

ANALISIS METODE BISHOP PADA TANAH LEMPUNG KELANAUAN ANORGANIK DI DESA CIRAHAH KECAMATAN LUMBIR KABUPATEN BANYUMAS

Ary Sismiani¹, Diyah Ayu Widayanti²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto Email :
arysismiani@gmail.com

Abstrak

Metode Bishop merupakan salah satu metode yang termasuk dalam limit equilibrium method. Pada metode ini bidang longsoran terbagi menjadi beberapa segmen (irisan) dan menganggap gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol terhadap arah vertikal. Pemilihan metode ini pada tanah lempung kelanauan anorganik didasarkan pada tingkat ketelitiannya karena pembagian segmen-segmen tersebut. Dengan tiga uji variasi kadar air 20.22% ; 30.36% dan 40.31% didapatkan nilai kohesi dan sudut gesek internal berturut-turut sebagai berikut : 13.73 kN/m², 54.92 kN/m², 32.36 kN/m², 30,22°, 24.47°, 18.93°. Perhitungan lereng asli dengan dimensi sudut kemiringan (df) = 60°, tinggi lereng (H) = 40 m, dilakukan dengan jumlah 7 segmen, lebar segmen 1 sampai 6 adalah 8 m, dan lebar segmen 7 adalah 9.5 m. Dengan tiga variasi kadar air didapatkan nilai factor keamanan sebesar 1.284, 1.311 dan 0.968 (iterasi pertama) dan 1.253, 1.283, 0.942 (iterasi kedua). Dapat disimpulkan bahwa pada kadar air mencapai 40.31% lereng berada dalam kondisi tidak stabil (dibawah batas kritis) sehingga perlu dilakukan desain lereng yang lebih landai (pembuatan terasering). Dengan desain yang dibuat lebih landai dengan kemiringan 40°, lereng yang dikaji adalah pada kadar air terbesar yaitu 40.31%. Nilai faktor keamanan adalah 1.002 (iterasi pertama) dan 0.942 (iterasi kedua). Nilainya sedikit lebih tinggi dari kondisi lereng asli, tapi masih berada pada batas kritis, sehingga perlu adanya kontrol terhadap kadar air, disarankan jangan melebihi 40%.

Kata kunci: Metode Bishop, Lempung kelanauan anorganik, Faktor keamanan

Abstract

The Bishop method is one of the methods included in the limit equilibrium method. In this method, the landslide plane is divided into several segments (slices) and assumes that the forces acting on the slices have a zero resultant in the vertical direction. The selection of this method on inorganic silty clay soil is based on its level of accuracy because of the division of these segments. With three water content variation tests of 20.22%; 30.36% and 40.31%, the cohesion and internal friction angle values were obtained respectively as follows: 13.73 kN/m², 54.92 kN/m², 32.36 kN/m², 30.22°, 24.47°, 18.93°. The calculation of the original slope with the dimensions of the slope angle (df) = 60°, slope height (H) = 40 m, was carried out with a total of 7 segments, the width of segments 1 to 6 is 8 m, and the width of segment 7 is 9.5 m. With three variations in water content, the safety factor values were obtained as 1.284, 1.311 and 0.968 (first iteration) and 1.253, 1.283, 0.942 (second iteration). It can be concluded that at a water content of 40.31% the slope is in an unstable condition (below the critical limit) so that a gentler slope design (terracing) is needed. With a gentler design with a slope of 40°, the slope studied is at the highest water content, namely 40.31%. The safety factor values are 1.002 (first iteration) and 0.942 (second iteration). This value is slightly higher than the original slope conditions, but still within the critical limit. Therefore, water content control is necessary; it is recommended not to exceed 40%.

