

**ANALISIS PERKUATAN *SHEET PILE* PADA LERENG
JALAN AKSES TWA GUNUNG TUNAK DI KECAMATAN PUJUT
KABUPATEN LOMBOK TENGAH**

*Analysis of Sheet Pile Reinforcement on the Slopes of TWA Gunung Tunak
Access Road in Pujut District Central Lombok Regency*

Artikel Ilmiah
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**SANDRA AUDRY SALSABILAH
F1A 019 163**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ARTIKEL ILMIAH

**ANALISIS PERKUATAN *SHEET PILE* PADA LERENG
JALAN AKSES TWA GUNUNG TUNAK DI KECAMATAN PUJUT
KABUPATEN LOMBOK TENGAH**

Oleh:

**Sandra Audry Salsabilah
F1A 019 163**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

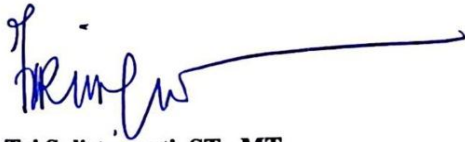
1. Pembimbing Utama



Prof. Ir. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19620809 198912 1 001

Tanggal:

2. Pembimbing Pendamping



Tri Sulistyowati, ST., MT.
NIP. 19730202 199802 2 001

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., M.Sc (Eng.), Dr. Eng.
NIP. 19731027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

ANALISIS PERKUATAN *SHEET PILE* PADA LERENG
JALAN AKSES TWA GUNUNG TUNAK DI KECAMATAN PUJUT
KABUPATEN LOMBOK TENGAH

Oleh:

Sandra Audry Salsabilah
F1A 019 163

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 30 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-I
Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

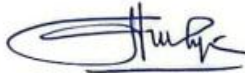
1. Penguji I



Ir. Ismail Hoesain M., MT.
NIP: 19650717 199403 1 001

Tanggal:

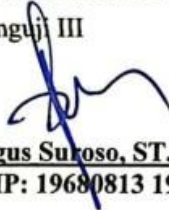
2. Penguji II



Dr. Muhajirah, ST., MT.
NIP: 19730719 199903 2 002

Tanggal:

3. Penguji III



Agus Sukoso, ST., MT.
NIP: 19680813 199703 1 002

Tanggal:

Mataram, September 2023

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP: 19720222 199903 1 002

ANALISIS PERKUATAN *SHEET PILE* PADA LERENG JALAN AKSES TWA GUNUNG TUNAK DI KECAMATAN PUJUT KABUPATEN LOMBOK TENGAH

Sandra Audry Salsabilah¹, Didi S. Agustawijaya², Tri Sulistyowati²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Email: sandra.audrey@gmail.com

ABSTRAK

Lereng jalan akses TWA Gunung Tunak di Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah mengalami kelongsoran dan menyebabkan kerusakan badan jalan serta pasangan batu yang digunakan sebagai perkuatan lereng hancur. Berdasarkan peta geologi Pulau Lombok, lereng jalan akses TWA Gunung yang mengalami kelongsoran merupakan lereng dengan material sedimentasi batuan vulkanik. Menjadi penting untuk mengetahui bagaimana mekanisme dan jenis longsor yang terjadi serta bagaimana pengaruh penggunaan perkuatan terhadap stabilitas lereng.

Analisis mengenai perkuatan *sheet pile* pada lereng jalan akses TWA Gunung Tunak yang dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode empiris dengan metode Bishop dan metode numerik menggunakan *Plaxis V.8*.

Berdasarkan hasil pengeboran, pengujian geolistrik dan pemodelan pada *Plaxis V.8* diketahui bahwa jenis longsor yang terjadi merupakan kelongsoran dalam dengan mekanisme kelongsoran *multiple rotational landslide*. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *safety factor* untuk kondisi eksisting pada lereng Tunak 1 (a) dan (b) dan Tunak 2 secara berturut-turut menggunakan metode Bishop sebesar 7,95 dan 15,056 dan 3,628 dan pada *Plaxis V.8* sebesar 1,424 dan 1,831. Hasil analisis setelah menggunakan perkuatan *sheet pile* tipe *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) profil W-400 A pada lereng Tunak 1 (a) dan (b) dan Tunak 2 secara berturut-turut menggunakan metode Bishop sebesar 8,936 dan 19,48 dan 5,097 dan pada *Plaxis V.8* sebesar 2,354 dan 2,194.

Kata Kunci: Bishop, *Plaxis V.8*, *safety factor*, stabilitas lereng, *sheet pile*.

1. PENDAHULUAN

Salah satu destinasi pariwisata yang ada di Kabupaten Lombok Tengah adalah Taman Wisata Alam (TWA) Gunung Tunak yang berada di Desa Mertak, Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah. Jalan akses TWA Gunung Tunak mengalami kelongsoran dan menyebabkan kerusakan badan jalan (Mahendra, dkk, 2022).

Untuk mengantisipasi terjadinya longsor kembali diperlukan kestabilan lereng yang baik. Terdapat dua metode untuk menganalisis stabilitas lereng yaitu metode empiris seperti Bishop dan metode numerik menggunakan aplikasi, salah satunya adalah *Plaxis V.8*. Metode Bishop menggunakan konsep pendekatan *limit equilibrium*, Untuk metode numerik seperti *Plaxis V.8* menggunakan konsep *phi-c reduction* yaitu pendekatan yang digunakan untuk dapat mengetahui nilai faktor aman dari suatu lereng

dengan mereduksi parameter (ϕ dan c).



Gambar 1. 1 Kelongsoran lereng jalan akses TWA Gunung Tunak

Berdasarkan peta geologi Pulau Lombok, lereng TWA Gunung Tunak yang mengalami kelongsoran merupakan lereng dengan material batuan sedimen, batuan intrusi dan batu kapur dan berada disebelah kiri sesar Gunung Tunak.

