

Analisis Stabilitas Turap Kantilever Sebagai Pengaman Lereng Timbunan Pada Kawasan Pembangkit Jaringan Binjeita

Diocharline E. Bambi^{#1}, Roski R. I. Legrans^{#2}, Lanny D. K. Manaroinson^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹diocharlinebambi@gmail.com; ²legransroski@unsrat.ac.id; ³lannymanaroinson@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan masyarakat akan pasokan listrik yang meningkat menjadi alasan pembangunan pembangkit jaringan di desa Binjeita. Di lokasi pembangunan pembangkit jaringan ini digunakan turap kantilever bermaterial beton sebagai pengaman lereng timbunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas turap kantilever yang digunakan sebagai pengaman lereng timbunan di lokasi tersebut. Analisis stabilitas turap yang dilakukan yaitu; analisis terhadap tekanan tanah lateral aktif dan pasif, tekanan hidrostatis, dan beban lalu lintas menggunakan metode Rankine pada kondisi statis. Kemudian untuk menentukan momen maksimum dan kedalaman tertanam turap menggunakan metode FMM. Untuk mendapatkan desain optimum dilakukan variasi muka air tanah dalam analisis, sehingga diperoleh defleksi pada masing-masing kondisi muka air tanah yang dapat dibandingkan dengan defleksi ijin SNI 8460:2017. Setelah itu ditinjau kapasitas penampang ijin dan kestabilan lereng. Analisis defleksi dan kestabilan lereng menggunakan software GeoStructural Analysis. Kemudian desain optimum tersebut ditinjau terhadap kondisi dinamis menggunakan metode Mononobe-Okabe dan stabilitas terhadap rembesan menggunakan metode Harza dan Harr. Seluruh analisis dilakukan mengacu pada SNI 8460:2017. Data penyelidikan tanah sondir yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Hasil analisis untuk mendapatkan desain optimum turap kantilever dengan material beton (W-600) untuk referensi tiap titik sondir S-1, S-2 dan S-3 secara berurutan yaitu; panjang turap 11 m, 12 m, 11 m, momen maksimum 141.17 kNm, 146.02 kNm, 141.99 kNm, defleksi 14.5 mm, 16 mm, 14.2 mm, kestabilan lereng 5.13, 5.43, 5.20, nilai FK gempa 1.19, 1.37, 1.24, nilai FK heaving 97.07, 109.84, 98.06, dan nilai FK piping 23.67, 23.52, 22.93. Maka, desain optimum turap kantilever beton tipe W-600 pada kawasan pembangkit jaringan Binjeita diperoleh pada panjang turap kantilever 12 m.

Kata kunci – turap kantilever, lereng, Binjeita

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di desa Binjeita II, kecamatan Bolangitang Timur, kabupaten Bolaang Mongondow Utara, provinsi Sulawesi Utara, dibangun pembangkit jaringan untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik masyarakat sekitar. Pembangkit Jaringan Binjeita dibangun di pesisir pantai untuk kemudahan memperoleh pasokan air yang dibutuhkan peralatan pembangkit agar dapat beroperasi/bekerja dengan maksimal.

Berdasarkan data dari Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), wilayah kabupaten Bolaang Mongondow termasuk wilayah yang rawan gempa karena adanya Sesar Bolaang Mongondow dan nilai PGA yang tinggi yaitu 0.6 g. Didapati juga topografi di daerah tersebut memiliki elevasi yang rendah karena berada di pesisir pantai. Maka untuk memenuhi elevasi rencana proyek pembangunan Pembangkit Jaringan Binjeita diperlukan pekerjaan timbunan.