Keywords: Bishop Method, Inorganic silty clay, Safety factor

1. PENDAHULUAN (font : Times New Roman, Size :12, bold)

Metode Bishop merupakan salah satu metode yang termasuk kedalam limit equilibrium method. Pada metode ini bidang longsoran terbagi menjadi beberapa segmen (iris) dan menganggap gaya-gaya yang bekerja pada iris mempunyai resultan nol terhadap arah vertikal. Pemilihan metode ini pada tanah lempung kelanauan anorganik didasarkan pada tingkat ketelitiannya karena pembagian segmen-segmen tersebut. Sedangkan tanah Lempung kelanauan anorganik adalah jenis tanah yang ada di Desa Cirahab Kecamatan Lumbir Kabupaten Banyumas. Merupakan salah satu desa yang termasuk dalam zona merah pada wilayah dataran tingginya. Merupakan salah satu dari beberapa desa lainnya yang mengalami kondisi rawan Gerakan tanah atau bahkan longsor. Uji dilakukan pada tiga variasi kadar air untuk mengetahui Tingkat keamanan pada kadar air tertinggi dan nilai faktor keamanan pada kadar air yang lebih rendah apabila bisa dilakukan kontrol terhadap eksese air pori pada lereng. Penelitian pendahuluan telah dilakukan pada lokasi tersebut, yang meliputi uji sifat fisik dan sifat mekanik. "Pada uji distribusi ukuran butir terhadap tanah, butiran tanah yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) sebesar 67,48% > 50%, bila dihubungkan dengan nilai batas cair (LL) sebesar 37,82%, serta nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 11,46%, maka menurut Unified Soil Classification System (USCS) tanah asli tersebut termasuk pada kelompok CL. "Menurut Tabel klasifikasi tanah, CL adalah jenis lempung kelanauan anorganik plastisitas rendah. Menurut *American Association State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), tanah asli termasuk dalam klasifikasi kelompok A-7-5, yaitu tanah lanau-lempung yang buruk [Sismiani, Rustendi, Darmawan].

2. STUDI PUSTAKA / LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Longsor terjadi karena ketidakseimbang gaya yang bekerja pada lereng, yaitu gaya yang bekerja lebih besar dari gaya penahannya. Kerusakan yang ditimbulkan akibat longsor ini bukan hanya kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum, hilangnya lahan-lahan perkebunan maupun pertanian ataupun korban jiwa, tetapi juga kerusakan secara tidak langsung yang melumpuhkan kegiatan ekonomi dan pembangunan daerah yang terkena bencana. Lereng adalah bidang miring yang menghubungkan bidang-bidang lain yang mempunyai elevasi yang berbeda. Lereng terbentuk secara alamiah maupun dengan bantuan manusia. Secara umum lereng terbagi atas 3 bagian yaitu : 1) Lereng alam (yaitu lereng yang terjadi akibat proses alamiah, misal lereng pada perbukitan. 2) Lereng yang dibuat dalam pada tanah, misal tanah yang dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran irigasi. 3) Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan, misal tanggul atau bendungan urugan tanah [Octavian, Turagan, Sartjie].

Lereng merupakan permukaan yang memiliki kemiringan dan membentuk sudut tertentu terhadap bidang horisontal dan tidak terlindungi. Kemiringan dan sudut yang terbentuk menyebabkan lereng memiliki perbedaan tinggi permukaan. Kestabilan suatu lereng dinyatakan dalam faktor angka keamanan lereng yang diperoleh atau didapatkan dengan cara membandingkan antara gaya yang menahan dan gaya yang mendorong [Yonas & Gali].

Permukaan tanah tidak selalu membentuk bidang datar. Adapun permukaan tanah yang memiliki perbedaan pada dua elevasi yang membentuk sudut tertentu disebut dengan suatu lereng (slope). Lereng mempunyai bentuk yang tidak tentu sehingga berpotensi terjadinya longsor apabila dalam kondisi tidak stabil. Longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi pada lereng, baik lereng yang terbentuk secara alami atau buatan. Longsor dapat terjadi karena ketidakseimbangan antara gaya yang di daerah lereng lebih besar dari gaya penahan yang ada pada lereng wilayah tersebut [Maria, Woro, Ika].

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut terhadap suatu bidang horisontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah

bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor [Nasrul, Darmawansyah, Hermansyah].

Kestabilan suatu lereng dinyatakan dalam faktor angka keamanan lereng yang diperoleh dengan cara membandingkan antara gaya yang menahan dan gaya yang mendorong [Ahmad, Indriasari, Freadno].

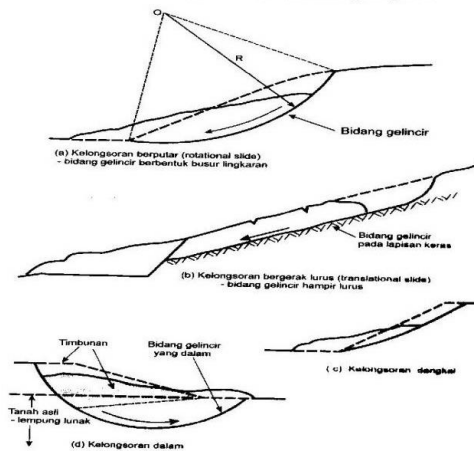
2.2 Pendahuluan tentang lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah dan memiliki sudut kemiringan tertentu dengan bidang datar [Braja M.Das].

Dalam bidang teknik sipil, ada tiga macam lereng yang perlu diperhatikan, yaitu :

- Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat proses-proses alam, misalnya lereng bukit, gunung, atau tebing sungai.
- Lereng yang dibuat dari tanah asli, misalnya bilamana tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air untuk keperluan pengairan.
- Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan, misalnya tanggul untuk jalan atau bendungan tanah.

