai apabila:

- Massa tanah/batuan yang potensial bergerak mempunyai bidang diskontinuitas, dan atau
- Pernah bergerak walau tidak mempunyai bidang diskontinuitas

Parameter Tanah

- Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir
- Dari pengujian alat sondir di lapangan, didapatkan data berupa tekanan konus (p_k/q_c) dan jumlah perlawanan (j_p) dan dari data tersebut dapat diketahui hambatan pelekter (h_l/f_s). Maka dari data tersebut dapat diketahui klasifikasi tanah seperti tabel berikut. Tabel klasifikasi tanah berdasarkan data sondir :

Tabel 3 Klasifikasi Tanah

Hasil Sondir	Klasifikasi	
q_c	f_s	
6,0	0,15 – 0,4	Humus, lempung sangat lunak
6,0 – 10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20 – 0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0 – 30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10 – 0,40	Pasir lepas
	0,40 – 0,80	Lempung atau lempung kelanauan
	0,8 – 2,00	Lempung agak kental
30 – 60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0 – 3,0	Lempung atau lempung kelanauan kental
60 – 150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0 – 3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekenikilan kental
150 – 300	1,0 – 2,0	Pasir padat, pasir kekenikilan, pasir kasar pasir, pasir kelanauan sangat padat

Dari nilai q_c , dapat dikorelasikan terhadap konsistensi tanah pada suatu lapisan tanah. Hubungan antara konsistensi terhadap tekanan konus dan undrained cohesion adalah sebanding dimana semakin tinggi nilai c dan q_c , maka semakin keras tanah tersebut

Analisis Kestabilan Lereng

Secara umum tahapan analisis kestabilan lereng adalah evaluasi dan interpretasi parameter hasil investigasi, penentuan stratifikasi lereng, penentuan tipe bidang gelincir dan analisis, serta analisis stabilitas kondisi lereng dengan dan tanpa penanganan

- Evaluasi dan Interpretasi Parameter
- Tahapan ini menjelaskan evaluasi kondisi detail topografi, geologi, kekuatan geser, kondisi muka air dan beban – beban eksternal yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas lereng.

- Stratifikasi Penampang Lereng

Stratifikasi penampang lereng adalah suatu penampang yang menunjukkan urutan lapisan tanah/ batuan sepanjang yang dikehendaki dari muka tanah sampai batas kedalaman penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah/ batuan. Penampang ini dihasilkan dari korelasi lapisan yang didapat dari beberapa penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah/ batuan. dari korelasi lapisan yang didapat dari beberapa penyelidikan pemboran mesin atau pemboran tangan. Gambaran dan bentuk lapisan tanah hasil korelasi dari titik – titik pemboran, sangat ditentukan oleh kondisi geologi setempat, jarak titik penyelidikan, metode

penyelidikan, cara dan kecermatan pelaksanaan penyelidikan. Stratifikasi penampang lereng dibuat pada sepanjang keruntuhan lereng atau yang dikehendaki dengan menggunakan peta geoteknik, peta topografi dan profil bor.

c. *Limit Equilibrium Method (LEM)*

LEM adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metoda analisis ini pertama-tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu: bidang kelongsoran berbentuk circular dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk non-circular (bisa juga planar). Perhitungan dilakukan dengan membagi-bagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam irisan-irisan. Karena itu metoda ini dikenal juga dengan nama metoda irisan (*method of slice*). Dalam LEM ini faktor keamanan (*SF*), pada prinsipnya dihitung dari perbandingan antara kuat geser tanah, τ_f dengan gaya dorong

τ , atau perbandingan antara momen tahan (*RM*), terhadap momen dorong (*DM*), sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan :

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau} \text{ atau } SF = \frac{RM}{DM}$$

(ANALISA STABILITAS LERENG *LIMIT EQUILIBRIUM* vs *FINITE ELEMENT METHOD*, HATTI – PIT – XVI 2012, 4 – 5 Dec 2012, Hotel Borobudur, Jakarta)

Fellenius merupakan orang pertama yang mempublikasikan metoda irisan ini dan merupakan cara yang paling sederhana. Pada cara *Fellenius* semua gaya antar irisan diabaikan dan hanya memperhitungkan kesetimbangan momen. Cara ini dapat digunakan pada lereng – lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri dari atas beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur di dasar elemen dapat dianggap garis lurus. Berat total tanah/ batuan pada suatu elemen (W_t) termasuk beban luar yang bekerja pada permukaan lereng W_t , diuraikan dalam komponen tegak lurus dan tangensial pada dasar elemen. Dengan cara ini, pengaruh gaya T dan E yang bekerja disamping elemen diabaikan. Faktor keamanan adalah perbandingan momen penahan longsor dengan penyebab longsor. Pada

gambar momen tahanan geser pada bidang longsor adalah :

$$M_{\text{penahan}} = R \cdot r$$

Dimana :

R = gaya geser

r = jari-jari bidang longsor

Tahanan geser pada dasar tiap elemen adalah :

$$R = S \cdot b = b(c' + \alpha \tan \phi'); \quad \sigma = \frac{W_t \cos \alpha}{b}$$

Momen penahan yang ada sebesar :

$$M_{\text{penahan}} = r(c'b + W_t \cos \alpha \tan \phi')$$

Komponen tangensial W_t , bekerja sebagai penyebab longsor yang menimbulkan momen penyebab sebesar:

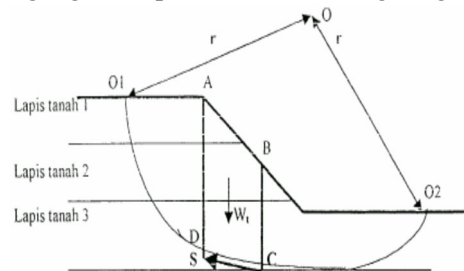
$$M_{\text{penyebab}} = (W_t \sin \alpha) \cdot r$$

