



PERBANDINGAN METODE BISHOP DAN JANBU DALAM ANALISIS STABILITAS LERENG PADA OPRIT JEMBATAN LABU SAWO SUMBAWA

Nasrul Amri¹, Dedy Dharmawansyah², Hermansyah³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sumbawa
Jl. Raya Olat Maras, Batu Alang-Moyo Hulu, Kabupaten Sumbawa Nusa Tenggara Barat 84371

email: nasrulamri60@gmail.com

Abstract

The oprit pile of Labu Sawo Bridge has a height of about 9.70 m with a length of 125 m, planning the labu sawo bridge oprit there is a problem in the subgrade is a type of clay soil which is not good because it has low soil bearing capacity, high moisture content and cracks (DPT) due to landslides so that they have the potential to experience ground movement and shifting. Therefore, calculation of slope stability and soil bearing capacity needs to be done to determine how much the slope safety and bearing capacity of the embankment soil.

In the calculation of the analysis, the method used to find the safety value (SF) of the embankment slope is the Bishop and Janbu method. From the results of the method used, the security number given is calculated and then the safety figure is calculated.

Based on the calculation results, the oprite embankment slope is categorized as a stable slope with the safety value of the Bishop method of 1.262. while the slope stability analysis used the Janbu method of 1.455 from the Bishop and Janbu method, the oprite slope of the Labu Sawo Bridge was categorized as slope in stable condition.

Keywords : Slope stability, Bishop, Janbu.

Abstrak

Timbunan oprit jembatan Labu Sawo mempunyai ketinggian berkisar 9,70 m dengan panjang 125 m, perencanaan oprit jembatan labu sawo terdapat permasalahan pada tanah dasar merupakan jenis tanah lempung yang tidak baik karena mempunyai daya dukung tanah yang rendah kadar air yang tinggi dan keretakan (DPT) akibat terjadinya kelongsoran sehingga berpotensi mengalami pergerakan dan pergeseran tanah. Oleh karena itu, perhitungan stabilitas lereng dan daya dukung tanah perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar angka keamanan lereng dan daya dukung tanah timbunan.

Dalam perhitungan analisis, metode yang digunakan untuk mencari nilai angka keamanan (SF) lereng timbunan yaitu metode Bishop dan Janbu. Dari hasil metode yang digunakan, dihitung angka keamanan yang diberikan kemudian disimpulkan besaran angka keamanannya.

Berdasarkan hasil perhitungan, lereng timbunan oprit dikategorikan sebagai lereng yang stabil dengan angka keamanan dari metode Bishop sebesar 1,262. Sementara analisis stabilitas lereng menggunakan metode Janbu sebesar 1,455 dari hasil metode Bishop dan Janbu, lereng oprit Jembatan Labu Sawo dikategorikan lereng pada kondisi stabil.

Kata kunci : Stabilitas lereng, Bishop, Janbu.

1. Pendahuluan

Seiring dengan bertambahnya penduduk dan kebutuhan masyarakat yang ada di Kabupaten Sumbawa, maka perlu disediakan segala kebutuhan masyarakat seperti sebuah fasilitas yang dibangun untuk menghubungkan wilayah satu dengan wilayah yang lainnya dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Sehingga dibutuhkan penambahan infrastruktur jalan ataupun peremajaan infrastruktur yang sudah ada demi menunjang lancarnya mobilitas warga dan secara tidak langsung akan berdampak pada pengembangan wilayah tersebut. Pembangunan jembatan di Labu Sawo didasari oleh pembangunan jalan nasional yang di sebut jalan SAMOTA (Saleh, Moyo, Tambora). Sementara perencanaan proyek jembatan labu sawo, dengan panjang jembatan sekitar 80 meter, lebar 12 meter. Jembatan ini merupakan jembatan kedua pada jalan lingkaran utara atau ruas jalur samota dengan direncanakan mempunyai 6 buah jembatan yang akan di bangun pada tahap selanjutnya.

Dalam perencanaan pembangunan jembatan, khususnya jembatan penghubung jalan Nasional (Saleh, Moyo, Tambora). Selain pengerjaan memiliki sumber daya manusia (SDM) yang handal, tentunya ada beberapa faktor pendukung yang harus di perhatikan dalam pembangunan jembatan Labu Sawo seperti kestabilan lereng jembatan dan daya dukung timbunan oprit pada jembatan Labu Sawo.