Kemungkinan terjadinya kelongsoran pada setiap macam lereng ini selalu ada, dan jika perlu harus dilakukan pemeriksaan atau penilaian untuk mengetahui ada tidaknya bahaya longsor. Biasanya jelas bahwa tanah yang longsor itu bergerak pada suatu bidang tertentu. Bidang ini disebut bidang gelincir (*slip surface*). Bentuk bidang gelincir ini sering mendekati busur lingkaran, sehingga dalam hal ini tanah longsor disebut *rotational slide*, yaitu bersifat berputar. Ada juga tanah longsor yang terjadi pada bidang gelincir yang hampir lurus dan sejajar dengan muka tanah. Kelongsoran semacam ini disebut *translational slide*, yaitu bergerak pada satu jurusan, biasanya diatas lapisan keras yang juga sejajar dengan muka tanah. Gambar 2.1 memperlihatkan jenis kelongsoran yang sering terjadi.

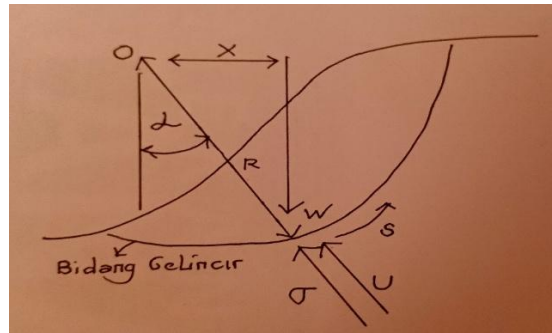


Gambar 2.1
Beberapa macam tanah longsor

Bentuk kelongsoran bergantung baik pada jenis tanah maupun bentuk lereng. Pada lempung yang lunak (*soft normally consolidated clay*), bentuknya biasanya seperti pada Gambar 2.1(d). Sedangkan pada tanah residu, kelongsoran paling sering berbentu seperti Gambar 2.1(b) atau (c). Apabila ada lapisan keras dengan permeabilitas rendah, maka bentuk kelongsoran biasanya seperti Gambar 2.1(b) [Wesley].

2.2 Analisis menggunakan bidang gelincir berbentuk busur lingkaran

Bidang gelincir tanah longsor sering mendekati busur lingkaran. Hal ini menjadi dasar untuk analisis yang paling sering dipakai, yaitu cara yang disebut analisis lingkaran gelincir (*slip circle analysis*). Dasar ini terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2
Cara analisis lingkaran gelincir

R = jari-jari lingkaran

F = faktor keamanan

Faktor keamanan adalah perbandingan antara kekuatan yang ada (maksimum) dan kekuatan yang dimobilisasikan. Kedua momen ini harus sama, yaitu :

$$W \cdot R \sin \alpha = [S/F] \cdot R, \text{ sehingga } F = S/[W \cdot \sin \alpha] \quad 2.1$$

Kelihatannya persamaan ini sederhana, dan pada hakekatnya memang demikian. Namun, ada beberapa faktor yang menyulitkan pemakaiannya di lapangan. Faktor terpenting adalah ketidakseragaman tanah. Untuk mengatasi soal ini, lereng dibagi dalam sejumlah segmen (atau irisan), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3, yaitu terhadap masing-masing segmen dapat diberikan sifat tanah yang berbeda yang berlaku padanya. Dengan demikian persamaan 2.1 menjadi :

$$F = [\sum s l_n] / [\sum W_n \sin \alpha_n] \quad 2.2$$

Dengan :

s = kekuatan geser tanah

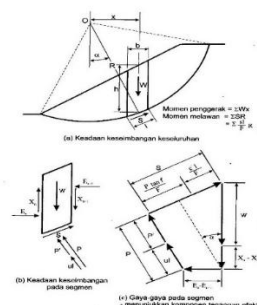
l_n = panjang busur lingkaran

W_n = berat segmen

α_n = sudut kemiringan dasar segmen

Sampai disini, kekuatan geser tanah (s) pada persamaan ini belum ditentukan. Perhitungan dapat dilakukan baik dengan memakai tegangan efektif yaitu memakai parameter c' dan ϕ' , maupun dengan memakai tegangan total, yaitu memakai kekuatan geser tak terdrainase (s_u), sebagaimana diterangkan pada bagian berikut.