Faktor keamanan lereng menjadi:

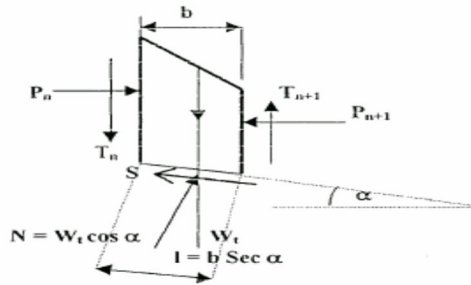
$$FK = \frac{\sum (c' b + W_t \cos \alpha \tan \phi')}{\sum W_t \sin \alpha}$$

Dimana :

u = tegangan air pori di dasar bidang longsor.



Gambar 1 Memilih irisan-irisan agar dasar busur hanya pada satu jenis tanah

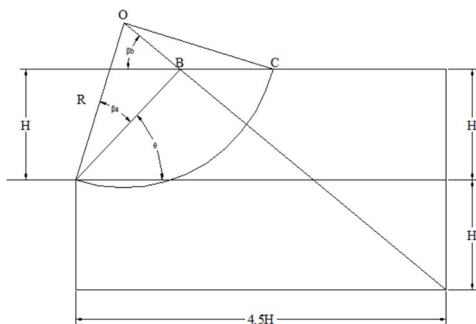


Gambar 2 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan tunggal

Dimana :

- W_t = Berat Tanah Irisan
- b = Lebar Irisan Arah Dasar Bidang Longsor
- $P_n ; P_{n+1}$ = Gaya Horizontal Yang Bekerja Pada Sisi Irisan
- $T_n ; T_{n+1}$ = Gaya Tangesial Pada Sisi Irisan
- N = Gaya Normal Yang Tegak Lurus Pada Bidang Longsor
- S = Kekuatan Geser Yang Bekerja Sepanjang Bidang Longsor
- α = Kemiringan Bidang Longsor

Untuk memudahkan cara *trial and error* terhadap stabilitas lereng maka titik – titik pusat bidang longsor yang berupa busur lingkaran harus ditentukan dahulu melalui suatu pendekatan seperti Gambar pertama,. Sedangkan untuk menentukan titik – titik O1, O2, O3.....On lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar kedua. Fellenius memberikan sudut-sudut petunjuk untuk menentukan lokasi titik pusat busur longsor kritis yang melalui tumit suatu lereng pada tanah kohesif (c-soil) seperti pada Tabel.

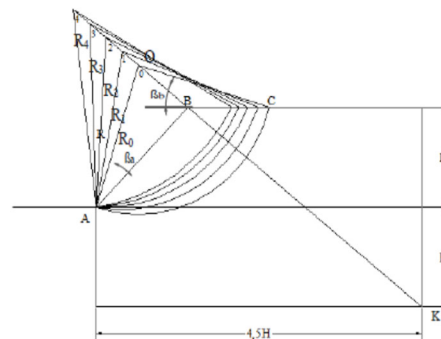


Gambar 3 Lokasi pusat busur longsor kritis pada tanah kohesif

Tabel 4 Sudut-Sudut Petunjuk Menurut Fellenius

Lereng 1 : n	Sudut Lereng (°)	Sudut – Sudut Petunjuk	
		ba	Bb
$\sqrt{3} : 1$	60°	~29°	~40°
1 : 1	45°	~28°	~38°
1 : 1,5	33° 41'	~26°	~35°
1 : 2	25° 34'	~25°	~35°
1 : 3	18° 26'	~25°	~35°
1 : 5	11° 19'	~25°	~37°

Pada tanah $\phi - c$ untuk menentukan letak titik pusat busur lingkaran sebagai bidang longsor yang melalui tumit lereng dilakukan secara coba-coba dimulai dengan bantuan sudut-sudut petunjuk Fellenius untuk tanah kohesif ($\phi = 0$). Grafik Fellenius menunjukkan bahwa dengan meningkatnya nilai sudut geser (ϕ) maka titik pusat longsor akan bergerak naik dari Oo yang merupakan titik pusat busur longsor tanah c ($\phi = 0$) sepanjang garis Oo-K yaitu O1, O2, O3,.....,On. Titik K merupakan koordinat pendekatan dimana $X = 4,5H$ dan $Y = 2H$, dan pada sepanjang garis Oo-K inilah diperkirakan terletak titik pusat bidang longsor. Dan dari busur longsor tersebut dianalisa masing-masing angka keamanannya untuk memperoleh nilai SF (*Safety Factor*) yang paling minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis, untuk lebih jelasnya lihat Gambar



Gambar 4 Posisi Titik Pusat Busur Longsor Pada Garis Oo-K

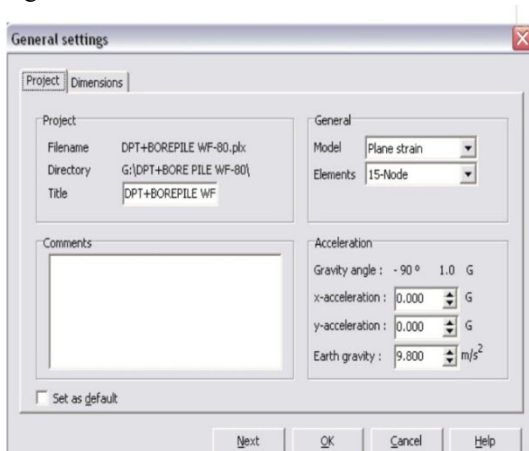
Finite Element Method (FEM)