Salah satu cara untuk mengamankan lereng timbunan di kawasan Pembangkit Jaringan Binjeita dari longsor adalah dengan menggunakan konstruksi pengaman. Konstruksi dinding pengaman menurut SNI 8460-2017 berupa dinding penahan, *embedded wall*, *soil nailing*, dinding MSE dan ankur tanah. Tipe konstruksi yang digunakan pada pekerjaan pembangunan Pembangkit Jaringan Binjeita yaitu konstruksi turap kantilever dari material beton bertulang. Turap merupakan suatu konstruksi berupa dinding vertikal yang biasanya berfungsi untuk menahan tekanan tanah arah horizontal di belakangnya. Konstruksi ini banyak digunakan di daerah yang rawan longsor. Turap memiliki 2 jenis, yaitu; turap kantilever dan turap ankur. Turap kantilever adalah turap yang mengandalkan jepit tanah di bawah sebagai penahan. Turap ankur adalah turap yang menggunakan balok ankur sebagai pengaku.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dari penelitian ini:

1. Berapa panjang turap keseluruhan agar turap mampu menahan gaya-gaya yang timbul?

2. Berapa momen maksimum yang terjadi pada turap kantilever yang direncanakan?
3. Berapa besar defleksi dan kapasitas penampang pada desain optimum turap kantilever yang direncanakan?
4. Bagaimana kestabilan lereng dari desain optimum turap kantilever yang direncanakan?
5. Bagaimana pengaruh gempa terhadap desain optimum turap kantilever yang direncanakan?
6. Bagaimana stabilitas terhadap rembesan dari desain optimum turap kantilever yang direncanakan?

C. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah penelitian ini:

1. Data penelitian yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait
2. Turap yang dianalisis di bagian dekat muara sungai Binjeita
3. Tipe turap yang digunakan adalah turap kantilever
4. Material turap yang digunakan adalah beton bertulang
5. Pengaruh pasang surut air laut dan banjir di sungai tidak disertakan dalam analisis

D. Tujuan Penelitian

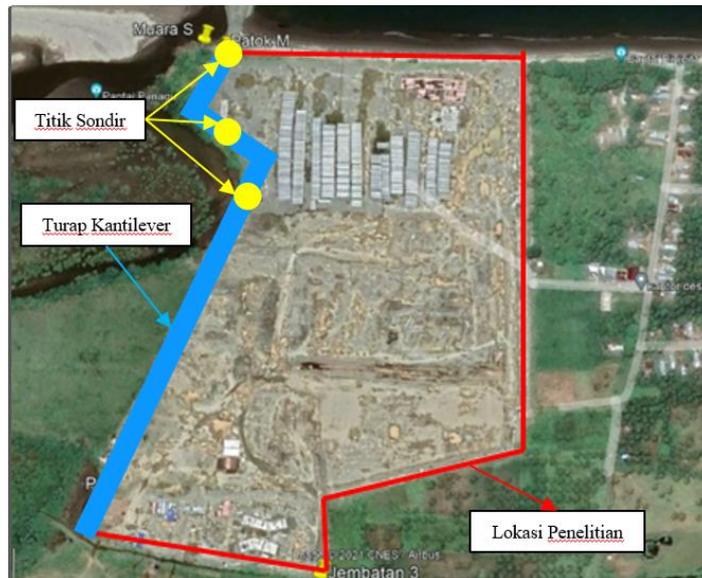
Adapun tujuan penelitian ini:

1. Untuk menghitung panjang turap dan momen maksimum berdasarkan referensi dari hasil uji sondir yang ada.
2. Untuk menghitung kapasitas penampang dan defleksi turap.
3. Untuk menghitung faktor keamanan yang meliputi keamanan terhadap stabilitas lereng, pengaruh gempa dan stabilitas dasar galian.
4. Untuk mendapatkan desain optimum dari turap yang dianalisis.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat:

1. Dapat dijadikan sebagai studi literatur mengenai stabilitas turap kantilever.
2. Memberikan informasi mengenai konstruksi turap yang direncanakan menurut SNI 8460-2017.
3. Memberikan informasi mengenai desain optimum turap kantilever di kawasan Pembangkit Jaringan Binjeita untuk dijadikan sebagai bahan pertimbangan ke depannya.
4. Dapat menjadi rujukan dalam menganalisis turap yang berada di sekitar daerah aliran sungai untuk mencegah terjadinya kegagalan pada lereng dan dasar galian.