Oprit Jembatan Labu Sawo mempunyai ketinggian dari tanah dasar berkisar 9,70 m dengan panjang 125 m, perencanaan oprit jembatan Labu Sawo terdapat permasalahan yaitu pada dasarnya merupakan lokasi dimana dulunya tempat yang merupakan sebuah tambak masyarakat yang tinggal di wilayah itu sendiri, sehingga pada lokasi dimana pembangunan oprit Jembatan Labu Sawo mempunyai kondisi tanah dan jenis tanah berlumpur atau lempung yang tidak bisa digunakan karena mempunyai daya dukung tanah yang rendah dan kadar air yang tidak baik sehingga tidak bisa digunakan sebagai tanah dasar dalam perencanaan pembangunan oprit dan akan berpengaruh pada pengerjaan tahap selanjutnya, kestabilan lereng, daya dukung timbunan oprit, longsor di daerah lereng, keretakan pada Dinding Penahan Tanah (DPT) hingga. Oleh karna itu diperlukan analisis kestabilan lereng dan daya dukung tanah pada lokasi oprit Jembatan Labu Sawo dan dihitung dengan menggunakan analisa Bishop dan Janbu. Analisis ini adalah salah satu perhitungan stabilitas lereng yang efektif dan umum digunakan untuk memperoleh angka keamanan lereng yang sesuai, sehingga jembatan Labu Sawo yang nantinya akan dilalui banyak kendaraan yang bermuatan cukup berat seperti dump truck, tronton dan kendaraan lainnya, sehingga dapat di oprasikan secara maksimal.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu 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.

Wesley (2010) membagi lereng menjadi 3 macam ditinjau dari segi terbentuknya yaitu:

- a. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
- b. Lereng yang dibuat manusia, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
- c. Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya.

Dalam setiap kasus tanah yang tidak datar akan menghasilkan komponen gravitasi dari berat yang cenderung menggerakkan massa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah.

Suatu analisis stabilitas terdiri dari perkiraan model keruntuhan dan kuat geser tanah dan batuan. Model keruntuhan untuk Bishop berbentuk lingkaran, sedangkan untuk metode Janbu, model keruntuhannya dapat berbentuk busur lingkaran (*circular*) atau tidak berbentuk busur lingkaran (*non circular*).

Gaya-gaya yang bekerja pada lereng dapat dilihat pada Gambar 2.1. yang dimana dapat menyebabkan stabilitas tanah terganggu. apabila tahanan geser tanah lebih kecil dari tegangan geser yang terjadi, maka akan terjadi longsor.



Gambar 2.1 Timbunan oprit jembatan labu sawo

Perbedaan elevasi pada permukaan tanah seperti lereng dapat mengakibatkan pergerakan masa tanah dari bidang dengan elevasi yang tinggi menuju bidang dengan elevasi yang lebih rendah, pergerakan masa tanah tersebut juga dapat dipengaruhi oleh air dan gaya gempa. Pergerakan atau gaya tersebut akan menghasilkan tegangan geser yang berfungsi sebagai gaya penahan dan apabila berat massa tanah yang bekerja sebagai gaya pendorong itu lebih besar dari tegangan geser tersebut. Maka akan mengakibatkan kelongsoran.

2.2 Longsoran

Tanah longsor (longsoran) adalah pergerakan massa tanah atau batuan ke arah miring, mendatar, atau vertikal pada satu lereng. Longsor terjadi karena terganggunya keseimbangan lereng akibat pengaruh gaya-gaya yang berasal dari dalam lereng seperti gaya gravitasi bumi, tekanan air pori dalam tanah atau lereng, dan gaya dari luar lereng seperti getaran kendaraan dan pembebanan kendaraan. Adapun longsoran atau pergerakan massa tanah dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kelongsoran lereng / pergerakan massa tanah
(Sumber: m.kumparan.com)

Terzaghi (1950) membagi penyebab longsoran lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar, yaitu: pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.(Hardiyatmo, 2018).

Kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut :

1. Penambahan beban pada lereng.
2. Penggalan atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
3. Penggalan yang mempertajam lereng.

4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*).
5. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral).
6. Gempa bumi atau getaran berlebihan.
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain.

Konsep Angka Keamanan

Cos and Consequence of Slope Failure	Certainty of Analisis Conditio	
	Small	Large
Cost of repair comparable to incremental cost to construct more conservatively desingned slope	1.25	1.5
Cost of repair much greater than incremental Cost to construct more conservatively desingned slope	1.5	2.0 or greater

Metode Bishop (*Simplified Bishop Method*)

Metode ini mengabaikan gaya gesek antar irisan dan kemudian mengasumsikan bahwa gaya normal cukup untuk mendefinisikan gaya-gaya antar irisan, dan mengaggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. (Bishop, 1955). Metode bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran.

Pada metode ini ada beberapa asumsi, diantaranya :

1. Pada metode ini keruntuhan diasumsikan akibat gerakan rotasi dari tanah tersebut yang mana akan untuk menghitung faktor keamanan dari sebuah keruntuhan yang tidak memiliki bidang runtuh berbentuk lingkaran.
2. Nilai dari gaya horisontal pada kedua sisi dapat diabaikan karena tidak diketahui nilainya dan sulit untuk dihitung.

Gaya normal yang bekerja diasumsikan bekerja ditengah bidang irisan dan diperoleh dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam arah vertikal.