Untuk menemukan lingkaran kritis, analisis perlu diulang pada banyak lingkaran percobaan sampai mendapat nilai F yang terendah



Gambar 2.3
Analisis lingkaran gelincir dengan memakai tegangan efektif [Wesley]

3. METODE

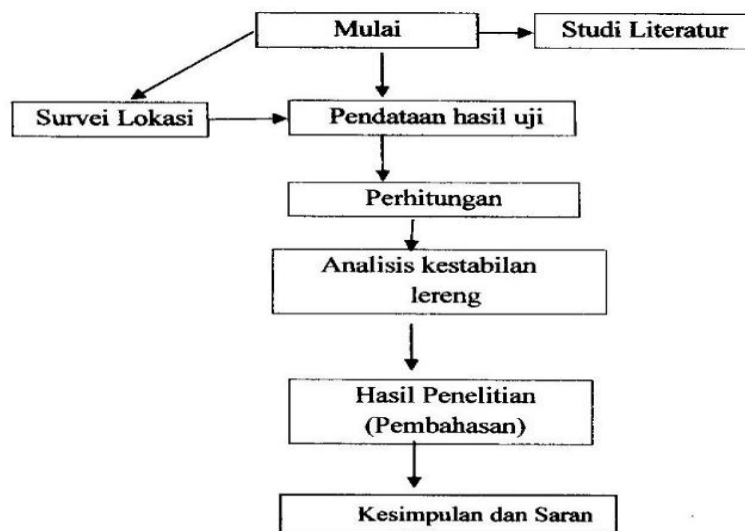
3.1 Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, tahapan yang dilakukan adalah tahap studi literatur, persiapan data hasil uji laboratorium, perhitungan hasil dan pembahasan, menggunakan metode Bishop.

3.2 Data yang dipersiapkan

Data yang dipersiapkan meliputi data kadar air, untuk mengetahui banyaknya kandungan air dalam tanah, uji gravitas khusus, uji batas Atterberg, untuk mengetahui batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastisitas (PI) serta batas susut, analisis saringan dan hidrometer, uji Proctor standar, dan uji geser langsung pada tiga variasi kadar air, untuk mengetahui nilai parameter kuat geser tanah yaitu nilai kohesi dan sudut gesek internal tanah.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1.
Diagram Alir Penelitian

4.HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Data

Penentuan klasifikasi tanah adalah hal pertama yang harus dilakukan dalam menentukan sifat fisik dan mekanika tanah, yaitu dengan uji distribusi ukuran butir terhadap tanah tersebut. Butiran tanah yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) sebesar 67,48% > 50%, dengan kadar air 40.69% bila dihubungkan dengan nilai batas cair (LL) sebesar 37,82%, serta nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 11,46%, maka menurut Unified Soil Classification System (USCS) tanah asli tersebut termasuk pada kelompok CL. Menurut Tabel klasifikasi tanah, CL adalah jenis lempung kelanauan anorganik plastisitas rendah. Menurut *American Association State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), tanah asli termasuk dalam klasifikasi kelompok A-7-5, yaitu tanah lanau-lempung yang buruk dengan kadar air 40,69%, dengan gravitas khusus 2.60 (gravel 0.64% ; sand 31.68%), nilai SL = 37.42%. Pada uji pemadatan Proctor Standar dengan lima kondisi kadar air dan berat isi kering sebagai berikut : $w = 15,99\%$, $18,88\%$, $22,44\%$, $24,43\%$, $26,95\%$ dan $\gamma_d = 13.396 \text{ kN/m}^3$, 14.377 kN/m^3 , 14.602 kN/m^3 , 14.896 kN/m^3 , 14.690 kN/m^3 . Berat isi kering maksimum (γ_{dmaks}) = 14.896 kN/m^3 berada pada kondisi kadar air (w_{opt}) = 24,43%. Menurut teori

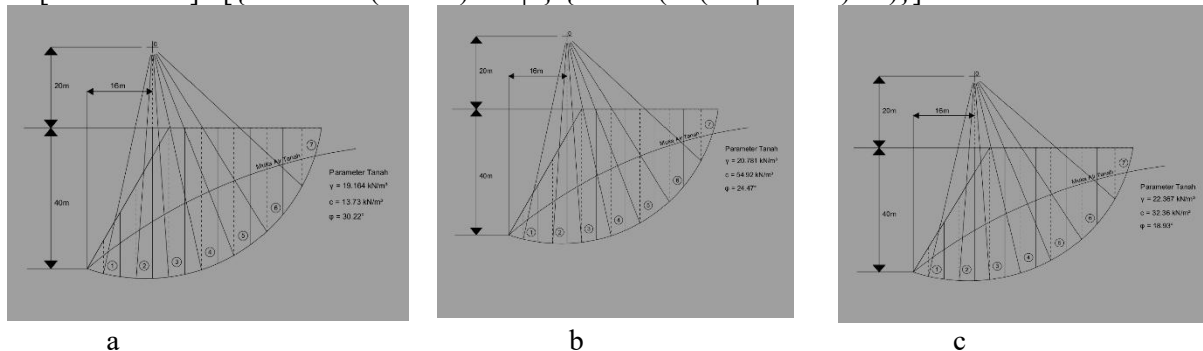
Mohr, kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya. Uji geser langsung dilakukan pada kondisi Unconsolidated Undrained pada berbagai variasi kadar air (w), yaitu 20,22%, 30,36% dan 40,31% dengan hasil sudut gesek internal adalah $30,22^\circ$, $24,47^\circ$, $18,93^\circ$ dan nilai kohesi berturut turut adalah $13,73 \text{ kN/m}^2$, $54,92 \text{ kN/m}^2$, $32,36 \text{ kN/m}^2$.