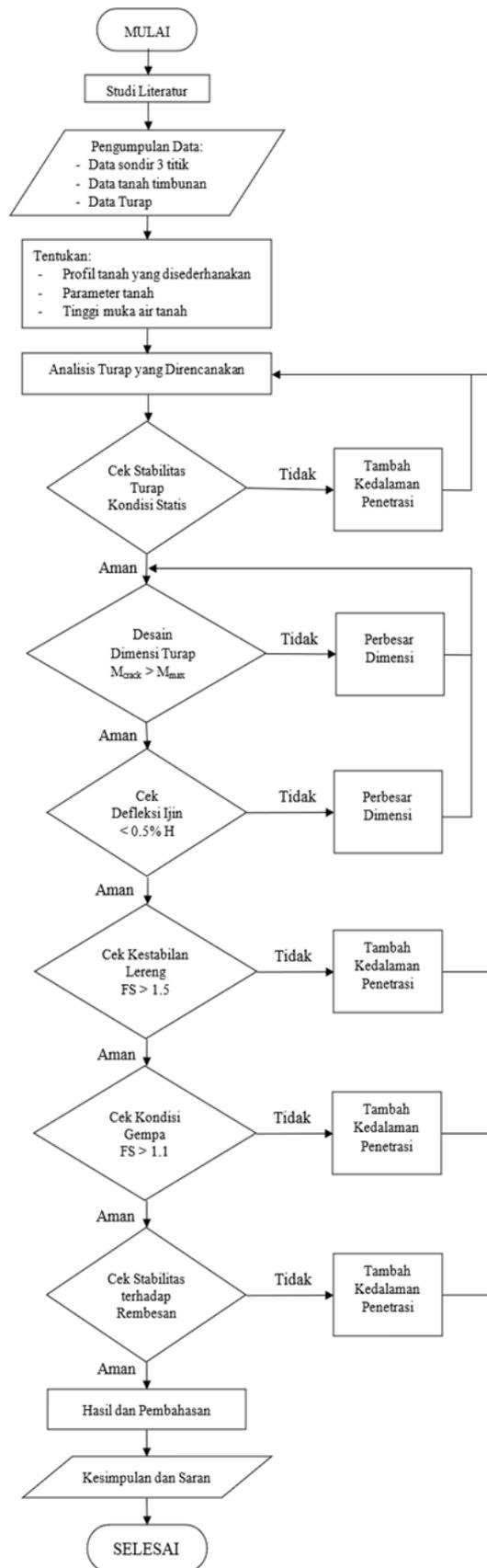
Gambar 1. Lokasi Penelitian

II. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di proyek pembangunan Pembangkit Jaringan di desa Binjeita II, kecamatan Bolangitang Timur, kabupaten Bolaang Mongondow Utara, provinsi Sulawesi Utara. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Bagan Alur Penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Di daerah aliran sungai Binjeita yang berdekatan dengan area lokasi konstruksi pembangkit jaringan

sampai dengan muara sungai tidak terdapat aktivitas perikanan tangkap. Aktivitas yang ada hanya berasal dari kegiatan konstruksi pembangkit jaringan. Aktivitas konstruksi tersebut didahului oleh pekerjaan timbunan tanah untuk mendapatkan elevasi rencana, pemasangan turap kantilever di sepanjang batas lahan yang berdekatan dengan daerah aliran sungai dan pekerjaan pembangunan pembangkit jaringan.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengolahan Data Tanah

Data yang digunakan berupa data sekunder hasil uji sondir kemudian diolah menggunakan persamaan dalam *CPT Data Interpretation Theory Manual (Rocscience 2021)*. Hasil pengolahan data tanah beserta jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Perhitungan Turap terhadap Kondisi Statis

Perhitungan desain turap kantilever pada kondisi statis menggunakan metode Rankine untuk menghitung koefisien tanah aktif dan pasif. Kemudian untuk menghitung panjang kedalaman tertanam serta momen maksimum turap digunakan Metode FMM. Hasil perhitungan untuk mendapatkan panjang turap dan momen maksimum pada titik S-1 dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya dilakukan kontrol terhadap guling dengan panjang tertanam turap 8.23 m (1.2d_o) hasil yang didapat FS = 1.17 yang mana tidak memenuhi syarat SNI 8460:2017 FS > 1.5, Maka dilakukan kontrol ulang terhadap guling dengan menambah panjang tertanam turap menjadi 11.66 m (1.7d) dengan hasil FS = 1.51 > 1.5, dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Perhitungan turap kondisi statis juga dilakukan menggunakan *software GeoStructural Analysis* dengan hasil pada Tabel 4.