Kondisi eksisting lereng sebelum terjadi keruntuhan menggunakan penyangga pasangan batu mengalami kerusakan. Perkuatan yang dapat digunakan pada lereng batuan adalah dengan menggunakan *sheet pile*. Perkuatan tersebut dapat menahan beban yang lebih berat dan dapat diaplikasikan untuk lereng batuan karena dapat dipasang menembus batuan berbeda dengan perkuatan sebelumnya (pasangan batu) yang hanya dipasang di permukaan lereng dan tidak mempertimbangkan bidang longsor.

Berdasarkan persoalan diatas, penulis bermaksud untuk melakukan studi mengenai “Analisis Perkuatan *Sheet Pile* pada Lereng Jalan Akses TWA Gunung Tunak di Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah”.

Berdasarkan kondisi eksisting lereng longsor di TWA Gunung Tunak, menjadi penting untuk mengetahui bagaimana potensi longsor berdasarkan mekanisme longsor dan jenis longsoran yang terjadi sehingga dapat digunakan perkuatan *sheet pile* dibandingkan eksisting agar lereng jalan akses TWA Gunung Tunak bisa digunakan kembali di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Keruntuhan Mohr-Coulomb

Teori Mohr-Coulomb menganggap keruntuhan terjadi akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan tegangan geser.

$$\tau$$

Keterangan:

τ = tegangan geser (kN/m^2)

σ = tegangan normal (kN/m^2)

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb dinyatakan dalam persamaan:

$$\tau_f = c + \sigma \tan^2 \phi$$

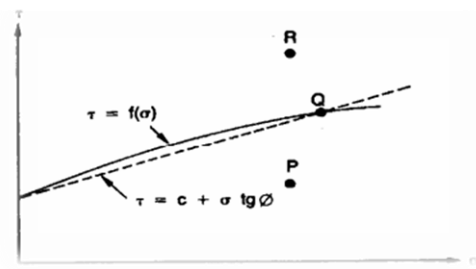
Keterangan:

τ = tegangan geser (kN/m^2)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

c = kohesi tanah (kN/m^2)

ϕ = sudut gesek dalam (derajat)



Gambar 2. 1 Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (Sumber: Hardiyatmo, 2006)

2.2. Lereng dan Longsoran

Menurut Das (1985), permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal yang tidak terlindungi disebut lereng.

Agustawijaya (2021) menerangkan bahwa kelongsoran batuan merupakan pergerakan dari massa batuan yang terjadi secara bertahap dan tiba-tiba dari lereng batuan yang curam ataupun landai. Adapun klasifikasi kedalaman longsoran, berdasarkan kedalaman maksimum material longsor dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Klasifikasi kedalaman longsoran (Broms,1975)

Tipe	Kedalaman
Longsoran permukaan (<i>surface slide</i>)	< 1,5 m
Longsoran dangkal (<i>shallow slides</i>)	1,5 – 5,0 m
Longsoran dalam (<i>deep slides</i>)	5,0 -20,0 m
Longsoran sangat dalam (<i>very deep slides</i>)	>20 m

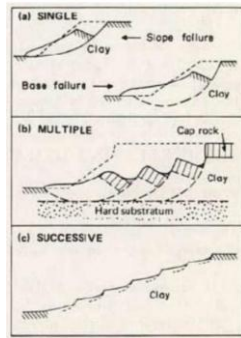
(Sumber: Hardiyatmo, 2012)

2.2.1. Kelongsoran Rotasi

Dalam kelongsoran rotasi, material granular mencari bidang runtuhnya yaitu bidang terlemah dari badan lereng (puncak lereng hingga kaki lereng) untuk bidang gelincirnya. Mekanisme kelongsoran lereng batuan lunak menyerupai mekanisme runtuhnya material lunak, seperti runtuhnya pada tanah.

Berdasarkan geometri bidang gelincirnya, bidang longsor dibagi menjadi 2 jenis (Broms, 1975):

1. Longsoran dengan bidang gelincir datar atau longsoran translasional (*translational slides*).
2. Longsoran dengan bidang longsor lengkung atau longsor rotasional (*rotational slides*).



Gambar 2. 2 Longsoran rotasional (Broms,1975)

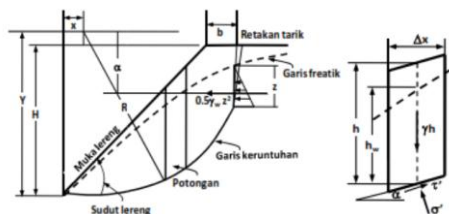
2.3. Stabilitas Lereng

Analisis kestabilan lereng batuan lunak dapat dilakukan dengan dua metode. Metode elemen hingga dalam aplikasi *Plaxis* menggunakan metode *phi-c reduction* dan metode empiris dengan menerapkan persamaan yang ada seperti pada metode Bishop.

• Metode Bishop

Asumsi bidang longsor pada metode Bishop berbentuk busur lingkaran (setengah lingkaran). Metode ini digunakan untuk menganalisis bidang gelincir (*slip surface*) dengan asumsi bahwa gaya-gaya normal total berada di pusat alas perpotongan vertikal dan mempunyai resultan nol.

Dalam Hardiyatmo (2018), persamaan faktor aman Bishop menggunakan cara coba-coba (*trial and error*)



Gambar 2. 1 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan (Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Persamaan faktor aman untuk analisis stabilitas lereng dengan cara Bishop adalah:

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

Keterangan:

F = Faktor aman

C = kohesi (kN/m²)

ϕ = sudut gesek dalam (°)

b_i = lebar irisan ke- i (m)

W_i = berat irisan ke- i (kN)

θ_i = sudut irisan ke- i

u_i = tekanan air pori pada irisan ke- i (kN/m²)

• Teori safety factor dengan Plaxis V.8

Analisis faktor aman dapat dilakukan dengan berbagai metode. Sukandi (2013) menerangkan bahwa analisis faktor aman dapat menggunakan metode shear strength reduction (Phi-c reduction) dimana faktor aman dihitung secara global dalam software Plaxis. Konsep metode phi-c reduction adalah menganalisis faktor keamanan dari batuan lunak yang telah diberikan beban dengan melakukan pendekatan parameter-parameter kekuatan batuan c dan ϕ dengan mengurangi (mereduksi) nilai-nilainya sampai tercapainya keadaan dimana kegagalan struktur terjadi.

