

**Analisis Stabilitas Lereng Serta Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe
Cantilever Wall dan Tipe Gravity Wall**

(Studi Kasus: Perumahan Rich Village – Jember)

***Analysis Of Slope Stability Of Cantilever Wall Type and Gravity Wall Type Land
Retaining Walls***

(Case study: Perumahan Rich Village – Jember)

Muhlis Amiruddin¹, Arief Alihudien², Pujo Priyono³

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: nuhlis.teknik@gmail.com

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: pujopriyono@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Perumahan Rich Village Kabupaten Jember termasuk dalam kawasan perbukitan yang dilintasi oleh aliran Sungai Sekar dan mempunyai kontur tanah yang bervariasi. Kontur tanah pada bagian lereng tergolong curam sepanjang aliran Sungai Sekar serta termasuk dalam kategori kritis. Akibat kondisi tersebut mengakibatkan tanah mengalami pergeseran, gerusan akibat curah hujan dan keruntuhan akibat debit sungai yang deras. Metode yang digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah analisis stabilitas lereng dengan metode bishop. Hasil analisis stabilitas lereng menunjukkan nilai F_s sebesar 1.854, sedangkan F_s yang disyaratkan yaitu sebesar 1.500, nilai SF pada lereng tersebut lebih besar dari yang disyaratkan, maka lereng termasuk dalam kategori Stabil.

Kata kunci: Kontur, Kritis, Metode Bishop, F_s

Abstract

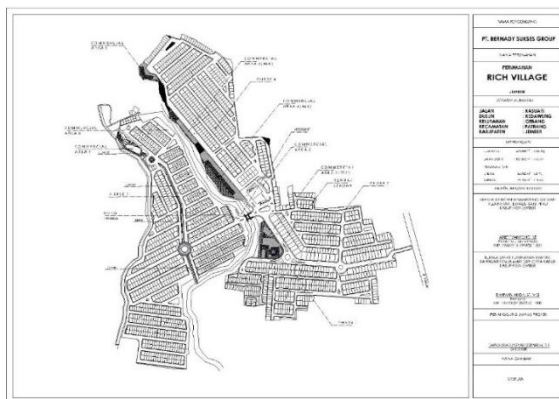
The Rich Village housing estate in Jember Regency is a hilly area crossed by the Sekar River and has varying soil contours. The contour of the soil on the slope is relatively steep along the Sekar River and is included in the critical category. As a result of these conditions, the soil experienced shifting, and scouring due to rainfall and collapse due to heavy river discharge. The method used to overcome this is the analysis of slope stability with the bishop method. The results of the slope stability analysis show the F_s value of 1,854, while the required SF is 1,500, the F_s value on the slope is greater than required, so the slope is included in the Stable category.

Keywords: contour, critical, bishop method, F_s .

1. Pendahuluan

Perumahan Rich Village terletak di Kabupaten Jember seperti pada **Gambar 1** termasuk dalam kawasan perbukitan yang dilintasi oleh aliran Sungai Sekar dan pada saat ini mengalami perubahan tata guna lahan, dengan topografi yang masih sama. Kontur tanah yang memiliki lereng curam pada sepanjang aliran Sungai Sekar termasuk dalam kategori kritis dan struktur tanah yang tidak stabil membuat tanah mudah mengalami pergeseran, dan gerusan akibat curah hujan serta debit air sungai yang deras terbukti dengan adanya beberapa titik keruntuhan. Untuk menemukan solusi yang tepat dalam penanganan longsor di Perumahan Rich Village, diperlukan analisis stabilitas lereng.