Metode Janbu (*Simplified Janbu Method*)

Pada tahun 1954 Janbu membuat suatu metode analisa yang dapat digunakan pada permukaan longsor yang berbentuk *circular* dan *non circular*. Janbu merumuskan persamaan umum kesetimbangan dengan menyelesaikan secara vertikal dan horisontal pada dasar tiap-tiap irisan dengan memperhitungkan seluruh kesetimbangan gaya. (Lihat Gambar 2.10)

Janbu juga mengembangkan metode yang mirip dengan metode bishop sederhana (*Metode Bishop Simplified*) yang dikenal dengan metode janbu sederhana (*Metode Janbu Simplified*). Metode ini memiliki asumsi sama dengan metode bishop yang mengasumsikan bahwa gaya normal antar irisan diperhitungkan tetapi gaya geser antar irisan diabaikan atau bernilai nol ($X_L - X_R = 0$). Perbedaan antar metode bishop sederhana dan metode janbu sederhana terletak pada penurunan angka faktor keamanan. Bishop menurunkan angka faktor keamanan dari kesetimbangan vertikal sedangkan janbu menurunkan angka faktor keamanan dari kesetimbangan horisontal.

3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Lokasi penelitian
(Sumber : Google Earth)

Metodologi Penelitian

Adapun tahapan analisa dan perhitungan dilakukan secara manual pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Analisa dan perhitungan metode Bishop

1. Langkah pertama adalah membuat sketsa lereng berdasarkan data penampang lereng.
2. Dibuat sayatan-sayatan vertikal sampai batas bidang gelincir.
3. Langkah berikutnya membuat tabel agar lebih mudah dilakukannya perhitungan.
4. Melakukan perhitungan sesuai dengan rumus dari metode Bishop yang digunakan.
5. Mendapatkan hasil berupa faktor keamanan /*safety factor* lereng.
6. Menganalisis hasil yang diperoleh dan menetapkan intensitas kemungkinan terjadinya longsor.

3.2 Analisa dan perhitungan metode Janbu

1. Langkah pertama adalah membuat sketsa lereng berdasarkan data penampang lereng.
2. Dibuat sayatan-sayatan vertikal sampai batas bidang gelincir.
3. Langkah berikutnya membuat tabel agar lebih mudah dilakukannya perhitungan.
4. Melakukan perhitungan sesuai dengan rumus dari metode Janbu yang digunakan.
5. Mendapatkan hasil berupa faktor keamanan /*safety factor* lereng.
6. Menganalisis hasil yang diperoleh dan menetapkan intensitas kemungkinan terjadinya longsor.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Penelitian

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data skunder yaitu hasil dari pengujian sondir yang diperoleh dari PT. MITRA AIYAGGA. Untuk data yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 2. Berikut ini merupakan salah satu tabel hasil bacaan pengujian sondir dilapangan untuk lebih jelas tabel tersebut disajikan pada Gambar 4.1.

Nama Lokasi : JEMBATAN LAMPI SAKRO (G-20) R
 Sta : 0+925
 Metode Sondir : (SPT) HANCOCK
 Tanggal : 01 Mei 2019
 Kelas :

Lantai Atas : 10
 Lantai Bawah : 10
 Luas Plat (m²) : 100
 Interval Puncak-Batas : 50

No	Kedalaman (m)	Batas Atas (m)	Batas Bawah (m)	No	Lokasi			Densitas (kg/m ³)	FRICTION (kN)
					Agung	Agung	Agung		
1	0-2	0	2	1	10	10	10	10	
2	2-4	2	4	2	10	10	10	10	
3	4-6	4	6	3	10	10	10	10	
4	6-8	6	8	4	10	10	10	10	
5	8-10	8	10	5	10	10	10	10	
6	10-12	10	12	6	10	10	10	10	
7	12-14	12	14	7	10	10	10	10	
8	14-16	14	16	8	10	10	10	10	
9	16-18	16	18	9	10	10	10	10	
10	18-20	18	20	10	10	10	10	10	

Gambar 4.1 Tabel bacaan sondir pada Sta 0+925
(Sumber : PT. MITRA IYANGGA, 2019)

4.2 Parameter Fisik Tanah Hasil Korelasi

1. Tabel parameter tanah pada titik sondir 1

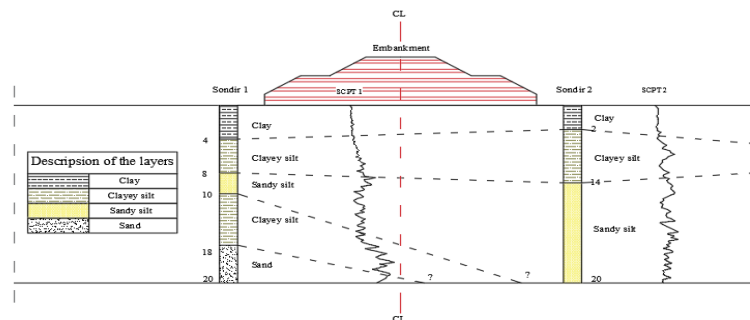
Tabel 4.1 Parameter tanah pada titik sondir 1