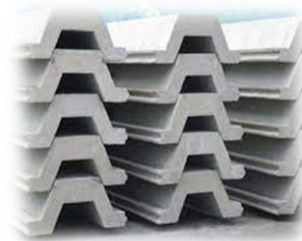
Dengan menggunakan teori Mohr-Coulomb, faktor aman dapat diperoleh dengan persamaan:

$$SF = \frac{c + \sigma_n \tan \phi}{c_r + \sigma_n \tan \phi_r}$$

Dengan c dan ϕ adalah input parameter kekuatan dan σ_n adalah komponen tegangan normal aktual. Parameter c_r dan ϕ_r adalah parameter kekuatan reduksi yang mempunyai nilai tepat untuk mempertahankan keseimbangan.

2.4. Dinding Turap

Hardiyatmo (2008), dinding turap adalah dinding vertikal yang dibuat dengan cara menghubungkan potongan-potongan yang saling mengunci agar dapat menahan tanah dan mencegah terjadinya. Berdasarkan materialnya, dibagi menjadi 3 yaitu turap kayu, turap baja dan turap beton (CCSP)



Gambar 2. 2 Corrugated Concrete Sheets Pile (CCSP)

Tujuan sheet pile:

1. Menahan tekanan horizontal akibat material dan air.
2. Menghasilkan stabilitas terhadap tekanan horizontal dari material yang dipancang.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng adalah metode empiris yaitu metode Bishop dan metode numerik menggunakan pemodelan software *Plaxis V.8*

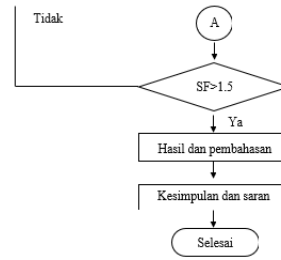
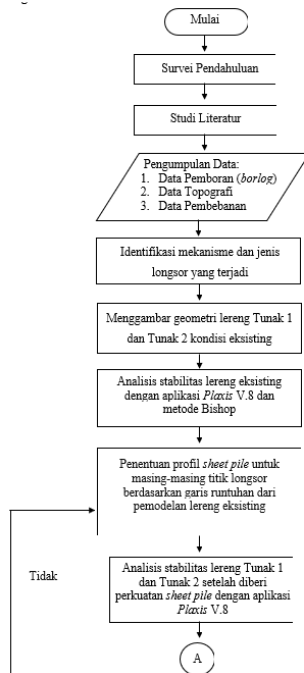
3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di kawasan Taman Wisata Alam (TWA) Gunung Tunak, Desa Mertak, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. Objek penelitian adalah lereng badan jalan akses Taman Wisata Alam Gunung Tunak, yang meliputi 3 titik longsor, yaitu: Longsor Tunak 1 (BH-01), Longsor Tunak 1 (BH-02) dan Longsor Tunak 2 (BH-03) (**Gambar 3.1**)



Gambar 3.1 Lokasi penelitian (www.googleearth.com.2023)

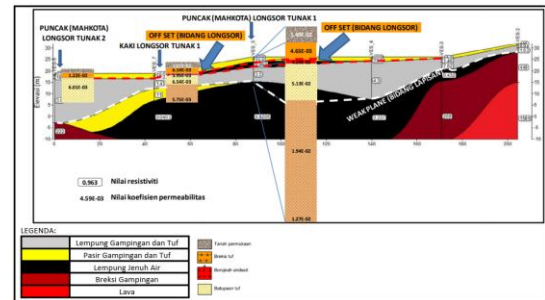
3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2. Bagan alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Material



Gambar 4. 2 Rekonstruksi struktur bawah permukaan lokasi longsor berdasarkan hasil pengeboran dan pengukuran geolistrik

Hasil pengukuran geolistrik dan pengeboran memberikan gambaran struktur massa batuan dibawah permukaan. Dari konstruksi diatas terdapat bidang off-set (bidang runtuh). Bidang off-set terbentuk pada kedalaman 6 m pada titik puncak lereng (Longsor Tunak 1) dan pada kedalaman 2,5 m pada kaki lereng (Longsor Tunak 2).

Longsor yang terjadi diawali dengan gerakan longoran yang bersifat lokal kemudian berkembang secara bertahap dan menyebar ke belakang sepanjang permukaan bidang longsor. Berdasarkan tinjauan di lapangan, mekanisme kelongsoran yang terjadi termasuk multiple rotational landslide **Gambar 2.2** dimana berdasarkan kondisi asli di lapangan, kelongsoran pada lereng jalan akses TWA Gunung Tunak didahului dengan longsor dibagian kaki lereng, kemudian berlanjut hingga mahkota lereng, dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Berdasarkan rekonstruksi hasil pengeboran dengan pengujian geolistrik terdapat lapisan batuan keras yang berada di bawah bidang longsor, hal ini sesuai dengan teori mengenai mekanisme *multiple rotational landslide*, dimana terdapat *lapisan hard substratum* dibawah bidang rotasi longsor.