Dalam metoda elemen hingga atau FEM, tidak dilakukan asumsi bidang longsor. Faktor keamanan dicari dengan mencari bidang lemah pada struktur lapisan tanah. Faktor keamanan didapatkan dengan cara mengurangi nilai kohesi, c , dan sudut geser dalam tanah, ϕ , secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan. Nilai faktor keamanan, kemudian dihitung sebagai:

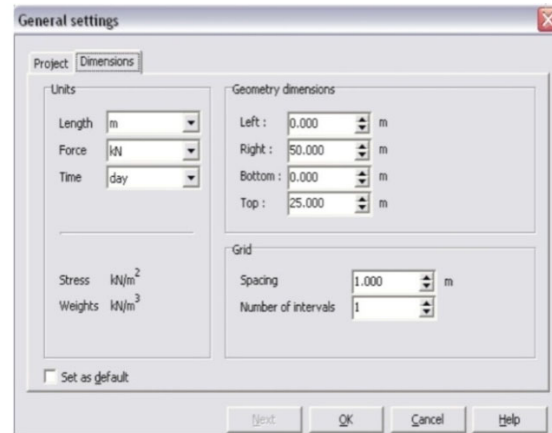
$$\Sigma MSF = \frac{c}{c_{reduced}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{reduced}}$$

Pengoperasian Program Plaxis V 8.2

Program *Plaxis V 8.2* merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisa deformasi dan stabilitas geoteknik dalam perencanaan – perencanaan sipil. Untuk memulai menggambarkan model lereng, kita sebaiknya mengatur ruang kerja dengan menentukan besarnya ruang untuk menggambar, skala yang digunakan dan menentukan satuan dalam *engineering units*. Langkah-langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

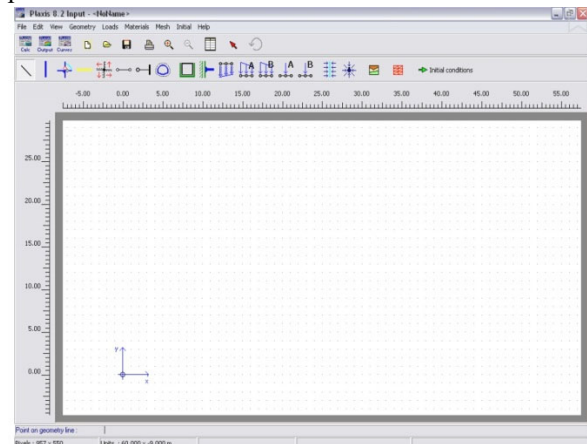


Gambar 5 General Setting – Project



Gambar 6 General Setting – Dimension

Apabila tahap pengisian *General Setting* telah selesai maka bidang gambar akan muncul dengan sumbu x dan y. Sumbu x menuju arah kanan (*horizontal*) dan sumbu y kearah atas (*vertikal*). Untuk membuat objek gambar dapat dipilih dari tombol ikon pada *toolbar* atau dari menu *Geometry* seperti terlihat pada Gambar 6 di bawah ini:

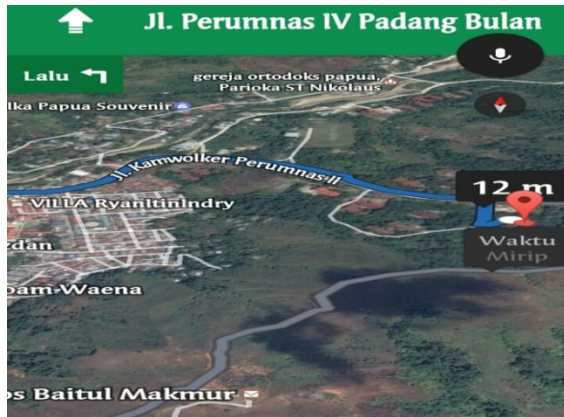


Gambar 7 Tampilan Plaxis Versi 8.2

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi dan interpretasi parameter

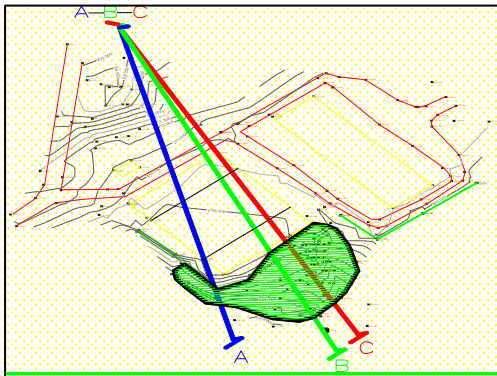
- Lokasi penelitian
Lokasi penelitian berada pada Gedung c Fakultas Ekonomi Universitas Cenderawasih. Berikut peta situasi longsor pada ruas jalan tersebut.



Gambar 8 Evaluasi Kelandaian

b. Topografi

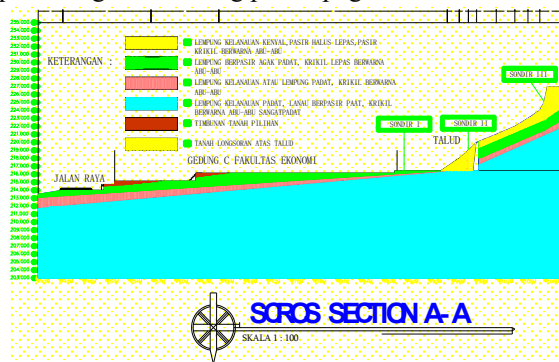
Survey topografi bertujuan untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan tanah yang berupa situasi dan ketinggian serta posisi kenampakan secara rinci di daerah titik – titik longsor dan sekitarnya. Hal ini sangat diperlukan dalam proses analisis kestabilan lereng.