C. Kapasitas Penampang

Material yang digunakan pada turap yang direncanakan adalah Beton bertulang. Maka, digunakan data profil turap beton dari katalog PC SHEET PILES oleh WIKA Beton.

Diketahui dari perhitungan sebelumnya, momen maksimum yang diperoleh :

$$M_{max} = 342.44 \text{ kN.m} = 34.92 \text{ ton.m}$$

$$M_{max} \times 1.2 \text{ (Safety Factor)} = 34.92 \times 1.2 = 41.90 \text{ ton.m}$$

Profil turap beton tipe **W-600** (Gambar 4) dengan

$$M_{crack} = 50.60 \text{ ton.m}$$

$$M_{crack} > M_{max}$$

$$50.60 \text{ ton.m} > 41.90 \text{ ton.m} \dots\dots\text{OK!}$$

Perhitungan kapasitas penampang lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

D. Defleksi

Defleksi atau deformasi adalah pergerakan dinding vertikal secara horizontal yang menyebabkan terjadinya kegagalan rotasional pada dinding turap. Nilai defleksi maksimum menurut SNI 8460:2017 adalah 0,5% H sebagai batas toleransi defleksi dinding dengan H sebagai tinggi galian. Hasil perhitungan defleksi menggunakan bantuan software *Geostructural Analysis* dapat dilihat pada Tabel 5.

E. Kestabilan Lereng

Perhitungan faktor keamanan kestabilan lereng menggunakan bantuan software *Geostructural Analysis* dengan metode Bishop yang bekerja berpusatkan pada prinsip keseimbangan batas yaitu menghitung kekuatan geser yang mampu menahan besarnya tegangan geser yang bekerja pada konstruksi tersebut. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.

F. Perhitungan Turap terhadap Kondisi Dinamis

Nilai PGA di lokasi penelitian termasuk cukup tinggi yaitu 0.6 g (Gambar 7), maka dari itu diperlukan perhitungan untuk mengecek keamanan konstruksi turap kantilever terhadap gempa.

Perhitungan turap kantilever pada kondisi dinamis menggunakan metode Mononobe-Okabe untuk menghitung koefisien gempa tanah aktif dan pasif. Kemudian untuk letak resultan gaya akibat gempa digunakan teori dari Budhu. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

G. Perhitungan Stabilitas Dasar Galian

Berdasarkan sifat air yang mengalir dari tinggi ke rendah, begitu pula yang terjadi saat terdapat perbedaan muka air tanah pada depan dan belakang turap. Hal yang terjadi adalah air mengalir dari *upstream* menuju ke *downstream* yang menyebabkan terbentuknya aliran rembesan dibawah dasar galian turap (Gambar 8). Terdapat beberapa kegagalan akibat rembesan yaitu *heaving* dan *piping*. Hasil perhitungan faktor keamanan keaving dan piping menggunakan metode Harza dan Harr dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 1
Perhitungan Kondisi Statis – Ref. Titik Sondir S-1

MANUAL		
Kedalaman MAT (m)	panjang turap	momen _{max}
	m	kN.m
0.5	11.43	342.44
1	10.78	269.95
1.5	10.21	218.73
2	9.75	185.12
2.5	9.33	159.33
3	8.97	141.17

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 2
Kontrol Terhadap Guling – Ref. Titik Sondir S-1

Section	Momen guling	Momen penahan	
	(kN.m)	(kN.m)	
Eq ₁	93.03	-	
P ₁	95.32	-	
Eq ₂	38.12	-	
P ₂	80.25	-	
P ₃	16.04	-	
Eq ₃	215.41	-	
P ₄	637.28	-	
P ₅	766.22	-	
P ₆	-	7635.91	
P _{w,a}	4843.54	-	
P _{w,p}	-	2593.21	
Total	6785.20	10229.12	
KONTROL	FS > 1.5	1.51	OK

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 3
Kontrol Terhadap Guling Pada Berbagai Kedalaman MAT – Ref. Titik Sondir S-1