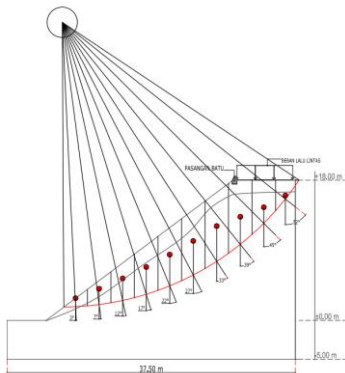
Gambar 4. 2 Kondisi longsor pada jalan akses TWA Gunung Tunak

4.2. Analisis Stabilitas Eksisting Lereng

• Metode Bishop

Analisis stabilitas eksisting lereng dengan metode empiris menggunakan metode Bishop, dimana massa material pada lereng dibagi menjadi beberapa irisan vertikal dengan memodelkan bidang longsor berbentuk setengah lingkaran dengan resultan yang sama. Dalam arah vertikal, gaya-gaya yang bekerja memiliki resultan bernilai nol.

Contoh perhitungan untuk **lereng Tunak 2 eksisting** (10 irisan)



Gambar 4. 3 Irisan Lereng Tunak 2

1. Diketahui (irisian 2):

$$h1 = 2,07 \text{ m}$$

$$h2 = 1,04 \text{ m}$$

$$b = 3,020 \text{ m}$$

$$\theta_i = 7^\circ$$

Material 1:

$$\gamma_{\text{unsat1}} = 17,8 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi_1 = 15^\circ$$

$$C1 = 28,1$$

Material 2:

$$\gamma_{\text{unsat2}} = 19,8 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi_2 = 35^\circ$$

$$C2 = 50$$

$$\begin{aligned} 2. \quad W1 &= \gamma_{\text{unsat1}} \times b \times h1 \\ &= 17,8 \times 3,020 \times 2,07 \\ &= 111,275 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W2 &= \gamma_{\text{unsat2}} \times b \times h2 \\ &= 19,8 \times 3,020 \times 1,04 \\ &= 62,188 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W1 + W2 \\ &= 111,275 + 62,188 \\ &= 173,463 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad \sin\theta &= \sin(7^\circ) \\ &= 0,122 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \times \sin\theta &= 173,463 \times 0,122 \\ &= 21,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad \tan\phi_1 &= \tan(15) \\ &= 0,268 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tan\phi_2 &= \tan(35) \\ &= 0,700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tan \phi_{\text{total}} &= \tan\phi_1 + \tan\phi_2 \\ &= 0,268 + 0,700 \\ &= 0,968 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \times \tan \phi &= 173,463 \times 0,968 \\ &= 167,939 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. \quad C1 \times b &= 28,1 \times 3,020 \\ &= 84,862 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C2 \times b &= 50 \times 3,020 \\ &= 151 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C \times b_{\text{total}} &= (C1 \times b) + (C2 \times b) \\ &= 84,862 + 151 = 235,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \quad (W \times \tan \phi) + (c \times b) &= 167,939 + 235,9 \\ &= 403,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7. \quad Mi &= \{(\cos\theta_i (1 + \tan\theta_i \cdot \tan\phi) / F)\} \\ &= \{(\cos(7) (1 + \tan 7) \cdot 0,968 / F)\} \\ &= \{(\cos(7) (1 + \tan 7) \cdot 0,968 / 3)\} = 1,016 \end{aligned}$$

***Dengan trial and error, dicoba F = 3**

$$\begin{aligned} 8. \quad \{(W \cdot \tan \phi) + (c \cdot b)\} / \{\cos\theta_i (1 + \tan\theta_i \cdot \tan \phi / F)\} \\ &= \{(167,939) + (235,9)\} / \{\cos(7) (1 + \tan(7) \cdot 0,968 / 3)\} \\ &= 403,80 / 1,016 = 397,327 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9. \quad F &= \Sigma \{(W \cdot \tan \phi) + (c \cdot b)\} / \{\cos\theta_i (1 + \tan\theta_i \cdot \tan \phi / F)\} / \Sigma W \times \sin\theta \\ &= 5620,166 / 1590,914 = 3,533 \end{aligned}$$

Nilai *safety factor* (F) dicari dengan cara *trial and error* hingga menemukan angka yang konstan.

***Perhitungan selanjutnya ditabelkan**

Tabel 4.1 Hasil pengukuran dan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada lereng Tunak 2

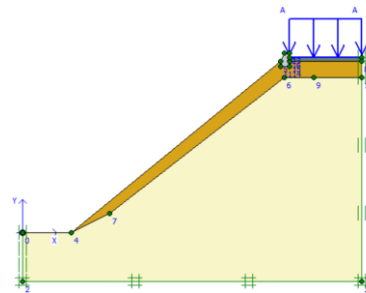
No. Irisan	H1 (m)	H2 (m)	b (m)	θ_i (°)	W1 = $\gamma_{unsat} \cdot b \cdot h_1$ (kN)	W2 = $\gamma_{unsat} \cdot b \cdot h_2$ (kN)	Wbeban (kN)	Wtot (kN)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.09	0	3.02	3	58.594	0.000	0	58.594
2	2.07	1.04	3.02	7	111.275	62.188	0	173.463
3	2.17	2.64	3.02	12	116.651	157.861	0	274.512
4	2.22	4.06	3.02	17	119.338	242.772	0	362.110
5	2.43	4.91	3.02	22	130.627	293.598	0	424.225
6	2.22	6.12	3.02	27	119.338	365.952	0	485.290
7	1.36	7.39	3.02	33	73.108	441.892	0	515.001
8	1.73	6.52	3.02	39	92.998	389.870	56.850	539.718
9	1.61	3.96	3.02	45	86.547	236.792	45.300	368.639
10	1.56	0.89	3.02	52	83.859	53.218	45.300	182.378
Σ					1590.914			
sin θ_i	W. sin θ_i (kN)	tan ϕ	tan 2ϕ	tan ϕ tot	W. tan ϕ (kN)	c1.b (kN)	c2.b (kN)	cb tot (kN)
9	10	11	12	13	14	15	16	17
0.052	3.07	0.268	0.700	0.968	56.728	84.862	151.000	235.9
0.122	21.14	0.268	0.700	0.968	167.939	84.862	151.000	235.9
0.208	57.07	0.268	0.700	0.968	265.771	84.862	151.000	235.9
0.292	105.87	0.268	0.700	0.968	350.579	84.862	151.000	235.9
0.375	158.92	0.268	0.700	0.968	410.717	84.862	151.000	235.9
0.454	220.32	0.268	0.700	0.968	469.837	84.862	151.000	235.9
0.545	280.49	0.268	0.700	0.968	498.601	84.862	151.000	235.9
0.629	339.66	0.268	0.700	0.968	522.531	84.862	151.000	235.9
0.707	260.67	0.268	0.700	0.968	356.901	84.862	151.000	235.9
0.788	143.72	0.268	0.700	0.968	176.570	84.862	151.000	235.9
Σ	1590.914							
(W. tan ϕ) + (c.b)	$M_i = \{(\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \cdot \tan \phi / F))\}$							
18	19	20	21	22	23			
292.59	1.016	1.013	1.013	1.013	1.013			
403.80	1.032	1.026	1.025	1.025	1.025			
501.63	1.045	1.035	1.034	1.034	1.034			
586.44	1.051	1.036	1.035	1.034	1.034			
646.58	1.048	1.030	1.028	1.027	1.027			
705.70	1.038	1.015	1.013	1.012	1.012			
734.46	1.014	0.988	0.985	0.984	0.984			
758.39	0.980	0.950	0.946	0.945	0.945			
592.76	0.935	0.901	0.896	0.896	0.896			
412.43	0.870	0.832	0.827	0.826	0.826			