Gambar 9 General Setting – Dimension

c. Penampang melintang.

Penampang melintang didapat dari hasil pemotongan melintang peta topografi.



Gambar 10 Penampang Melintang

Stratifikasi penampang lereng.

Stratifikasi penampang lereng merupakan pengurutan lapisan tanah dari muka tanah sampai batas kedalaman penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah berdasarkan titik penyelidikan. Kemudian dari lapisan – lapisan tersebut diplotkan ke dalam gambar yang menunjukkan bentuk lapisan – lapisan tersebut di dalam tanah. Berdasarkan penyelidikan dan analisis data yang telah dilakukan, maka didapatkan stratifikasi penampang lereng dengan lapisan – lapisan, sifat fisik dan teknik seperti tabel berikut:

Sondir

A. Sondir Titik 1

Tabel 5 Evaluasi Kelandaian

Depth d (m)	C _u (kg/cm ²)	T ₉₀ (kg/cm ²)	q _c C _u A ₉₀ (kPa)	Hambatan Lekat/f _s HL=(JP-PK)/10 (kg/cm ²)	
0.00	0	0	0.00	0	
0.20	0	0	0.00	0	
0.40	0	0	0.00	0	
0.60	0	0	0.00	0	
0.80	5	8	490.00	0.3	Pasir lepas
1.00	5	8	490.00	0.3	Pasir lepas
1.20	10	15	980.00	0.5	Pasir lepas
1.40	9	13	882.00	0.4	Pasir lepas
1.60	9	14	882.00	0.5	Pasir lepas
1.80	9	17	882.00	0.8	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan kril
2.00	10	17	980.00	0.7	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan kril
2.20	15	23	1470.00	0.8	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan kril
2.40	10	19	980.00	0.9	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan kril
2.60	30	46	2940.00	1.6	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
2.80	30	47	2940.00	1.7	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
3.00	55	68	3590.00	1.3	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
3.20	40	53	3020.00	1.3	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
3.40	135	143	13230.00	0.8	Pasir kelanauan atau lempung padat
3.60	100	115	9800.00	1.5	Lempung kelanauan agak padat
3.80	105	117	10290.00	1.2	Lempung kelanauan agak padat
4.00	150	164	14700.00	1.4	Pasir padat, kelanauan padat, lempung kelanauan dan kril berwama abu-abu
4.20	200	207	19800.00	0.7	Pasir padat, kelanauan padat, lempung kelanauan dan kril berwama abu-abu
4.40	230	235	22540.00	0.5	Pasir padat, kelanauan padat, lempung kelanauan dan kril berwama abu-abu

B. Sondir Titik 2

Tabel 6 Evaluasi Kelandaian

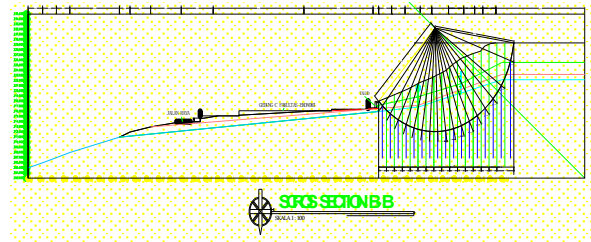
Depth d (m)	C _u (kg/cm ²)	T ₉₀ (kg/cm ²)	q _c C _u A ₉₀ (kPa)	Hambatan Lekat/f _s HL=(JP-PK)/10 (kg/cm ²)	
0.00	0	0	0.00	0	
0.20	0	0	0.00	0	
0.40	0	0	0.00	0	
0.60	2	5	196.00	0.3	Pasir lepas
0.80	3	7	294.00	0.4	Pasir lepas
1.00	5	8	490.00	0.3	Pasir lepas
1.20	9	13	882.00	0.4	Pasir lepas
1.40	9	13	882.00	0.4	Pasir lepas
1.60	4	11	392.00	0.7	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan kril
1.80	4	12	392.00	0.8	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan kril
2.00	10	16	980.00	0.6	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan kril
2.20	14	26	1372.00	1.2	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
2.40	23	35	2254.00	1.2	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
2.60	35	46	3430.00	1.1	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
2.80	51	65	4908.00	1.4	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
3.00	63	77	6174.00	1.4	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
3.20	90	104	8820.00	1.4	kril lepas berwama abu-abu, pasir kelanauan agak padat
3.40	130	146	12740.00	1.6	Pasir kelanauan atau lempung padat
3.60	95	110	9310.00	1.5	Lempung kelanauan agak padat
3.80	119	126	11662.00	0.7	Pasir padat, kelanauan padat, lempung kelanauan dan kril berwama abu-abu
4.00	210	216	20580.00	0.6	Pasir padat, kelanauan padat, lempung kelanauan dan kril berwama abu-abu

C. Sondir Titik 3

Tabel 7 Evaluasi Kelayakan

Depth d (m)	C_u (kg/cm ²)	T_u (kg/cm ²)	q_u $C_u A_{uc}$ 98 (kPa)	Hambatan Lekat/s HL=(JP-PK)/10 (kg/cm ²)	
0.00	0	0	0.00	0	
0.20	0	0	0.00	0	
0.40	0	0	0.00	0	
0.60	10	14	980.00	0.4	Pasir lepas
0.80	10	14	980.00	0.4	Pasir lepas
1.00	35	41	3430.00	0.6	Pasir lepas
1.20	40	49	3920.00	0.9	Lempung atau lempung kelanauan kenyal dan krikil
1.40	95	107	9310.00	1.2	krikil lepas berwana abu-abu, pasir kelanauan agak padat
1.60	140	155	13720.00	1.5	Pasir kelanauan atau lempung padat
1.80	190	203	18620.00	1.3	Pasir padat, kelanauan padat, lempung kelanauan dan krikil berwana abu-abu
2.00	210	218	20580.00	0.8	Pasir padat, kelanauan padat, lempung kelanauan dan krikil berwana abu-abu