MANUAL			
Kedalaman MAT (m)	panjang turap	SF > 1.5	
	m		
0.5	14.86	1.51	AMAN
1	13.94	1.51	AMAN
1.5	13.14	1.52	AMAN
2	12.48	1.53	AMAN
2.5	11.88	1.54	AMAN
3	10.89	1.50	AMAN

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 4
Hasil Perhitungan Momen Maksimum Pada Berbagai Kedalaman MAT dengan GSA – Ref. Titik Sondir S-1

GSA		
Kedalaman MAT (m)	panjang turap	momen _{max}
	m	kN.m
0.5	11.49	385.79
1	10.81	308.37
1.5	10.2	248.89
2	9.66	204.79
2.5	9.2	172.74
3	8.81	151.91

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 5
Hasil Perhitungan Kapasitas Penampang, Defleksi dan Kestabilan Lereng – Ref. Titik Sondir S-1

Kedalaman MAT (m)	Panjang Turap (m)	M _{max} < M _{crack}	δ _{max} < δ _{ijin}	Kestabilan lereng	Kontrol
		M _{crack} = 50.60 ton.m	δ _{ijin} = 16 mm	FS > 1.5	
0.5	15	34.92	48.5	5.83	TIDAK MEMENUHI
1	14	27.53	35.8	5.61	TIDAK MEMENUHI
1.5	14	22.30	27.1	5.77	TIDAK MEMENUHI
2	13	18.88	21.0	5.60	TIDAK MEMENUHI
2.5	12	16.25	17.1	5.37	TIDAK MEMENUHI
3	11	14.40	14.5	5.13	MEMENUHI

Sumber : Hasil Anal

TABEL 6
Faktor Keamanan Terhadap Pengaruh Gempa – Ref. Titik Sondir S-1

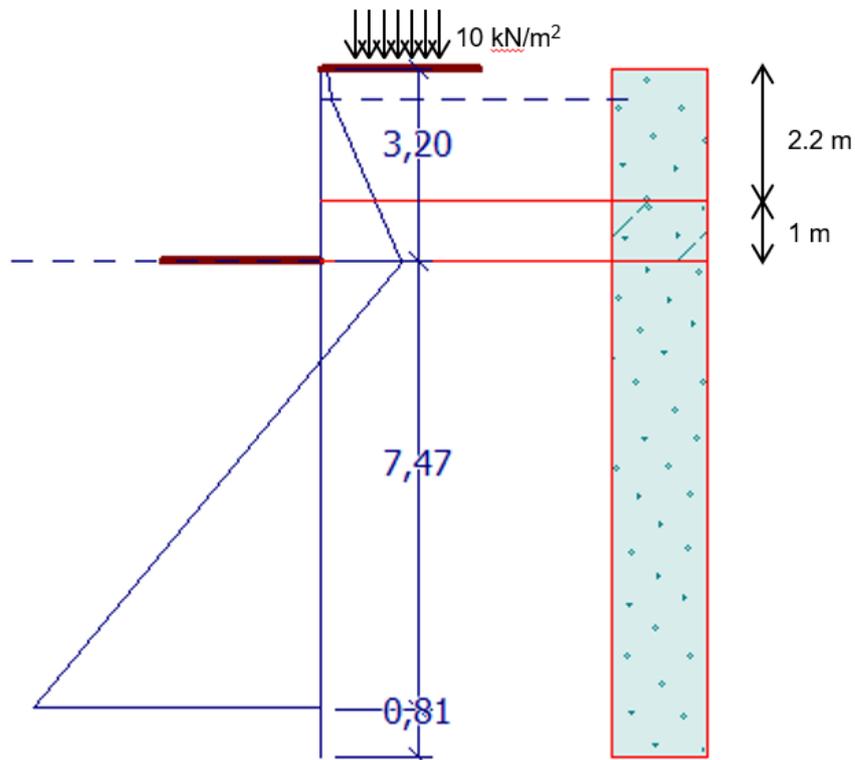
Titik Sondir	panjang turap (L)	FK Dinamis
	m	FK > 1.1
1	11	0.48
2	12	1.37
3	11	1.24