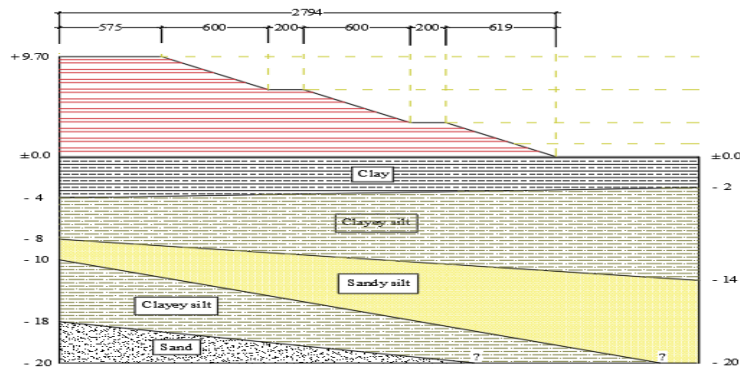
Kedalaman (m)	Jenis Tanah	c (kN/m ²)	φ (°)	e	γ _{sat} (kN/m ³)	Wc (%)	Gs	γ (kN/m ³)
0-2	Clay	12.26	14	1.9	15.8	70	2.70	14.82
2-4	Clay	19.61	14	1.9	15.8	70	2.70	14.82
4-6	Clayey silt	46.09	16	1.9	16.5	70	2.72	15
6-8	Clayey silt	78.45	16	1.9	16.5	70	2.72	15
8-10	Sandy silt	102.48	20	1.9	17	70	2.73	16
10-12	Clayey silt	67.67	16	1.9	16	70	2.72	15
12-14	Clayey silt	69.63	16	1.9	16	70	2.72	15
14-16	Clayey silt	75.02	16	1.9	16.5	70	2.72	16
16-18	Clayey silt	183.87	16	1.9	16.5	70	2.72	16
18-20	Sand	228.00	30	0.43	21.6	16	2.65	20

(Hasil analisa)

4.3 Stratigrafi Tanah

Pada titik koordinat pengujian sondir diatas, dapat ditentukan stratigrafi tanah pada sondir 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut :

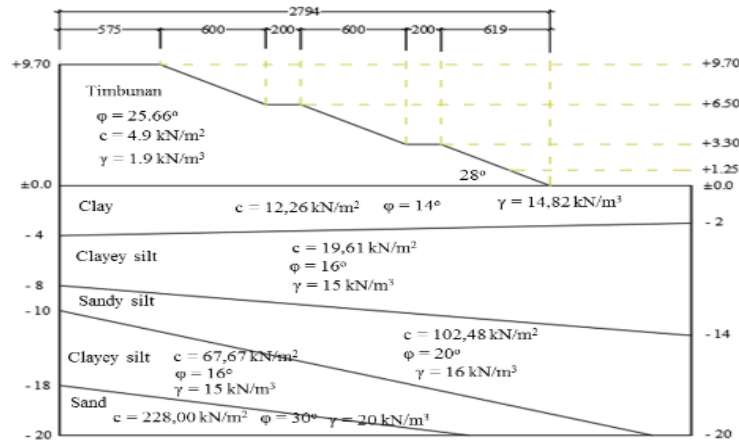




Gambar 4.2 Statigrafi tanah pada pengujian sondir 1 dan 2 (Hasil Analisa)

Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop yang Disederhanakan

Berdasarkan data - data yang akan digunakan dalam melakukan proses perhitungan analisis dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut :

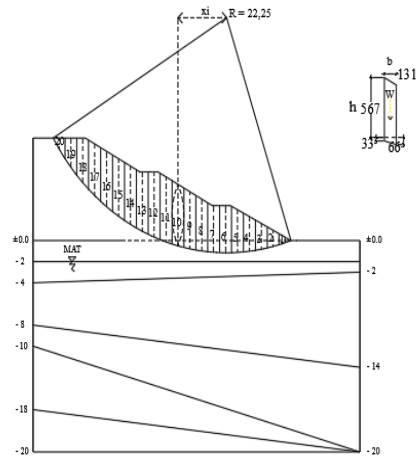


Gambar 4.3 Geometri lereng (Hasil Analisa)

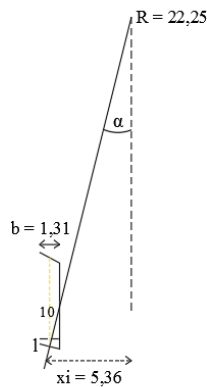
Langkah pertama untuk menentukan kestabilan lereng dengan metode kesetimbangan batas adalah menentukan terlebih dahulu geometri bidang longsor dan banyak jumlah irisan yang digunakan pada bidang longsor (lihat pada Gambar 4.4). dan variabel geometri tiap irisan dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Keterangan :

Pada pembagian jumlah irisan pada lereng timbunan dibagi menjadi 20 buah irisan dengan ukuran yang sama, dengan panjang dari bidang longsor (arah horisontal) = 27,94 m. Perhitungan dari metode Bishop hanya menurunkan angka *safety factor* dari kestimbangan vertikal sedangkan metode Janbu hanya menurunkan angka *safety factor* dari kesetimbangan horisontal.