Hal tersebut bertujuan untuk mengevaluasi potensi longsor yang dapat terjadi pada lereng. Adapun evaluasi potensi longsor meliputi menganalisa nilai keamanan kestabilan lereng sebelum ada perkuatan, menganalisa Desain Dinding Penahan Tanah *Tipe Cantilever wall* dan *Tipe Gravity wall* sesuai peraturan yang sudah ditentukan serta menganalisa Efisiensi Dinding Penahan Tanah *Tipe Gravity Wall* dan *Tipe Cantilever Wall* sesuai peraturan yang telah ditentukan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber : Master Plan Bernady Sukses Group,
2023

2. Tinjauan Pustaka

• Definisi Tanah

Tanah tercipta berlapis- lapis sebab proses fisik, kimiawi, serta biologis yang meliputi transfigurasi bahan tanah. Di golongan Insinyur Sipil, membagi modul penyusun kerak bumi atas 2 tipe, yaitu “tanah” serta “batuan”. Tanah merupakan sekumpulan butiran agregat yang dapat terpisahkan oleh sesuatu metode mekanis apabila agregat tersebut larutkan dalam air. Sebaliknya batuan merupakan agregat yang mineralnya satu sama lain dirangkai oleh gaya-gaya kohesif yang mutlak serta kokoh, serta tidak dapat diceraikan dengan metode mekanis.

• Klasifikasi Tanah

Terdapat banyak kasus yang terjadi pada tanah dasar baik tanah tersebut mengalami penurunan akibat beban dari struktur sehingga perlu dilakukan kajian – kajian terhadap kasus tersebut.

Terdapat 2 sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System (USCS)* dan *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

• Sifat Mekanis Tanah

Menurut (Djunaedi, 2020) indikator - indikator yang digunakan dalam menentukan sifat mekanis tanah adalah .

a. Berat Volume Tanah

Berat volume tanah diperoleh dari membandingkan atas berat tanah dengan volume tanah yang di uji.

b. Angka Permeabilitas Tanah

Menurut (Das dkk., 1993) Angka permeabilitas tanah itu tergantung dari tipe tanah.

c. *Poisson Ratio*

Poisson Ratio adalah nilai yang membandingkan antara regangan lateral dengan tegangan aksial untuk memperoleh hubungan antara Modulus Elastisitas dengan Modulus Geser.

d. *Modulus Young*

Modulus Young merupakan komparasi antara tegangan yang muncul terhadap regangan pada pengujian *Triaxial Test*.

e. Kohesi

Kohesi adalah gaya yang bertarik-tarikan antar elemen dalam tanah, dituliskan satuan berat per satuan luas. Jika kuat geser bertambah besar maka akan berbanding lurus dengan kohesinya.

f. Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam adalah sudut yang muncul dari material yang dibebani melebihi dari gaya geser tersebut.

g. *Void Ratio*

Void Ratio merupakan perbandingan anagtar rongga dalam butir butir tanah dengan volume dari tanah tersebut.

- Stabilitas Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang terhubung diatas permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng tercipta secara alami dan juga dapat dibentuk oleh manusia.

Keadaan tanah setiap lokasi berbeda beda oleh sebab itu analisa stabilitas pada saat akan melakukan pembangunan struktur baik gedung, jembatan ataupun yang lainnya adalah dengan memperhitungkan kondisi tanah dengan tujuan sebagai berikut:

- Daya dukung tanah meningkat
- Lapisan tanah tidak mengalami penurunan
- Menstabilkan *swelling* dan resapan tanah
- Menstabilkan tanah

- Dinding Penahan Tanah (DPT)

Dalam sebagian pekerjaan proyek konstruksi sering didapati tanah dasar yang tidak ideal, kondisi ini dapat berakibat buruk apabila tidak dilakukan analisa dengan baik dengan Konsultan perencana. Oleh sebab itu, dalam sebagian kondisi yang perlu dilakukan perlakuan perkuatan tanah.

Tujuan melakukan perkuatan pada tanah urugan adalah sebagai berikut:

1. Faktor keamanan meningkat sesuai perencanaan
2. Timbunan Bertambah tinggi
3. Mempermudah dalam Pelaksanaan
4. Memperkuat tanah timbunan untuk menghindari penurunan setelah konstruksi secara bersamaan.