Sumber : Hasil Analisis

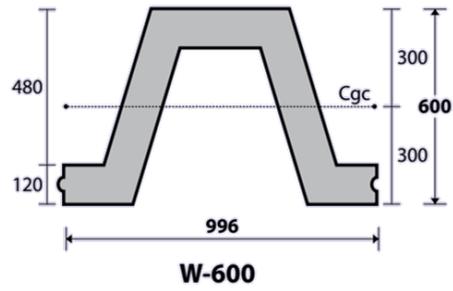
TABEL 7
Faktor Keamanan terhadap Heaving dan Piping – Ref. Titik Sondir S-1

Titik Sondir	panjang turap (L)	Heaving	Piping
	m	FK > 1.25	FK > 1.5
1	11	97.07	23.67
2	12	109.84	23.52
3	11	98.06	22.93

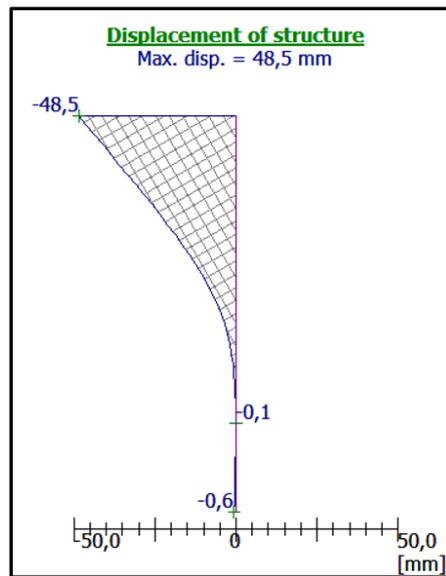
Sumber : Hasil Analisis



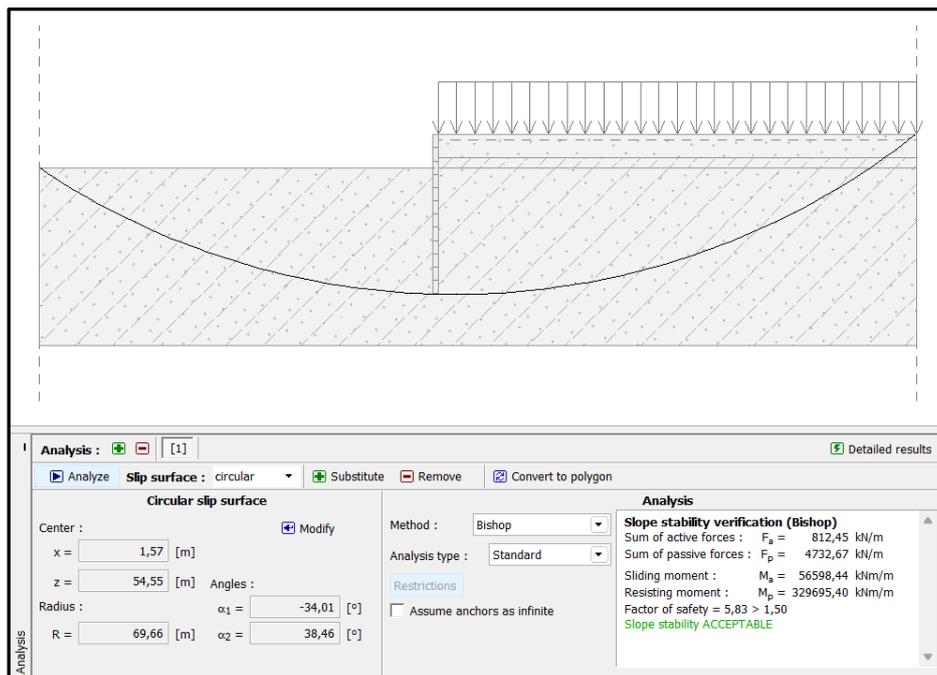
Gambar 3. Sketsa Desain Turap Kantilever – Ref. Titik Sondir S-1