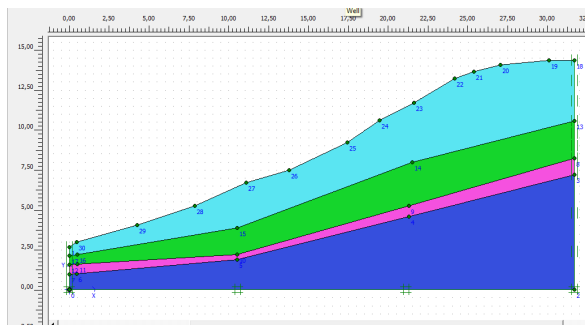
masing pias dicari titik pusatnya, kemudian ditarik garis lurus ke arah pusat longsor yang membentuk sudut – sudut pias tersebut



Gambar 13 Scros Section A – A

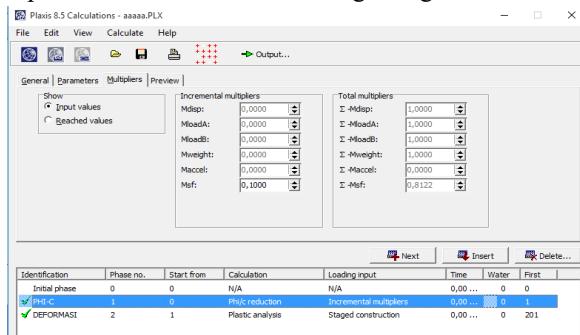
Permodelan dan Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Program Plaxis V 8.2

Sifat – sifat teknik lapisan tanah yang telah diolah melalui data sondir berupa stratifikasi kemudian diinput dalam program Plaxis V 8.2



Gambar 11 Permodelan Lereng asli di Program Plaxis 8.2

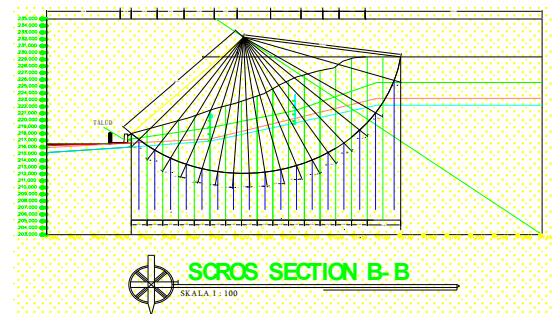
Dari hasil analisis Plaxis dengan kondisi asli menggunakan pemilihan *grid* dan radius maka diperoleh faktor keamanan lereng sebagai berikut :



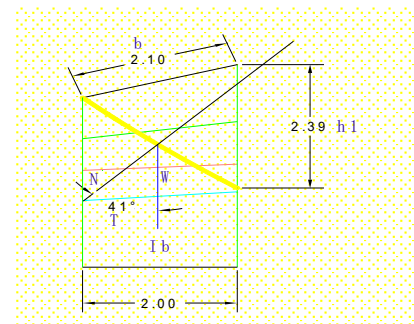
Gambar 12 Hasil Analisis Software Plaxis

Perhitungan Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop

Dengan metode ini, daerah longsor dibagi menjadi pias – pias yang membagi – bagi secara merata di sepanjang bidang gelincir. Dari masing –



Gambar 14 Scros Section B - B



Gambar 15 Irisan 1b

Gaya – gaya yang bekerja pada pias No. 1b yang berbentuk jajar genjang adalah sebagai berikut:

➤ Irisan 1b :

- h_1 = 2,39 m
- b = 2,10 m
- α = 41°
- l = 2,00 m
- Luas Irisan = Dengan ProgramBantu AutoCad 2014 Pilihan Menu *Inquiry*.

➤ **Luas irisan Ia tiap lapisan**

No	Lapisan	Luas (m2)
1	Lapisan 1	1,536
2	Lapisan 2	0,724
3	Lapisan 3	0,126
4	Lapisan 4	0

➤ **Perhitungan berat irisan (Wt) = γt x luas irisan**

No	Lapisan	Luas (m2)	γ (Kn/m3)	Berat/Wt (kN/m)
1	Lapisan 1	1,536	16,0	24,576
2	Lapisan 2	0,724	21,4	15,494
3	Lapisan 3	0,126	28,5	2,591
4	Lapisan 4	0	31,5	0
Jumlah :				43,66 kN/m

➤ **Resisting Force (N)**

$$= Wt \times \cos \alpha \times \tan 5$$

$$= 43,66 \times \cos (-41^\circ) \times \tan 5$$

$$= 2,88 \text{ kN/m}$$

➤ **Driving Force (T)**

$$= Wt \times \sin \alpha$$

$$= 43,66 \times \sin (-41^\circ)$$

$$= -28,64 \text{ kN/m}$$

➤ **Pengaruh kohesi sepanjang bidang gelincir = $c \times l$**

No	Lapisan	Kohesi (c)	Panjang (l)	Hasil
1	Lapisan 1	1,15	0,98	1,13
2	Lapisan 2	12,00	0,98	11,76
3	Lapisan 3	21,00	0,69	14,49
4	Lapisan 4	25,00	0	0
Jumlah :				27,38 kN/m

Keterangan :