	$\{(W \cdot \tan \phi) + (c.b)\} / \{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \cdot \tan \phi / F)\}$				
	3.000	3.533	3.615	3.626	3.628
20	21	22	23	24	
1	288.119	288.843	288.937	288.949	288.950
2	391.327	393.589	393.882	393.920	393.925
3	479.919	484.609	485.220	485.299	485.310
4	558.165	565.827	566.829	566.959	566.976
5	616.919	627.839	629.273	629.460	629.484
6	680.180	694.978	696.930	697.184	697.217
7	724.012	743.434	746.011	746.346	746.390
8	773.682	798.631	801.961	802.395	802.451
9	633.765	657.971	661.222	661.646	661.701
10	474.078	495.937	498.899	499.286	499.336
	5620.166	5751.658	5769.164	5771.445	5771.741
SF	3.533	3.615	3.626	3.628	3.628

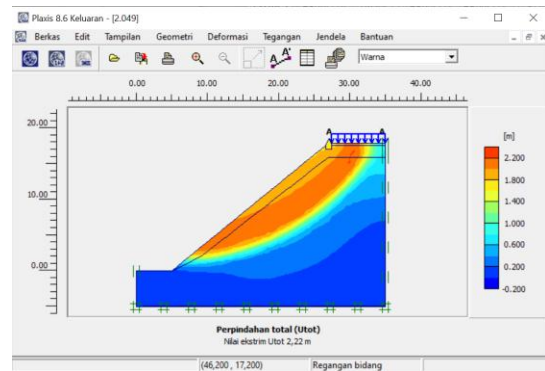
Dari hasil perhitungan metode Bishop untuk mencari nilai *safety factor* diatas dilakukan dengan cara *trial and error* hingga didapatkan nilai *safety factor* yang konstan. maka didapatkan hasil *safety factor* untuk lereng Tunak 2 sebesar 3,628.

• **Pemodelan menggunakan program Plaxis V.8**

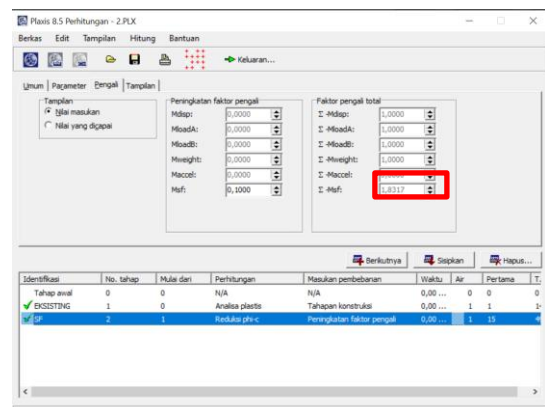
Safety factor dan deformasi akan dianalisis menggunakan *Plaxis V.8* dengan cara mereduksi (mengurangi) nilai parameter kuat geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) secara otomatis sampai terjadi keruntuhan untuk menentukan *safety factor*.



Gambar 4.4 Pemodelan potongan melintang longsor Tunak 2 pada *Plaxis V.8*



Gambar 4.5 Bentuk bidang keruntuhan lereng dan total displacement maksimum sebesar 2,22 m.



Gambar 4.6 Nilai *safety factor* lereng Tunak 1 kondisi eksisting sebesar 1,831

Dari gambar perpindahan total (deformasi) diatas (**Gambar 4.5**) dapat dilihat garis keruntuhan yang terjadi pada lereng Tunak 2 terkonsentrasi hingga kaki lereng. Hal ini ditandai dengan garis berwarna orange yang menunjukkan bahwa perpindahan total terjadi pada daerah tersebut dengan nilai sebesar 2,22 m. Dengan menggunakan metode *phi-c reduction* diperoleh nilai *safety factor* (**Gambar 4.6**) sebesar 1,831.

Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil analisis stabilitas lereng eksisting

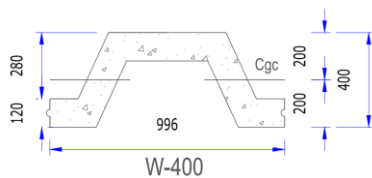
	Tunak 1		Tunak 2
	(a)	(b)	
Bishop	7,95	15,056	3,628
Plaxis	1,424		1,831

Dari analisis stabilitas lereng kondisi eksisting menggunakan metode Bishop dan pemodelan pada aplikasi *Plaxis V.8* didapatkan hasil bahwa nilai *safety factor* diatas angka aman yang disyaratkan yaitu > 1,5 sehingga dapat dikatakan lereng dalam kondisi stabil. Dalam kondisi asli di lapangan, lereng Tunak 1 dan Tunak 2 sudah mengalami kelongsoran sehingga akan tetap dibutuhkan adanya perkuatan lereng berupa *sheet pile*.