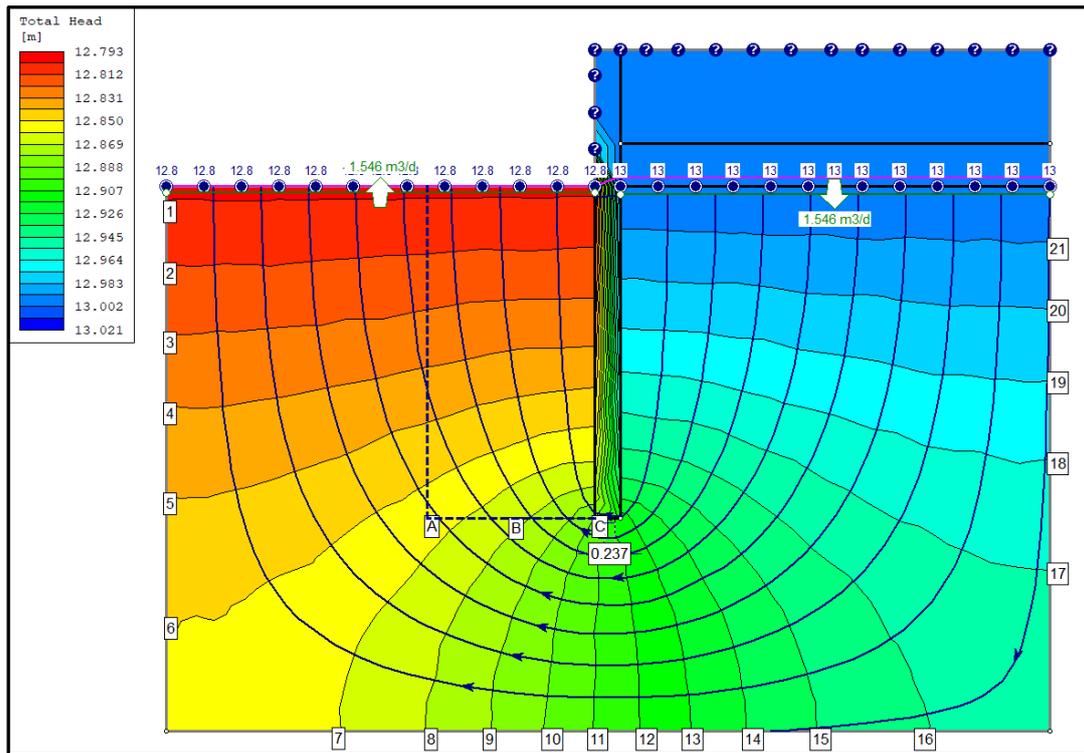
Gambar 4. Profil Penampang Turap Kantilever



Gambar 5. Grafik Defleksi (GeoStructural Analysis)



Gambar 6. Faktor Keamanan Kestabilan Lereng



Gambar 8. Sketsa Flow Ne Dengan kedalaman MAT 3.0 m – Ref. Titik Sondir S-1

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis stabilitas turap kantilever yang dilakukan dengan menggunakan referensi data hasil uji sondir 3 titik, diperoleh:

1. Panjang turap dan momen maksimum pada tiap hasil uji sondir:
 Titik Sondir 1 panjang turap (L) = 11 m
 $M_{max} = 141.17 \text{ kNm} = 14.39 \text{ ton.m}$
 Titik Sondir 2 panjang turap (L) = 12 m
 $M_{max} = 146.02 \text{ kNm} = 14.89 \text{ ton.m}$
 Titik Sondir 3 panjang turap (L) = 11 m
 $M_{max} = 141.99 \text{ kNm} = 14.48 \text{ ton.m}$
2. Setelah dianalisis, momen maksimum dari panjang turap tiap titik sondir memenuhi batas aman kapasitas penampang turap beton tipe W-600 yaitu $M_{max} < M_{crack}$ (50.60 tonm). Selanjutnya besar defleksi yang dihasilkan; 14.5 mm (S-1), 16 mm (S-2), dan 14.2 mm (S-3). Besar defleksi tersebut aman terhadap defleksi ijin < 16 mm.
3. Faktor keamanan turap unruk S-1, S-2, dan S-3 yang diperoleh secara berturut-turut adalah; FK kestabilan lereng 5.13, 5.43, 5.20, FK gempa 1.19, 1.37, 1.24, FK heaving 97.07, 109.84, 98.06, dan FK piping 23.67, 23.52, 22.93. Seluruh Faktor Keamanan yang diperoleh aman terhadap persyaratan SNI 8460:2017.
4. Desain optimum turap kantilever beton tipe W-600 pada kawasan pembangkit jaringan Binjeita diperoleh panjang turap 12 m, dengan M_{max} 146.02 kNm, defleksi 14.5 mm, FK kestabilan lereng 5.13,

FK pengaruh gempa 1.37, FK stabilitas dasar galian = 97.07 (*heaving*) dan 23.67 (*piping*).