W = Berat Tanah Irisan

C X L = Kekuatan Geser Yang Bekerja

Sepanjang Bidang Longsor

$W \cos \square \tan \square$ = Gaya Tangensial Pada Sisi Irisan

$W \sin \square$ = Gaya Horizontal Yang Bekerja Pada Sisi Irisan

Maka dapat dihitung jumlah keseluruhan momen yang menahan dan momen yang menyebabkan longsor dan

faktor keamanan berdasarkan rumus *Bishop* sebagai berikut:

➤ **Perhitungan faktor keamanan :**

$$FS = \frac{\sum \text{Resisting Force}}{\sum \text{Driving Force}}$$

$$FS = \frac{(\sum N + \sum c \times l)}{\sum T}$$

$$= \frac{(971,64 + 942,96)}{1876,07}$$

$$= 1,02$$

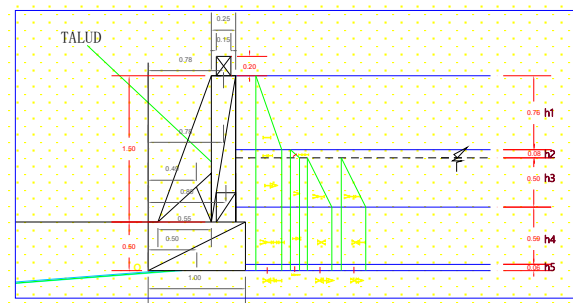
Dengan demikian, maka lereng pada Gedung C Fakultas Ekonomi Uncen termasuk aman karena menurut hasil perhitungan faktor keamanan lereng berdasarkan manual Bishop yaitu 1,02 yang menurut pendapat Bowles bahwa lereng termasuk aman bila faktor keamanan lebih dari 1,07.

Penanganan

Penanganan lereng pada Gedung C Fakultas Ekonomi Uncen tersebut dianalisis menggunakan metode manual bishop. seperti gambar berikut :

Tabel 8 Data Tanah Tiap Lapisan

Parameter	Nama	Satuan	Lapisan			
			Lap I	Lap II	Lap III	Lap IV
Model Material			MC	MC	MC	MC
jenis Perilaku			Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase
Berat isi tanah di atas a.a.t	$\square \square \square \square \square$	$\square \square \square \square \square$	15	20,4	27,5	30,5
Berat isi tanah di bwah a.a.t	$\square \square \square \square \square$	$\square \square \square \square \square$	16	21,4	28,5	31,5
Kohesi	C ref	$\square \square \square \square \square$	1,15	12	21	25
sudut Geser	$\square$		11	36	43	48



Gambar 16 Model Penampang Talud / Turap Dan Momen Yang Terjadi Pada Setiap Lapisannya

Menghitung Stabilitas Dinding Penahan Talud

➤ Data yang di ketahui :

a. Tebal lapisan Tanah

- Tebal Lapisan 1

$$h1 = 0,76 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan 2 Diatas M.a.t

$$h2 = 0,08 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan 2 Dibawah M.a.t

$$h3 = 0,50 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan 3

$$h4 = 0,59 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan 4

$$h5 = 0,06 \text{ m}$$

b. Data Lapisan Tanah

- Tanah Lapisan 1 :

▪ Kohesi ($c1$) = 1,15 kM/m²

▪ Gamma tanah ($\gamma1$) = 16 kM/m²

▪ Sudut geser ($\phi1$) = 11 °

- Tanah Lapisan 2 :

▪ Kohesi ($c2$) = 12 kM/m²

▪ Gamma tanah ($\gamma2$) = 21,4 kM/m²

▪ Sudut geser ($\phi2$) = 36 °

- Tanah Lapisan 3 :

▪ Kohesi ($c3$) = 21 kM/m²

▪ Gamma tanah ($\gamma3$) = 28,5 kM/m²

▪ Sudut geser ($\phi3$) = 43 °

- Tanah Lapisan 4 :

▪ Kohesi ($c4$) = 25 kM/m²

▪ Gamma tanah ($\gamma4$) = 31,5 kM/m²

▪ Sudut geser ($\phi4$) = 48 °

c. Data Yang Lainnya

- $\gamma2 \text{ sat} = 21,4 \text{ kM/m}^2$

- $\gamma_w = 10 \text{ kM/m}^2$

- $\gamma \text{ beton} = 24,8 \text{ kM/m}^3$

- $\gamma \text{ batu kali} = 18,2 \text{ kM/m}^3$

- $\gamma2' = \gamma \text{ sat} - \gamma_w = 21,4 - 10 = 11,4 \text{ kM/m}^2$

Tekanan Tanah Aktif (Pa)

- $Ka1 = \tan^2 x (45 - \frac{\phi}{2}) = \tan^2 x (45 - \frac{11}{2}) = 0,680$

- $Ka2 = \tan^2 x (45 - \frac{\phi}{2}) = \tan^2 x (45 - \frac{36}{2}) = 0,260$

- $Ka3 = \tan^2 x (45 - \frac{\phi}{2}) = \tan^2 x (45 - \frac{43}{2}) = 0,189$

- $Ka4 = \tan^2 x (45 - \frac{\phi}{2}) = \tan^2 x (45 - \frac{48}{2}) = 0,147$

- $h1-hc = \frac{2c}{\gamma \sqrt{Ka1}} = 0,76 - \frac{2 \times 1,15}{16 \times \sqrt{0,68}} = 0,616 \text{ m}$