4.3. Perkuatan Lereng

4.3.1. Konstruksi *Sheet Pile*

Konstruksi *sheet pile* direncanakan pada lokasi longsor jalan akses TWA Gunung Tunak menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* PT. WIKA Beton, untuk lereng Tunak 1 menggunakan profil W-400A dengan panjang 10 m dan untuk lereng Tunak 2 menggunakan profil W-400 A dengan panjang 14 m. Penentuan panjang *sheet pile* yang digunakan berdasarkan bidang keruntuhan lereng dan tanah keras berdasarkan data hasil SPT.



Gambar 4.7 Dimensi profil *sheet pile* W- 400 A

Data Profil *Sheet Pile*, sebagai berikut:

Profil W-400

1. Jenis Material : Beton
2. Tebal (h) : 0,400 m
3. Lebar (b) : 0,996 m
4. Panjang (L) : 15 m
5. Mutu Beton ($f'c$) : 62 MPa
6. ν : 0,15
7. W : 4,000 kN/m²

Perhitungan parameter *sheet pile* yang digunakan dalam pemodelan *Plaxis V.8*

Modulus Elastisitas (E) = 4700 x $\sqrt{f'c}$ x 1000

$$= 4700 \times \sqrt{62} \times 1000$$

$$= 37007837,01 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Inersia (I)} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 0,996 \times 0,4^3$$

$$= 5,312 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$$

Kekakuan Normal (EA) = Modulus Elastisitas (E) x Luas *Sheet Pile*

$$= 37007837,01 \times (b \times h)$$

$$= 37007837,01 \times (0,996 \times 0,4)$$

$$= 14743922,26 \text{ kN/m}^2$$

Kekakuan Lentur (EI) = Modulus Elastisitas (E) x Momen Inersia (I)

$$= 37007837,01 \times 5,312 \times 10^{-3}$$

$$= 196585,6302 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.3 Data parameter *sheet pile*

No.	Jenis	EA	EI	W	n
1	CCSP W-400 A	14743922,26	96585,6302	4,000	0,15

4.3.2. Analisis Stabilitas Lereng dengan *Sheet Pile*

• Metode Bishop

Pada metode Bishop perkuatan *sheet pile* bekerja sebagai gaya penahan, sehingga persamaannya menjadi:

$$SF = \frac{\tau_f + T}{\tau_d}$$

Keterangan:

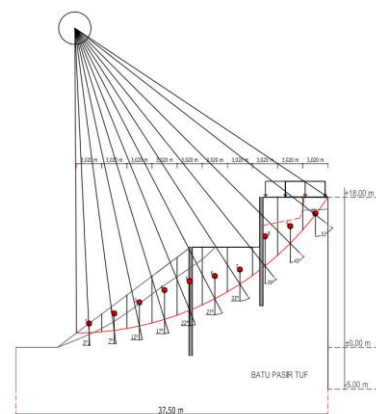
τ_f = kuat geser yang ada dalam batuan (kN/m²)

τ_d = tegangan geser yang menggerakkan bidang longsor (kN/m²)

T = tegangan yang diberikan oleh perkuatan (kN/m²)

SF = *safety factor*

Berikut perhitungan ditabelkan:



Gambar 4.8 Irisan lereng Tunak 2 menggunakan perkuatan *sheet pile*

Tabel 4.4 Perhitungan *safety factor* lereng berdasarkan hasil perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada lereng Tunak 2

No. Lirisan	H1 (m)	H2 (m)	H3 (m)	b (m)	mi	W1 = $\gamma_{unsat} \cdot h \cdot 1$ (kN)	W2 = $\gamma_{unsat} \cdot h \cdot 2$ (kN)	W3 = $\gamma_{unsat} \cdot h \cdot 3$ (kN)	Wshear (kN)	Wtot (kN)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,09	0	0	3,02	3	58,594	0,000	0,000	0	58,594
2	1,09	0	3,02	7	7	102,512	65,178	0,000	0	127,690
3	2,16	2,69	0	3,02	12	116,113	160,851	0,000	0	276,964
4	2,21	4,12	0	3,02	17	118,801	246,360	0,000	0	365,160
5	2,25	5,01	0	3,02	22	120,465	301,272	0,000	0	421,737
6	0	6,18	0	3,02	27	0,000	369,539	0,000	0	369,539
7	0	4,43	0	3,02	33	0,000	264,896	0,000	0	264,896
8	0	4,3	3,58	3,02	39	0,000	393,009	403,872	45,300	801,722
9	0	2,8	2,74	3,02	45	0,000	167,429	152,397	45,300	345,126
10	1,55	0,58	0	3,02	52	83,322	34,682	0,000	45,300	163,303

T	sin θ_i	W. sin θ_i (kN)	tan 1ϕ	tan 2ϕ	tan 3ϕ	tan ϕ tot	W. tan ϕ (kN)
11	12	13	14	15	16	17	18
	0,052	3,07	0,268	0,700	0,510	1,478	86,583
	0,122	21,05	0,268	0,700	0,510	1,478	255,180
	0,208	57,58	0,268	0,700	0,510	1,478	409,265
	0,292	106,76	0,268	0,700	0,510	1,478	539,591
41.600	0,375	163,64	0,268	0,700	0,510	1,478	645,506
	0,454	167,77	0,268	0,700	0,510	1,478	546,062
	0,545	144,27	0,268	0,700	0,510	1,478	391,433
41.600	0,629	314,77	0,268	0,700	0,510	1,478	739,096
	0,707	244,04	0,268	0,700	0,510	1,478	509,986
	0,788	128,68	0,268	0,700	0,510	1,478	241,311
	Σ	1351,635					