Nilai sudut gesek internal mengalami penurunan sejalan dengan kenaikan kadar air, yang juga disebabkan hubungan nilai koefisien friksi berbanding lurus dengan nilai ϕ , $f = \tan \phi$ (Berkurangnya nilai koefisien friksi ini akan menyebabkan meningkatnya nilai ϕ). Sedangkan nilai kohesi mengalami kenaikan pada kadar air 30,36% yaitu pada $54,92 \text{ kN/m}^2$ dan mengalami penurunan kembali pada kadar air 40,31% yaitu pada $32,36 \text{ kN/m}^2$, yang disebabkan karena fungsi lekatan pada sifat *silty-clay*, yaitu partikel-partikelnya dapat rusak oleh keadaan tanah yang terlampaui kering atau terlampaui jenuh, sehingga pada kondisi seperti itu lekatan tanah menjadi kurang bagus.

4.2.Perhitungan dengan metode Bishop

Kondisi lereng pada Lokasi diambil yang paling eskترم dimensinya yaitu sebagai berikut : lempung kelanauan anorganik yang seragam dengan tinggi 40 meter dan sudut kemiringan lereng 60° , dihitung pada kondisi tiga variasi kadar air 20.22% , 30.36% dan 40.31% dengan nilai pori $e = 0.6$, besarnya $\gamma_1 = 19.164 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_2 = 20.781 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_3 = 22.367 \text{ kN/m}^3$; $c_1' = 13.73 \text{ kN/m}^2$, $c_2' = 54.92 \text{ kN/m}^2$, $c_3' = 32.36 \text{ kN/m}^2$; $\phi_1' = 30.22^\circ$, $\phi_2' = 24.47^\circ$, $\phi_3' = 18.93^\circ$. Dalam lereng ini terdapat air yang merembes ke arah kaki lereng dengan garis ekipotensial seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. Perhitungan dilakukan pada tiga lingkaran (tiga variasi kadar air) dengan memakai persamaan Bishop 4.1.

$$F = [1 / \sum W \sin \alpha] \sum \{ c' / l \cos \alpha + (W - ub) \tan \phi' \} \{ \sec \alpha / (1 + (\tan \phi' \tan \alpha) / F) \} \} \quad \text{.....4.1}$$



Gambar 4.1 Analisis Lingkaran Gelincir dengan Metode Bishop

Dalam perhitungan ini, agar sederhana jumlah segmen yang dipakai hanya tujuh (jauh lebih sedikit dari yang biasa dipakai dengan memakai program computer). Segmen 1 sampai 6 lebarnya adalah 8 m, sedangkan segmen 7 adalah 9.5 m. Tegangan air pori ditentukan dengan memakai garis-garis ekipotensial.

Pada variasi kadar air yang pertama, yaitu pada $w = 20.22\%$ nilai faktor keamanan semula diperkirakan sebesar 1.5. Setelah ulangan (iteration) pertama, faktor ini menjadi 1.284 dan ulangan kedua menjadi 1.253. Dengan ulangan lagi mungkin diperoleh nilai yang sedikit lebih kecil lagi. Selanjutnya pada variasi kadar air yang kedua, yaitu pada $w = 30.36\%$ nilai faktor keamanan semula diperkirakan sebesar 1.5. Setelah ulangan (iteration) pertama, faktor ini menjadi 1.311 dan ulangan kedua menjadi 1.283 (nilai F lebih tinggi meskipun kadar airnya bertambah), hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh salah satu sifat tanah lempung, yaitu pada kadar air yang terlalu rendah nilai kohesifnya lebih rendah, kemudian naik dengan bertambahnya kadar air dan menurun Kembali pada kadar air yang tinggi. Kemudian pada variasi kadar air yang ketiga, yaitu pada $w = 40.31\%$ nilai faktor keamanan semula diperkirakan sebesar 1.5. Setelah ulangan (iteration) pertama, faktor ini menjadi 0.968 dan setelah ulangan kedua menjadi 0.942. Nilai F pada variasi kadar air ketiga ternyata menunjukkan bahwa lereng sudah tidak stabil, artinya pada keadaan sesungguhnya jangsan sampai terjadi kondisi kadar air yang setinggi ini. Untuk itu perlu dilakukan upaya penanggulangan