Perhitungan Momen Pa

Tabel 9 Perhitungan Momen Pa

Kondisi	No. Diagram	p kecil	P besar	Jarak ke O (m)	Momen = Pa.Jarak
h1	1	$ka1.y1.h1-2c.\sqrt{ka1}$	$6,693.p.1/2.(h-hc)$	$2,060.(h1-hc)/3 + h2.h3+h4.h5 =$	1,515 3,122
	2	$ka2.y1.h1-2c.\sqrt{ka2}$	$2,110.p.h2 =$	$0,169.h2/2+h3.h4+h5 =$	1,270 0,214
	3	$ka2.y2.h2 =$	$0,444.p.h2/2 =$	$0,018.h2/3+ h3.h4+h5 =$	1,257 0,022
	4	$ka2.y1.h1-2c.\sqrt{ka2}$	$2,110.p.h3 =$	$1,076.h3/2 + h4.h5 =$	0,975 1,049
	5	$ka2.y2.h2 =$	$0,444.p.h3 =$	$0,227.h3/2 + h4.h5 =$	0,975 0,221
h2	6	$ka2.y2'.h3 =$	$1,509.p.h3/2 =$	$0,385.h3/3+h4.h5 =$	0,890 0,343
	7	$\gamma w.h3 =$	$5,100.p.h3/2 =$	$1,301.h3/3+h4.h5 =$	0,890 1,157
	8	$ka3.y1.h1-2c.\sqrt{ka3}$	$1,390.p.h4 =$	$0,820.h4/2+h5 =$	0,425 0,348
	9	$ka3.y2.h2 =$	$0,324.p.h4 =$	$0,191.h4/2+h5 =$	0,425 0,081
	10	$ka3.y2'.h3 =$	$1,099.p.h4 =$	$0,649.h4/2+h5 =$	0,425 0,276
h3	11	$\gamma w.h3 =$	$5,100.p.h4 =$	$3,009.h4/2+h5 =$	0,425 1,270
	12	$ka4.y1.h1-2c.\sqrt{ka4}$	$0,980.p.h5 =$	$0,127.h5/2 =$	0,065 0,008
	13	$ka4.y2.h2 =$	$0,252.p.h5 =$	$0,033.h5/2 =$	0,065 0,002
	14	$ka4.y2'.h3 =$	$0,857.p.h5 =$	$0,111.h5/2 =$	0,065 0,007
	15	$\gamma w.h3 =$	$5,100.p.h5 =$	$0,663.h5/2 =$	0,065 0,043
$\Sigma Pa =$			10,838	$\Sigma Ma =$	8,178

Tekanan Tanah Pasif (Pp)

- Tebal Lapisan hp1 = 0,5 m

- $Kp1 = \tan^2 x (45 + \frac{\phi}{2}) = \tan^2 x (45 + \frac{36}{2}) = 6,786$

Perhitungan Momen Pp

Tabel 10 Perhitungan Momen Pp

No. Diagram	p kecil	P besar	Jarak ke O (m)	Momen = Pa.Jarak
1	kp.y2'.hp1= 38,683	p.hp1/2= 9,671	hp1/2= 0,250	2,418
Σ Pp = 9,671			Σ Mp =	2,418

Tekanan Tanah Pasif (Pw)

Tabel 11 Perhitungan Momen Pw

No.	Volume = x.y.z	γ	W = γ .Volume	Jarak ke O (m)	Momen = W.Jarak (Kn.m)
1	x1.y1.z =	0.030	y beton = 24.800	0.744 (1/2.x1)+x2+w7 =	0.770 0.573
2	x2.y2/2.z =	0.413	y batu kali = 18.200	7.508 (2/3.x2)+x7 =	0.490 3.679
3	x3.y3.z =	0.315	y batu kali = 18.200	5.733 1/2.x3 =	0.770 4.414
4	x4.y4.z =	0.060	y beton = 24.800	1.488 (1/2.x4)+x3-x4 =	0.800 1.190
5	x5.y5.z =	0.050	y batu kali = 18.200	0.910 (1/2.x4)+x3-x4 =	0.500 0.455
$\Sigma W =$			16.383	$\Sigma Mw =$ 10.311	

$Fgl = \frac{\Sigma Mw + \Sigma Mp}{\Sigma Ma} > 1,5$		$\Sigma Mw =$	10,311 kNm
		$\Sigma Ma =$	8,173 kNm
		$\Sigma Mp =$	2,418 kNm
Fgl	1,557	>	1,5 Aman

Dengan demikian, maka lereng pada Gedung C Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih termasuk AMAN karena menurut hasil perhitungan keamanan lereng dengan menggunakan Perhitungan Stabilitas Terhadap Penggulingan yaitu **1,557**. yang menurut faktor keamanan (SF) lebih dari **1.5**. Berarti dinding penahan tersebut mampu menahan momen pendorong tanah yang berkerja.

Stabilitas Terhadap Geser

$M \text{ geser} = (\Sigma Pa \text{ Talud} + \text{Pondasi}) \times \tan$

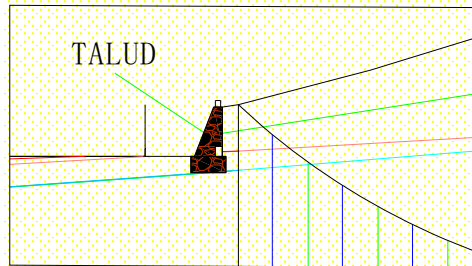
$\phi3 / \Sigma Pa \text{ Tanah}$

$= (16,383 \times \tan 48^\circ) / 10,838$

$= 18,195 / 10,838 = 1,678 < 1,5$

Dengan demikian, maka lereng pada Gedung C Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih

termasuk AMAN karena menurut hasil perhitungan keamanan lereng dengan menggunakan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser yaitu **1,678**, yang menurut faktor keamanan (SF) lebih dari **1.5**. Berarti dinding penahan tersebut mampu menahan momen pendorong tanah yang berkerja.