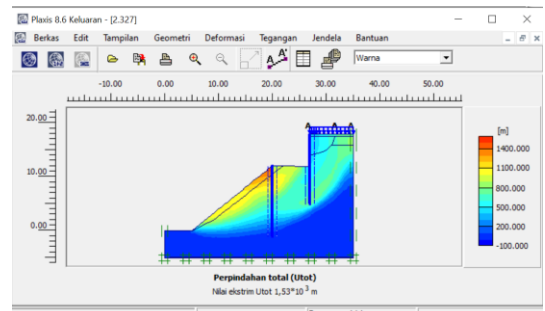
c1.b (kN)	c2.b (kN)	c3.b (kN)	cb tot (kN)	(W. tan ϕ)+(c.b)+T (kN)
19	20	21	22	23
84.862	151.000	45.300	235.9	322.45
84.862	151.000	45.300	235.9	491.04
84.862	151.000	45.300	235.9	645.13
84.862	151.000	45.300	235.9	775.45
84.862	151.000	45.300	235.9	922.97
84.862	151.000	45.300	235.9	781.92
84.862	151.000	45.300	235.9	627.29
84.862	151.000	45.300	235.9	1016.56
84.862	151.000	45.300	235.9	745.85
84.862	151.000	45.300	235.9	477.17

$M_i = \{(\cos \theta_i (1 + tg \theta_i \cdot tg \phi / F))\}$					
3.000	4.427	4.994	5.083	5.095	5.097
24					
1.024	1.016	1.014	1.014	1.014	1.014
1.053	1.033	1.029	1.028	1.028	1.028
1.081	1.048	1.040	1.039	1.038	1.038
1.100	1.054	1.043	1.041	1.041	1.041
1.112	1.052	1.038	1.036	1.036	1.036
1.115	1.043	1.025	1.023	1.023	1.023
1.107	1.020	1.000	0.997	0.997	0.997
1.087	0.987	0.963	0.960	0.960	0.960
1.055	0.943	0.916	0.913	0.912	0.912
1.004	0.879	0.849	0.845	0.844	0.844

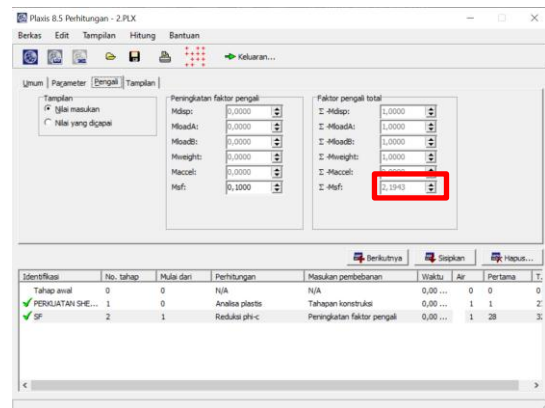
	$\{(W \cdot tg \phi) + (c \cdot b) + T\} / \{\cos \theta_i (1 + tg \theta_i \cdot tg \phi / F)\}$					
	3.000	4.427	4.994	5.083	5.095	5.097
25						
1	314.763	317.337	317.957	318.042	318.054	318.0553166
2	466.516	475.253	477.385	477.678	477.719	477.7241442
3	597.032	615.847	620.512	621.154	621.243	621.255067
4	704.755	735.799	743.612	744.693	744.841	744.8619055
5	830.231	877.164	889.152	890.816	891.045	891.0766167
6	701.513	750.019	762.596	764.347	764.589	764.6220348
7	566.693	614.718	627.400	629.174	629.418	629.4519485
8	935.089	1029.740	1055.216	1058.795	1059.289	1059.357186
9	706.697	790.828	813.940	817.203	817.654	817.7158157
10	475.364	543.055	562.148	564.862	565.237	565.2888227
	5983.890	6749.760	6869.918	6886.766	6889.089	6889.409
SF	4.427	4.994	5.083	5.095	5.097	5.097

Dari hasil perhitungan metode Bishop untuk mencari nilai *safety factor* diatas dilakukan dengan cara trial and error hingga didapatkan nilai *safety factor* yang konstan. maka didapatkan hasil *safety factor* untuk lereng Tunak 2 setelah menggunakan perkuatan sheet pile sebesar 5,097.

• **Pemodelan menggunakan program Plaxis V.8**



Gambar 4.9 Bentuk bidang keruntuhan lereng dan *total displacement* maksimum sebesar $1,53 \cdot 10^3$ m



Gambar 4.10 Hasil *safety factor* lereng Tunak 1 menggunakan perkuatan *sheet pile* sebesar 2,194

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil analisis stabilitas lereng setelah menggunakan perkuatan *sheet pile* profil W-400 A

	Tunak 1		Tunak 2
	(a)	(b)	
Bishop	8,936	19,48	5,097
Plaxis	2,354		2,194

Dari hasil pemodelan perkuatan lereng dengan aplikasi *Plaxis V.8* menunjukkan bahwa nilai *safety factor* pada lereng yang menggunakan perkuatan mengalami peningkatan.

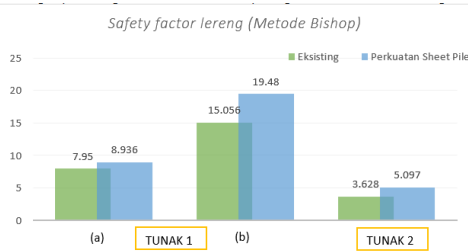
4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengeboran, pengujian geolistrik dan pemodelan eksisting pada *Plaxis V.8* diketahui bahwa jenis kelongsoran yang terjadi pada lereng jalan akses TWA Gunung Tunak merupakan kelongsoran dalam, dengan mekanisme kelongsoran *multiple rotational landslide* dimana hal ini ditandai dengan kejadian longsor yang terjadi secara bertahap, dimulai dari kaki lereng kemudian mahkota lereng dan terdapat lapisan batuan keras di

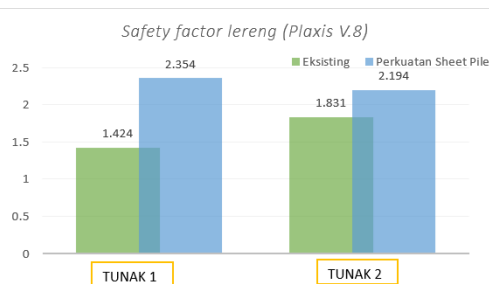
bawah bidang longsor.