lereng agar lereng tidak membahayakan penduduk sekitar. Yang bisa dilakukan disini mengingat bahwa lereng memiliki sudut kemiringan 60° adalah pelandaian lereng dengan sistem terasering.

Tabel 4.1 Perhitungan Faktor Keamanan Lereng dalam Gambar 4.1.a
Menurut cara Bishop

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO	W	α	$W \sin \alpha$	$c'b$	u	ub	(W-ub)	(W-ub) $\tan \phi$	($c'b$)+(W-ub) $\tan \phi$
	kN/m	°	kN/m	kN/m	kN/m ²	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
1	1006,327	-7,12	-124,82	85,83	21,582	134,91	871,41	507,58	593,41
2	3376,319	2,86	168,46	115,18	69,651	584,33	2791,97	1626,27	1741,46
3	5653,593	4,29	422,91	117,74	139,302	1194,64	4458,95	2597,25	2715,00
4	2845,869	16,7	817,79	99,94	135,378	985,47	1860,39	1083,64	1183,59
5	5470,398	29,9	2726,92	114,26	110,853	922,54	4547,85	2649,04	2763,30
6	4097,821	45	2897,59	104,85	79,461	606,82	3490,99	2033,44	2138,29
7	4115,504	56,3	3424,30	203,34	57,879	857,21	3258,28	1897,89	2101,23
			$\Sigma = 10333,18$						

+

11		12	
Sec $\alpha /$ [1+(($\tan \phi \tan \alpha$)/F)]		[($c'b$) + (W-ub) $\tan \phi$] x {Sec $\alpha / [1+((\tan \phi \tan \alpha) / F)]$ }	
F = 1.50	F = 1.30	F = 1.50	F = 1.30
1,059	1,067	628,538	633,511
0,98	0,979	1710,453	1705,46
0,974	0,970	2645,566	2634,096
0,935	0,920	1106,768	1089,282
0,942	0,917	2605,736	2534,56
1,018	0,976	2178,172	2088,31
1,139	1,078	2393,751	2265,463
		$\Sigma = 13268,988$ F = 1.284	$\Sigma = 12950,68$ F = 1.253

Tabel 4.2 Perhitungan Faktor Keamanan Lereng dalam Gambar 4.1.b
Menurut cara Bishop

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO	W	α	$W \sin \alpha$	$c'b$	u	ub	(W-ub)	(W-ub) $\tan \phi$	($c'b$)+(W-ub) $\tan \phi$
	kN/m	°	kN/m	kN/m	kN/m ²	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
1	1091,238	-7,12	-135,351	343,32	21,582	134,91	956,3217	435,216	778,540
2	3661,202	2,86	182,6782	460,75	69,651	584,33	3076,863	1400,261	1861,015
3	6130,626	4,29	458,5995	470,98	139,302	1194,64	4935,985	2246,337	2717,326
4	3085,995	16,7	886,7932	399,78	135,378	985,47	2100,518	955,933	1355,720
5	5931,973	29,9	2957,016	457,05	110,853	922,54	5009,431	2279,762	2736,818
6	4443,582	45	3142,087	419,41	79,461	606,82	3836,758	1746,085	2165,496
7	4462,757	56,3	3713,241	813,39	57,879	857,21	3605,542	1640,860	2454,251
			$\Sigma = 11205,06$						



11		12	
Sec $\alpha /$ $[1 + ((\tan \phi \tan \alpha) / F)]$		$[(c'b) + (W-ub) \tan \phi] \times \{ \text{Sec} \alpha / [1 + ((\tan \phi \tan \alpha) / F)] \}$	
F = 1.50	F = 1.30	F = 1.50	F = 1.30
0,962	1,053	815,527	820,503
1,015	0,984	1835,515	1831,309
1,022	0,977	2664,323	2655,233
1,091	0,944	1297,332	1280,892
1,174	0,960	2688,067	2628,009
1,303	1,047	2349,611	2268,378
1,455	1,182	3040,675	2901,085
		$\Sigma = 14691,053$ F = 1.311	$\Sigma = 14385,41$ F = 1.283

Tabel 4.3 Perhitungan Faktor Keamanan Lereng dalam Gambar 4.1.c
Menurut cara Bishop