Gambar 4.4 Pembagian bidang longsor dalam bentuk irisan
(Hasil Analisa)



Gambar 4.5 Model irisan 10
(Hasil Analisa)

- Tinggi lapisan timbunan = 5,670 m
- Tinggi lapisan lempung = 0,66 m
- Berat irisan no.10 (W_{10}) = $\gamma \times b \times h$
= $1,9 \times 1,310 \times 5,670$
= 144,860 kN
- Ordinat tekanan air pori = 2 m
- Tekanan air pori = 2×10 (berat jenis air = 10)

Adapun data - data pada tiap irisan dan cara perhitungan metode Bishop dapat dilihat pada Tabel 4.23. sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data - data dan cara perhitungan metode Bishop

Irisan	b (m)	R	xi	h (m)	α (°)
1	1.310	22.250	6.430	0.540	16.797
2	1.310	22.250	5.120	1.540	13.304
3	1.310	22.250	3.820	2.450	9.886
4	1.310	22.250	2.510	3.290	6.477
5	1.310	22.250	1.190	4.050	3.066
6	1.310	22.250	0.120	4.460	0.309
7	1.310	22.250	1.430	4.410	3.685
8	1.310	22.250	2.740	4.910	7.074
9	1.310	22.250	4.050	5.410	10.488
10	1.310	22.250	5.360	5.820	13.940
11	1.310	22.250	6.670	6.160	17.444
12	1.310	22.250	7.980	6.180	21.017
13	1.310	22.250	9.290	5.630	24.679
14	1.310	22.250	10.600	5.520	28.451
15	1.310	22.250	11.910	5.450	32.363
16	1.310	22.250	13.220	5.230	36.453
17	1.310	22.250	14.540	4.900	40.805
18	1.310	22.250	15.860	4.220	45.464
19	1.310	22.250	17.150	2.780	50.425
20	1.310	22.250	18.460	1.030	56.064

Cara perhitungan (contoh irisan 10) :

- X_{i10} = Jarak mendatar R ke pusat irisan 10
- $\alpha_{10} = \sin^{-1} \left[\frac{X_i}{R} \right] = \frac{5,360}{22,250}$
= 13,940°
- c.b = 4,900 x 1,310
= 6,419

Hasil perhitungan dan penggunaan rumus untuk menghitung SF Bishop telah ditabulasikan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Tabulasi perhitungan Mi

F	0,8					
	Irisan	θ	α	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	$\tan \theta$
1	28.000	16.797	0.957	0.302	0.532	1.389
2	28.000	13.304	0.973	0.236	0.532	1.369
3	28.000	9.886	0.985	0.174	0.532	1.346
4	28.000	6.477	0.994	0.114	0.532	1.317
5	28.000	3.066	0.999	0.054	0.532	1.284
6	28.000	0.309	1.000	0.005	0.532	1.254
7	28.000	3.685	0.998	0.064	0.532	1.290
8	28.000	7.074	0.992	0.124	0.532	1.322
9	28.000	10.488	0.983	0.185	0.532	1.350
10	28.000	13.940	0.971	0.248	0.532	1.373
11	28.000	17.444	0.954	0.314	0.532	1.392
12	28.000	21.017	0.933	0.384	0.532	1.405
13	28.000	24.679	0.909	0.459	0.532	1.413
14	28.000	28.451	0.879	0.542	0.532	1.416
15	28.000	32.363	0.845	0.634	0.532	1.412
16	28.000	36.453	0.804	0.739	0.532	1.400
17	28.000	40.805	0.757	0.863	0.532	1.381
18	28.000	45.464	0.701	1.016	0.532	1.350
19	28.000	50.425	0.637	1.210	0.532	1.309
20	28.000	56.064	0.558	1.486	0.532	1.249

Tabel 4.4 Tabulasi perhitungan *safety factor* dengan metode Bishop.