Penggunaan perkuatan pasangan batu pada kondisi eksisting yang hanya dipasang di permukaan lereng dan tidak mempertimbangkan bidang longsor tidak dapat menahan beban lereng. Berdasarkan hasil analisis penggunaan *sheet pile* sebagai perkuatan lereng mampu meningkatkan stabilitas lereng dilihat dari hasil nilai *safety factornya* yang mengalami peningkatan karena perkuatan tersebut dipasang menembus bidang longsor lereng TWA Gunung Tunak.

Dapat dilihat pada **Gambar 4.11** dan **Gambar 4.12** berikut.



Gambar 4. 18 Grafik perbandingan nilai *safety factor* lereng eksisting dengan setelah menggunakan perkuatan (Metode Bishop)



Gambar 4. 19 Grafik perbandingan nilai *safety factor* lereng eksisting dengan setelah menggunakan perkuatan (Plaxis V.8)

Perbedaan nilai *safety factor* yang dihasilkan dari masing-masing metode perhitungan baik itu empiris menggunakan metode Bishop dan numerik menggunakan *Plaxis V.8* dikarenakan kedua metode tersebut menggunakan konsep perhitungan yang berbeda. Bishop menggunakan konsep *limit equilibrium* sedangkan *Plaxis V.8* menggunakan konsep *phi-c reduction*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap lereng jalan akses TWA Gunung Tunak di Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah, dapat ditarik beberapa kesimpulan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Kelongsoran pada lereng TWA Gunung Tunak terjadi secara bertahap dalam kurun waktu yang berdekatan dimulai dari kaki lereng kemudian mahkota lereng dan terdapat lapisan batuan keras di bawah bidang longsor berdasarkan hasil pengujian geolistrik dan pengeboran berdasarkan kondisi tersebut maka mekanisme kongsoran yang terjadi merupakan *multiple rotational landslide* dengan jenis kongsoran dalam, berdasarkan klasifikasi kedalaman kongsoran (Broms, 1975).
2. Berdasarkan analisis stabilitas lereng penggunaan perkuatan *sheet pile* mampu meningkatkan nilai *safety factor* jika dibandingkan dengan perkuatan eksisting berupa pasangan batu.

Nilai *safety factor* kondisi eksisting lereng yang dihasilkan untuk lereng tunak 1 (a) dan (b) menggunakan metode Bishop dan pemodelan *Plaxis* berturut-turut sebesar 7,95 dan 15,056 dan 1,424. Kondisi eksisting lereng Tunak 2 berdasarkan perhitungan metode Bishop dan pemodelan *Plaxis* berturut-turut sebesar 3,628 dan 1,831.

Nilai *safety factor* lereng setelah menggunakan perkuatan yang dihasilkan untuk lereng tunak 1 (a) dan (b) menggunakan metode Bishop dan pemodelan *Plaxis* berturut-turut sebesar 8,936 dan 19,48 dan 2,354. Kondisi eksisting lereng Tunak 2 berdasarkan perhitungan metode Bishop dan pemodelan *Plaxis* berturut-turut sebesar 5,097 dan 2,194.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Dalam membandingkan perhitungan empiris dengan numerik sebaiknya menggunakan konsep perhitungan yang sama seperti menggunakan metode Bishop dengan program *Geoslope*.

2. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode perhitungan, aplikasi pendukung dan jenis perkuatan yang lainnya dengan mempertimbangkan kondisi di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustawijaya, Didi S. (2019). *Geologi Teknik*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [2] Agustawijaya, Didi S. (2018). "Influence of Rock Properties in Estimating Rock Strength for Shallow Underground Structures in Weak Rocks", Indonesian Journal on Geoscience, Vol 5, No.2.
- [3] Elia, Sebanya. (2021). "Analisis Perencanaan Sheet Pile pada Tanggul Sungai untuk Mengatasi Kelongsoran Lereng (Studi Kasus: Sungai Lungun, Sabanar Baru, Kabupaten Bulungan)". Fakultas Teknik. Universitas Borneo Tarakan. Tarakan.
- [4] Fahlevi, Farid. (2019). "Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Plaxis V.8 dan Metode Bishop (Studi Kasus: Pembangunan TPA Sipirok)". Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [5] Hardiyatmo, Hary Christady. (2008). *Teknik Pondasi 2*, cetakan keempat. Beta Offset. Yogyakarta.
- [6] Hardiyatmo, Hary Christady. (2018). *Mekanika Tanah 2*, edisi keenam. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- [7] Kurniawan, Danang. (2019). "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Sheet Pile Baja pada Lereng Jalan Tol Balikpapan-Samarinda STA 2+850-3+050". Program Studi Teknik Sipil. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [8] Mahendra, Made., Agustawijaya, Didi S., Suteja, I Wayan., Fahmi, Khaerul. (2022). "Kajian Teknis Akibat Adanya Kerusakan Jalan Akses Taman Wisata Alam (TWA) Gunung Tunak, di Desa Mertak Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah". Fakultas Teknik. Universitas Mataram. Mataram.
- [9] Martiani, Dini Nabila. (2021). "Alternatif Perencanaan Perbaikan Kelongsoran Lereng pada TPA Melonguane, Kabupaten Kepulauan Talaud". Jurnal Teknik ITS, Vol. 10 No. 2.
- [10] Wika Beton. (2017). *Brochure: PC Sheet Pile*.