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO	W	α	$W \sin \alpha$	$c'b$	u	ub	(W-ub)	(W-ub) $\tan \phi$	($c'b$)+(W-ub) $\tan \phi$
	kN/m	°	kN/m	kN/m	kN/m ²	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
1	1174,521	-7,12	-145,681	202,29	21,582	134,91	1039,605	356,544	558,838
2	3940,624	2,86	196,6202	271,48	69,651	584,33	3356,285	1151,076	1422,562
3	6598,514	4,29	493,5997	277,51	139,302	1194,64	5403,873	1853,320	2130,837
4	3321,517	16,7	954,473	235,56	135,378	985,47	2336,04	801,171	1036,735
5	6384,7	29,9	3182,694	269,30	110,853	922,54	5462,158	1873,310	2142,617
6	4782,715	45	3381,89	247,12	79,461	606,82	4175,891	1432,170	1679,295
7	4803,354	56,3	3996,635	479,26	57,879	857,21	3946,138	1353,373	1832,640
			$\Sigma = 12060,23$						

11		12	
Sec α / [1+((tan ϕ tan α)/F)]		[(c'b) + (W-ub) tan ϕ] x {Sec α /[1+((tan ϕ tan α)/F)]}	
F = 1.50	F = 1.30	F = 1.50	F = 1.30
0,048	0,048	579,756	584,052
0,116	0,116	1408,250	1404,286
0,174	0,173	2100,792	2091,974
0,083	0,082	1012,906	996,908
0,181	0,176	2184,401	2122,737
0,160	0,153	1932,934	1847,006
0,203	0,191	2460,117	2312,479
		$\Sigma = 11679.16$ F = 0.968	$\Sigma = 11359.4$ F = 0.942

Tabel 4.4 Nilai Faktor Keamanan pada tiga variasi kadar air (H = 40 m ; $\alpha = 60^\circ$)

No	Kadar Air	Berat isi tanah	Susut Gesek Internal	Kohesi	Nilai Faktor Keamanan	
	(w)	(γ)	(ϕ)	(c)	Fk ₁	Fk ₂
	%	kN/m ³	($^\circ$)	kN/m ²		
1	20.22	19.164	30.22	13.73	1.284	1.253
2	30.36	20.781	24.47	54.92	1,311	1.283
3	40.31	22.367	18.93	32.36	0.968	0.942

Hasil dari pelandaian lereng dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan perhitungan lerengnya terdapat pada Tabel 4.5 (Hanya dihitung untuk lereng pada kadar air tertinggi yaitu 40.31%)

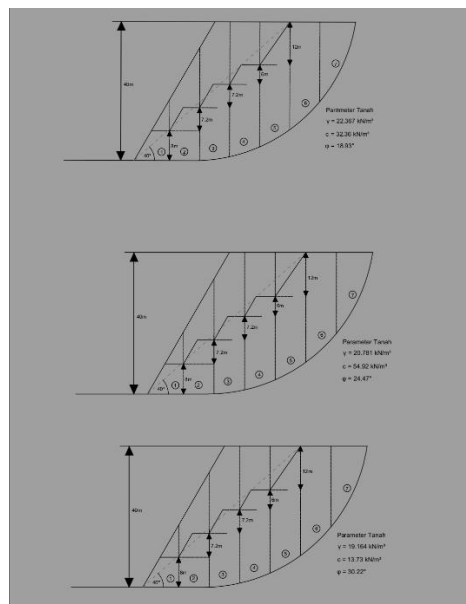
Tabel 4.5 Perhitungan Faktor Keamanan Hasil Pelandaian Lereng dalam seperti pada Gambar 4.2.c Menurut cara Bishop

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO	W	α	W sin α	c'b	u	ub	(W-ub)	(W-ub) tan ϕ	(c'b)+(W-ub) tan ϕ
	kN/m	$^\circ$	kN/m	kN/m	kN/m ²	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
1	1277,603	-3,81	-84,9832	220,04	0	0	1277,603	438,168	658,216
2	3578,72	10,5	655,2404	323,6	0	0	3578,72	1227,363	1550,963
3	4420,614	24,3	1821,255	349,48	0	0	4420,614	1516,100	1865,588
4	4033,217	30.1	2016,609	297,71	0	0	4033,217	1383,238	1680,950
5	2689,632	44.3	1868,375	210,34	0	0	2689,632	922,440	1132,780
6	2140,075	56.0	1774,202	168,27	0	0	2140,075	733,963	902,235
7	1342,02	65.0	1216,283	194,16	0	0	1342,02	460,261	654,421
			$\Sigma = 9266.98$						