Irisan	b (m)	R	xi	h (m)	α (°)	$\sin \alpha$	$\tan \theta$	W (KN)
1	1.310	22.250	6.430	0.540	16.797	0.289	0.532	13.441
2	1.310	22.250	5.120	1.540	13.304	0.230	0.532	38.331
3	1.310	22.250	3.820	2.450	9.886	0.172	0.532	60.981
4	1.310	22.250	2.510	3.290	6.477	0.113	0.532	81.888
5	1.310	22.250	1.190	4.050	3.066	0.053	0.532	100.805
6	1.310	22.250	0.120	4.460	0.309	0.005	0.532	111.009
7	1.310	22.250	1.430	4.410	3.685	0.064	0.532	109.765
8	1.310	22.250	2.740	4.910	7.074	0.123	0.532	122.210
9	1.310	22.250	4.050	5.410	10.488	0.182	0.532	134.655
10	1.310	22.250	5.360	5.820	13.940	0.241	0.532	144.860
11	1.310	22.250	6.670	6.160	17.444	0.300	0.532	153.322
12	1.310	22.250	7.980	6.180	21.017	0.359	0.532	153.820
13	1.310	22.250	9.290	5.630	24.679	0.418	0.532	140.131
14	1.310	22.250	10.600	5.520	28.451	0.476	0.532	137.393
15	1.310	22.250	11.910	5.450	32.363	0.535	0.532	135.651
16	1.310	22.250	13.220	5.230	36.453	0.594	0.532	130.175
17	1.310	22.250	14.540	4.900	40.805	0.653	0.532	121.961
18	1.310	22.250	15.860	4.220	45.464	0.713	0.532	105.036
19	1.310	22.250	17.150	2.780	50.425	0.771	0.532	69.194
20	1.310	22.250	18.460	1.030	56.064	0.830	0.532	25.637

u.I (KN)	c.b	RM		DM
		Mi	$1 / Mi\{c.b+(w-ub) \tan \phi\}$	$\Sigma W \sin \alpha$
20	6.419	1.389	9.768	3.884
20	6.419	1.369	19.570	8.820
20	6.419	1.346	28.868	10.469
20	6.419	1.317	37.935	9.238
20	6.419	1.284	46.752	5.391
20	6.419	1.254	52.206	0.599
20	6.419	1.290	50.214	7.055
20	6.419	1.322	53.995	15.050
20	6.419	1.350	57.786	24.510
20	6.419	1.373	60.761	34.897
20	6.419	1.392	63.188	45.962
20	6.419	1.405	62.771	55.168
20	6.419	1.413	57.260	58.509
20	6.419	1.416	56.137	65.455
20	6.419	1.412	55.643	72.611
20	6.419	1.400	54.011	77.344
20	6.419	1.381	51.624	79.699
20	6.419	1.350	46.108	74.870
20	6.419	1.309	33.019	53.334
20	6.419	1.249	16.050	21.270
Total			913.664	724.135
			20329.033	16112.004
			SF	1.262

Adapun persamaan yang digunakan pada metode Bishop sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - \quad SF &= \frac{RM}{DM} \frac{\Sigma [c.b+(W-u.b) \tan \phi] \left(\frac{1}{\cos \alpha (1 + \tan \phi \tan \alpha / F)} \right)}{\Sigma w \sin \alpha} \\
 - \quad Mi &= \cos \alpha (1 + \tan \phi \tan \alpha / F) \\
 - \quad F \text{ awal diasumsikan bernilai} &= 0,8 \\
 - \quad Mi_{10} &= \cos \alpha \left(\frac{1 + \tan \phi \cdot \tan \alpha}{F} \right) \\
 &= 0,971 \left(\frac{1 + 0,532 \cdot 0,248}{0,8} \right) \\
 &= 1,373
 \end{aligned}$$

Setelah besarnya momen tahan (RM) dan momen dorong (DM) telah diketahui, maka tahapan selanjutnya yaitu menghitung besarnya angka keamanan dengan menggunakan persamaan seperti berikut :

- RM_{10} (*Resisting Moment*)

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{M_i} \{ c.b + (w_1 + w_2 - u.b) \tan \phi \\ &= \frac{1}{1,373} (6,419 + (144,860) \cdot 0.532 \\ &= 60,761 \text{ kN} \end{aligned}$$

- DM_{10} (*Driving Moment*)

$$\begin{aligned} &= w \sin \alpha \\ &= 144,860 \times 0,241 \\ &= 34,897 \text{ kN} \end{aligned}$$

- $SF = \frac{\sum RM}{\sum DM}$

$$\begin{aligned} &= \frac{913,664}{724,135} \times \frac{R}{R} \\ &= \frac{20329,033}{16112,004} \\ &= 1,262 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan manual dengan metode Bishop diatas, maka besarnya angka keamanan (FS) yang dihasilkan lebih dari besarnya angka keamanan yang direncanakan yaitu sebesar 1,25 ($SF_{\text{manual}} = 1,262 > SF_{\text{rencana}} = 1,25$). Oleh karna itu, lereng timbunan oprit jembatan Labu Sawo dapat dikategorikan sebagai lereng yang stabil.

Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Janbu yang Disedehanakan

Adapun data - data pada tiap irisan dan cara perhitungan metode Janbu dapat dilihat pada Tabel 4.5. sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data - data dan cara perhitungan metode Janbu

Irisan	b (m)	R	xi	h (m)	α (°)
1	1.310	22.250	6.430	0.540	16.797
2	1.310	22.250	5.120	1.540	13.304
3	1.310	22.250	3.820	2.450	9.886
4	1.310	22.250	2.510	3.290	6.477
5	1.310	22.250	1.190	4.050	3.066
6	1.310	22.250	0.120	4.460	0.309
7	1.310	22.250	1.430	4.410	3.685
8	1.310	22.250	2.740	4.910	7.074
9	1.310	22.250	4.050	5.410	10.488
10	1.310	22.250	5.360	5.820	13.940
11	1.310	22.250	6.670	6.160	17.444
12	1.310	22.250	7.980	6.180	21.017
13	1.310	22.250	9.290	5.630	24.679
14	1.310	22.250	10.600	5.520	28.451
15	1.310	22.250	11.910	5.450	32.363
16	1.310	22.250	13.220	5.230	36.453
17	1.310	22.250	14.540	4.900	40.805
18	1.310	22.250	15.860	4.220	45.464
19	1.310	22.250	17.150	2.780	50.425
20	1.310	22.250	18.460	1.030	56.064

Cara perhitungan (contoh irisan 10) :

- Xi_{10} = Jarak mendatar R ke pusat irisan 10
- $\alpha_{10} = \sin^{-1} \left[\frac{Xi}{R} \right] = \frac{5,360}{22,250}$
= $13,940^\circ$
- c.b = $4,900 \times 1,310$
= $6,419$

Hasil perhitungan dan penggunaan rumus untuk menghitung SF Janbu telah ditabulasikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Tabulasi perhitungan *safety factor* dengan metode Janbu.

b (m)	R	xi	h (m)	α (°)	I	W_1 (KN)	W_2 (KN)	$\cos \alpha$	u.b
1.310	22.250	6.430	0.540	16.797	1.190	13.441	0	0.957	20
1.310	22.250	5.120	1.540	13.304	1.420	38.331	0	0.973	20
1.310	22.250	3.820	2.450	9.886	1.400	60.981	0	0.985	20
1.310	22.250	2.510	3.290	6.477	1.370	81.888	0	0.994	20
1.310	22.250	1.190	4.050	3.066	1.340	121.961	0.482	0.999	20
1.310	22.250	0.120	4.460	0.309	1.320	131.917	0.943	1.000	20
1.310	22.250	1.430	4.410	3.685	1.320	131.917	1.216	0.998	20
1.310	22.250	2.740	4.910	7.074	1.310	147.349	1.258	0.992	20
1.310	22.250	4.050	5.410	10.488	1.320	164.772	1.111	0.983	20
1.310	22.250	5.360	5.820	13.940	1.330	182.195	0.734	0.971	20
1.310	22.250	6.670	6.160	17.444	1.350	153.322	0	0.954	20
1.310	22.250	7.980	6.180	21.017	1.380	153.820	0	0.933	20
1.310	22.250	9.290	5.630	24.679	1.430	140.131	0	0.909	20
1.310	22.250	10.600	5.520	28.451	1.480	137.393	0	0.879	20
1.310	22.250	11.910	5.450	32.363	1.560	135.651	0	0.845	20
1.310	22.250	13.220	5.230	36.453	1.670	130.175	0	0.804	20
1.310	22.250	14.540	4.900	40.805	1.860	121.961	0	0.757	20
1.310	22.250	15.860	4.220	45.464	2.030	105.036	0	0.701	20
1.310	22.250	17.150	2.780	50.425	2.420	69.194	0	0.637	20
1.310	22.250	18.460	1.030	56.064	3.380	25.637	0	0.558	20

Irisan	tan α	sec α	tan ϕ	c.b	Mi	RF	DF
						$\frac{\sec^2 \alpha}{Mi} / (c.b + (w-ub) \tan \phi)$	$\sum W \tan \alpha$
1	0.302	1.045	0.532	6.419	1.268	11.678	4.057
2	0.236	1.028	0.532	6.419	1.210	23.396	9.064
3	0.174	1.015	0.532	6.419	1.154	34.668	10.627
4	0.114	1.006	0.532	6.419	1.101	45.978	9.297
5	0.054	1.001	0.532	6.419	1.047	55.419	0.026
6	0.005	1.000	0.532	6.419	1.005	63.122	0.005
7	0.064	1.002	0.532	6.419	1.057	60.384	0.078
8	0.124	1.008	0.532	6.419	1.110	65.677	0.156
9	0.185	1.017	0.532	6.419	1.164	71.952	0.206
10	0.248	1.030	0.532	6.419	1.220	78.356	0.182
11	0.314	1.048	0.532	6.419	1.278	75.579	48.178
12	0.384	1.071	0.532	6.419	1.340	75.516	59.100
13	0.459	1.101	0.532	6.419	1.407	69.652	64.390
14	0.542	1.137	0.532	6.419	1.480	69.455	74.446
15	0.634	1.184	0.532	6.419	1.562	70.498	85.963
16	0.739	1.243	0.532	6.419	1.655	70.654	96.158
17	0.863	1.321	0.532	6.419	1.765	70.470	105.291
18	1.016	1.426	0.532	6.419	1.901	66.601	106.751
19	1.210	1.570	0.532	6.419	2.072	51.376	83.714
20	1.486	1.791	0.532	6.419	2.317	27.766	38.100
total						1158.196	795.789
SF						1.455	