Gambar 17 (B-B) Model Perletakkan Turap Disamping Gedung C Fakultas Ekonomi Uncen

Perencanaan *Surface Run Off* (Air Permukaan)

Diperencanaan *surface run off* ini tidak memperhitungkan besarnya dimensi saluran yang diperlukan. Untuk menghitung keliling basah saluran harus disesuaikan dengan bentuk penampang saluran. Berikut rumus menghitung keliling dan penampang basah saluran untuk penampang segiempat dan trapesium.

Segi empat :

$$A = b \times h$$

$$P = 2 \times b + (2 \times h)$$

Dimana :

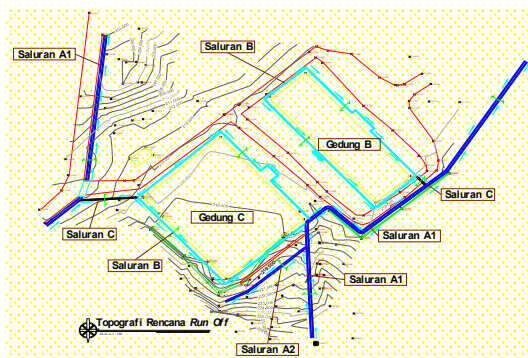
$$A = \text{Luas Penampang Basah}$$

$$P = \text{Keliling Basah}$$

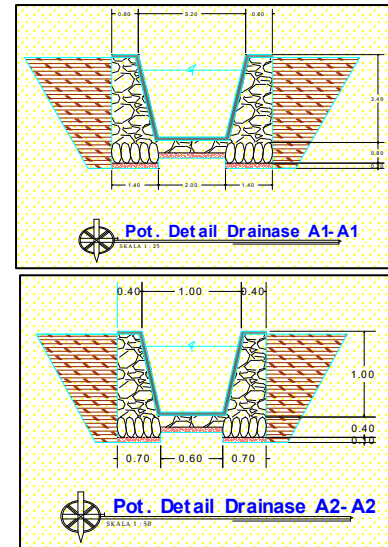
$$b = \text{Lebar dasar saluran}$$

$$a = \text{Lebar atas saluran}$$

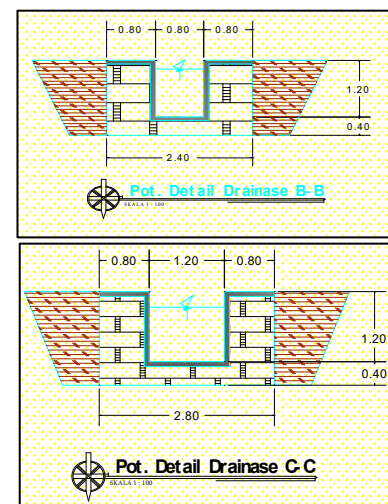
$$h = \text{Tinggi dari dasar saluran ke muka air}$$



Gambar 18 Aliran Air Permukaan (Run Off)



Gambar 19 Penampang Drainase Trapesium



Gambar 20 Penampang Drainase Persegi

PENUTUP

Kesimpulan

Dari analisis stabilitas lereng pada Gedung C Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih dengan menggunakan metode *manual* Bishop adalah **1,02** dan program *Software Plaxis v8.2* adalah **0,8122**. Setelah lereng pada Gedung C Fakultas Ekonomi Universitas Cenderawasih dianalisis menggunakan metode Bishop dan program bantu *Software Plaxis 8.2*, maka dapat diketahui bahwa jenis longsor yang terjadi merupakan jenis rotasi karena ditandai dengan adanya bidang gelincir lengkung dan penyebabnya adalah

tanah lereng yang tidak stabil dan pengaruh air permukaan.

Karena lereng terdiri atas lempung lanau lunak dan kenyal dibagian atasnya, maka bidang gelincir yang terjadi radiusnya dalam. Sebelumnya juga telah teridentifikasi dari lokasi penyelidikan bahwa longsor dengan bidang gelincir jenis rotasi ditandai dengan adanya bentuk sendok, bagian lereng atas berbentuk melengkung. Kemudian setelah dilakukan penanganan pada lereng dan dianalisis menggunakan Perhitungan Stabilitas Terhadap Penggulingan faktor keamanan lereng adalah **1.557**, yang menurut faktor keamanan (SF) lebih dari **1.5**, dan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser faktor keamanan lereng adalah **1.678**, yang menurut faktor keamanan (SF) lebih dari **1.5**. Berarti dinding penahan tersebut mampu menahan momen pendorong tanah yang berkerja.

Saran

Perlu dilakukan analisis hidrologi lebih lanjut untuk merencanakan dimensi saluran drainase agar air permukaan dapat dikendalikan dan tidak masuk ke dalam daerah keruntuhan lereng

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral, Penataan Ruang. (2003). *Pedoman Pengendalian Pemanfaatan Ruang di Kawasan Rawan Bencana Longsor*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Craig, R.F. (1991). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Alih bahasa oleh Budi Susilo, Erlangga.
- Direktorat Jendral, Penataan Ruang. (2007). *Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Jogjakarta: Edisi Kelima, Gajah Mada.
- Bowles, J.E. (1986). *Sifat-sifat Fisis Geoteknis Tanah*. Jakarta: Edisi Kedua, Erlangga.
- Suliswanto, M. ST. (Maret 2014). *Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.3, ISSN: 2337-6732*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Direktorat Jendral, Bina Marga. (2008). *Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Longsor*. Jakarta: Direktorat Bina Teknik.
- Herman, George. J. (2012). *Analisa Stabilitas Lereng Limite Equilibrium dan Finite Equilibrium Methode*. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.
- Febrian, Hakam, A. (September 2005). *Pedoman Rekayasa Untuk Jalan, Pd T-09-2005-B*. Jawa Tengah: Universitas Diponegoro.