11		12	
Sec $\alpha /$ $[1+((\tan \phi \tan \alpha)/F)]$		$[(c'b) + (W-ub) \tan \phi] \times \{ \text{Sec}$ $\alpha/[1+((\tan \phi \tan \alpha)/F)] \}$	
F = 1.50	F = 1.30	F = 1.50	F = 1.30
1,017	1,020	669,888	671,487
0,975	0,969	1513,196	1503,748
0,994	0,980	1855,594	1829,228
1,020	1,002	1714,650	1684,431
1,138	1,107	1289,937	1255,016
1,335	1,285	1204,997	1159,825
1,587	1,511	1039,032	988,9742
		$\Sigma = 9287.29$ F = 1.002	$\Sigma = 9092.71$ F = 0.981

Tabel 4.6 Nilai Faktor Keamanan desain pelandaian lereng dengan kadar air 40.31% (H = 40 m ;
 $\alpha = 40^\circ$)

Kadar Air	Berat isi tanah	Susut Gesek Internal	Kohesi	Nilai Faktor Keamanan	
(w)	(γ)	(ϕ)	(c)	Fk ₁	Fk ₂
%	kN/m ³	($^\circ$)	kN/m ²		
40.31	22.367	18.93	32.36	1.002	0.981



Gambar 4.2 Desain Penanggulangan Longsor

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

- 1) Nilai faktor keamanan (Fk) lereng asli pada kadar air (w) 20.22% , nilai kohesi (c) 13.73 kN/m³ sudut gesek internal (ϕ) 30.22° pada iterasi pertama dan kedua adalah 1.284 dan 1.253.
- 2) Nilai faktor keamanan (Fk) lereng asli pada kadar air (w) 30.36% , nilai kohesi (c) 54.92 kN/m³ sudut gesek internal (ϕ) 24.47° pada iterasi pertama dan kedua adalah 1.311 dan 1.283.
- 3) Nilai faktor keamanan (Fk) lereng asli pada kadar air (w) 40.31% , nilai kohesi (c) 32.36 kN/m³ sudut gesek internal (ϕ) 18.93° pada iterasi pertama dan kedua adalah 0.968 dan 0.942.
- 4) Lereng berada dalam kondisi yang tidak stabil pada kadar air 40.31% , bahkan jika kondisi ini benar-benar terjadi maka lereng bisa mengalami kelongsoran.
- 5) Nilai faktor keamanan (Fk) hasil pelandaian lereng pada kadar air (w) 40.31% , nilai kohesi (c) 32.36 kN/m³ sudut gesek internal (ϕ) 18.93° mengalami sedikit kenaikan. Pada iterasi pertama dan kedua adalah 1.002 dan 0.981. Lereng berada tepat pada batas kritis (rawan longsor), jika kadar air kurang dari 40% lereng akan lebih stabil.
- 6) Perlu diupayakan kontrol terhadap eksese air pori sehingga kadar air jangan sampai melebihi 40%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Pahrul Rodji, Indriasari, Sahat MS, Freadno Budi, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek Geotechnical Investigasi Kutai Kertanegara*, Jurnal Forum Mrkanika Vol 12 No 2, 15 Desember 2023.
- Braja M Das., *Principles of Geotechnical Engineering*. P.W.S. Engineering Boston U.S.A., 1985.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah I (Edisi IV)*, Gadjah Mada University
- Maria Goreti Tefa, Woro Sundari, Ika F Krisnasiwi, *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop pada Lereng Longsor di Kelurahan Manutapen, Kecamatan Alak, Kota Kupang Nusatenggara Timur*, Jurnal Teknologi Vol 17 No 1, Mei 2023.
- Nasrul Amri, Darmawansyah D, Hermansyah, *Perbandingan Metode Bishop dan Janbu dalam Analisis Stabilitas Lereng pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa*, *Journal of Civil Engineering and Planning Vol 2 No 1*, 2021.
- Octavian Cherianto, Turangan A.E, Sartje M, *Analisis Kestabilan Lereng dengan metode Bishop*, Jurnal Sipil Statik Vol 2 No 3 (139-147), Maret 2014.
- Sismiani A, Rustendi I, Darmawan I, *Studi Pendahuluan Tanah di dusun Beji, desa Cirahab Kecamatan Lumbir Kabupaten Banyumas*, Universitas Wijayakusuma Purwokerto, Penelitian 2022.
- Wesley L.D, *Mekanika Tanah* , Penerbit Andi Offset, Yogyakarta 2017.
- Yonas Prima AP, Gali Pribadi, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek Geotechnical investasi Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten kutai Kertanegara*, Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi Vol 5 No 2 , 28 Desember 2023.