Adapun persamaan yang digunakan pada metode Janbu sebagai berikut :

- $SF = \frac{\sum [c.b + (W - u.b) \tan \phi] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \tan \alpha \tan \phi / F}}{\sum w \sin \alpha}$
- $Mi = 1 + (\tan \phi \tan \alpha / F)$
- F awal diasumsikan bernilai = 0,8
- $Mi_{10} = 1 + \left(\frac{\tan \phi \cdot \tan \alpha}{F} \right)$

$$= 1 + \left(\frac{0,532 \cdot 0,248}{0,8} \right)$$
$$= 1,220$$

Adapun hasil besarnya gaya-gaya yang menahan (RF) dan gaya yang mendorong (DF) yang telah diketahui, kemudian tahapan selanjutnya yaitu menghitung besarnya angka keamanan dengan menggunakan persamaan seperti berikut :

- RF_{10} (*Resisting Forces*)

$$= \frac{\sec \alpha^2}{M_i} \{c \cdot b + (w_1 + w_2 - u \cdot b) \tan \phi\}$$
$$= \frac{1,062}{1,220} (6,419 + (182,195 + 0,734 - 20) \cdot 0,532)$$
$$= 78,386 \text{ kN}$$

- DF_{10} (*Driving Forces*)

$$= w \tan \alpha$$
$$= 0,734 \times 0,248$$
$$= 0,182 \text{ kN}$$

- $SF = \frac{\Sigma RF}{\Sigma DF}$

$$= \frac{1158,196}{795,789}$$
$$= 1,455$$

Pada hasil perhitungan manual dengan metode Janbu diatas, maka besarnya angka keamanan (FS) yang diperoleh lebih dari besarnya angka keamanan yang direncanakan yaitu sebesar 1,25 ($SF_{\text{manual}} = 1,455 > SF_{\text{rencana}} = 1,25$). Oleh karena itu, lereng timbunan oprit jembatan Labu Sawo dapat dikategorikan sebagai lereng yang stabil.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini didapat berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan diatas. Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

1. analisis stabilitas lereng menggunakan metode Bishop besar angka keamanan (SF) diperoleh 1,262. Sementara analisis stabilitas lereng menggunakan metode Janbu besar angka keamanan (SF) diperoleh 1,455. Dari hasil metode Bishop dan Janbu, lereng oprit Jembatan Labu Sawo dikategorikan lereng pada kondisi stabil dikarenakan nilai (SF) = > 1,25.



Saran

Berdasarkan hasil dari analisis stabilitas lereng dan daya dukung tanah saran yang diajukan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukannya perhitungan dan penanganan kelongsoran lebih lanjut guna meningkatkan faktor keamanan lereng sehingga lereng menjadi stabil.
2. Untuk menghitung faktor keamanan lereng sebaiknya menggunakan *Simplified Bishop Method* dan *Simplified Janbu Method* serta program *Geostudio sub program Slope/W* dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat, dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti dengan membagi bidang kelongsoran menjadi beberapa irisan.

Daftar Pustaka

- Alihudien, A, dan Mochtar. *Kajian Pengaruh Batas Cair (LI), Konsistensi Tanah dan Beban Vertikal Terhadap Kecepatan Pemampatan Sekunder Tanah Lempung*. Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya, 2009.
- Bergdahl U, Ottosson E, Malmberg BS, *Building on Soft Soils*. Centre For Civil Engineering Research and Codes (CUR), CUR Report 162.A.A Balkema: Rotterdam, 1993.
- Bishop, A. W “The Use of Slip Circle in The Stabiulity of analysis of Slopes: Geotechnique, London, Vol.5, pp.7, 1955.
- Bowles, Joseph E. *Foundation Analysis and Design*. Singapore: McGraw Hill, 1997.
- Craig, F. *Soil Mechanics Eighth Edition*. America: Spon Press, 2012.
- Das, Braja M. *Principles of Geotechnical Engineering 9th (Ninth) Edition*. America: Cengage Leanig, 2018.
- Eveni, Offi Nur. *Perbandingan Metode Bishop, Janbu dan Spenser Dalam Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Batuan Tuff*. Universitas Pembangunan Nasional: Yogyakarta, 2014.
- Hardiyatmo, Hary Christady. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2018.
- Hoek and Bray, J. *Rock Slope Engineering 4rd Ed.*, The Insitution of Mining and Metallurgy: London. Pg. 176-189, 1981.
- Janbu, N. *Stability Analysis of Slopes with Dimensionless Parameter*, Harvard Soil Mech. Series, No.46, Harvard Univ: Cambridge, Mass, 1954.
- Look, B. G. *Handbook of Geotechnical Investigation and Desing Tables*, Taylor and Francis Group, LLC: London, UK, 2007.
- Robertson, P. K., ”Soil Classification Using The Cone Penetration Test: Canadian Geotechnical Journal, 27(1):151-158, 1990.