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan perbandingan dengan jenis dinding penahan tanah yang lain agar mendapatkan banyak opsi desain optimum selain turap kantilever.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh hidrologi karena berdekatan dengan sungai Binjeita.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh pasang surut air laut.
4. Apabila terdapat kenaikan muka air tanah, perlu dilakukan analisis *dewatering*.

KUTIPAN

- [1] Anonymous. (2021). CPT Data Interpretation Theory Manual. Rocscience Inc.
- [2] Ansyah, A. 2019. Analisis Stabilitas Sheet Pile Sebagai Perkuatan Tebing Sungai Alam Stadion Sempaja Samarinda. Kurva Mahasiswa. Vol. 1, Is. 1, pp. 1726-1732.
- [3] Bappenas. Evaluasi RPJMN. https://www.bappenas.go.id/files/5113/5022/6066/3-sulutfix_20091208131455_2473_12.doc&sa=U&ved=2ahUKewip6cugkdn0AhWF7nMBHXxDDXoQFnoECAUQAQ&usg=AOvVaw0Ya3XzanLI4q3wnQEcaDQa, 20 November 2021.

- [4] Bowles, J. E. 1997. *Foundation Analysis And Design* Fifth Edition. McGraw-Hill Book Co. Singapore.
- [5] Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. terjemahan Noor Endah dan Indrasurya Mochtar. Erlangga. Jakarta.
- [6] Das, B. M. 2007. *Principles of Foundation Engineering* Sixth Edition. Chris Carson. United States.
- [7] Gouw, T. L. 1996. *Aspek Geoteknik (Perencanaan Dinding Diaphragma)*. PT. Limara. Jakarta.
- [8] Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I Edisi Ketiga*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [9] Harr, M. E. 1962. *Groundwater and Seepage*. McGraw-Hill. New York.
- [10] Harza, L. F. 1935. Uplift and Seepage Under Dams on Sand. ASCE. No. 100, pp. 1352-1406.
- [11] Hidayat, I. dan Kusuma, A. 2021. Permodelan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Analisis Kesetimbangan Batas Dan Elemen Hingga. *Jurnal Online Sekolah Tinggi Teknologi Mandala*. Vol. 16, Is. 1, pp. 87-96.
- [12] Illahi, R. 2021. Analisis Stabilitas Dinding Turap Kantilever Sebagai Perkuatan Tebing Sungai Menggunakan Metode Elemen Hingga Pada Ruas Jalan Kuin Utara Kota Banjarmasin. Disertasi program doktoral. Universitas Islam Kalimantan.
- [13] Legrans, R. R. (2011). Analisa Turap Kantilever Pada Tanah Pasir Mengandung Belerang. *TEKNO*, Vol. 9, Is. 55, pp. 8-13.
- [14] Nanda, N. 2020. Studi Stabilitas Lereng Jalan Tarusan Painan Pesisir Selatan dan Penanggulangannya. *Civil Engineering Collaboration*, pp.82-91.
- [15] Robertson, P. K dan Cabal, K. L. 2010. *Guide to Cone Penetration Testing for Geo-Environmental Engineering*. Gregg Drilling & Testing, Inc. California.
- [16] SNI 8460:2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- [17] Tanaka, T. dan Verruijt, A. 1999. Seepage Failure of Sand Behind Sheet Piles—The Mechanism and Practical Approach to Analyze—. *Soils and Foundations*, Vol. 39, Is. 3, pp. 27-35.
- [18] Yuliet, R. 2014. Studi Stabilitas Turap Beton pada Tepi Sungai Anai Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 13, Is. 1, pp. 56-68.