- Perkuatan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan salah satu bentuk desain konstruksi memperkuat tanah yang memiliki fungsi untuk meminimalisir apabila terjadi keruntuhan pada bidang tanah yang berkontur curam maupun lereng yang dalam kondisi labil. *Retaining wall* klasifikasikan menjadi 2 macam yaitu *Retaining wall* konvensional dan *Retaining wall Mechanically Stabilized Earth (MSE)*.

Retaining wall konvensional selanjutnya dipilah-pilah menjadi sejumlah 6 macam:

1. *Retaining wall type gravitasi*
2. *Retaining wall type semi-gravitasi*
3. *Retaining wall type cantilever wall*
4. *Retaining wall type counterfort*
5. *Retaining wall type krib*
6. *Retaining wall type reinforced earth wall*

- *Stabilitas Retaining wall*

Saat mendesain *Retaining wall* komponen yang menentukan adalah keadaan lateral pada tanah sehingga perlu wawasan tentang keadaan tanah lateral. keadaan tanah lateral ialah gaya yang diakibatkan oleh desakan tanah yang berada di belakang struktur *Retaining wall*.

• Stabilitas Terhadap Guling

Berdasarkan gaya momen guling yang muncul maka struktur mesti mampu membendung dengan momen dampak beban sendiri *Retaining wall* dan momen dampak berat tanah yang menumpu pada pelat pondasi.

Faktor keamanan stabilitas guling bisa dicari dengan rumus pada Persamaan 2.17 sebagai berikut:

$$F_{gl} = \frac{\sum Mw}{\sum gl} \quad (2.17)$$

Gaya momen yang melawan guling $\sum Mw$
 Gaya momen mengakibatkan guling $\sum Mgl$

Syarat indikator keamanan pada stabilitas guling bersandar pada jenis tanah, berikut adalah angka keamanan pada tanah:

- F_{gl} ≥ 1.50 untuk tanah berbutir halus
- F_{gl} ≥ 2.00 untuk tanah berbutir kasar

• Stabilitas Terhadap Geser

(Hardiyatmo, 2002) menyebutkan bahwa reaksi gaya yang menggeser *Retaining wall* akan dihentikan oleh reaksi tanah pasif yang berada didepan *Retaining wall* apabila ada tanah urugan dan gaya gesek yang muncul pada tanah dengan bagian bawah pondasi.

Faktor keamanan pada stabilitas geser bisa dicari dengan rumus pada Persamaan 2.18 - 2.21 berikut.

$$F_{gs} = \frac{\sum Rh}{\sum Pah} \quad (2.18)$$

Tahanan *retaining wall* terhadap geser .. $\sum Rh$
 Total gaya horizontal..... $\sum Ph$

Angka keamanan stabilitas geser sekurang-kurangnya 1,50 pada dasar tanah pondasi. (Bowles, 1989) menyebutkan:

- F_{gs} ≥ 1.50 bagi tanah dasar berbutir halus
- F_{gs} ≥ 2.00 bagi tanah dasar berbutir kasar

• Kemampuan Daya Dukung Tanah

Menurut Hardiyatmo terdapat sejumlah persamaan untuk memperkirakan nilai stabilitas

pada kemampuan daya dukung tanah. untuk memperkirakan nilai stabilitas pada kemampuan daya dukung tanah secara global dapat menentukan nilai tegangan ultimit, lalu metode terzhagi dapat menentukan nilai tegangan maksimal dan minimal.

(Bowles, 1989) menyatakan tahapan proses untuk perhitungan dapat dituliskan di Persamaan 2.22-2.33 berikut.

Angka Eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2 \frac{\sum Mw - \sum Mgl}{\sum W}} \quad (2.22)$$

Dimana:

- Gaya yang perlawanan guling $\sum M w$
- Gaya yang penyebab guling $\sum M gl$
- Berat tanah di pelat pondasi + berat retaining wall... $\sum W$
- Angka eksentrisitas e
- Lebar dasar B

Aspek keamanan pada keruntuhan kemampuan daya dukung tanah dirumuskan di Persamaan 2.34 berikut.

$$FS_{(Kapsitas\ daya\ dukung)} = \frac{qu}{q_{maks}} \geq 3 \quad (2.34)$$

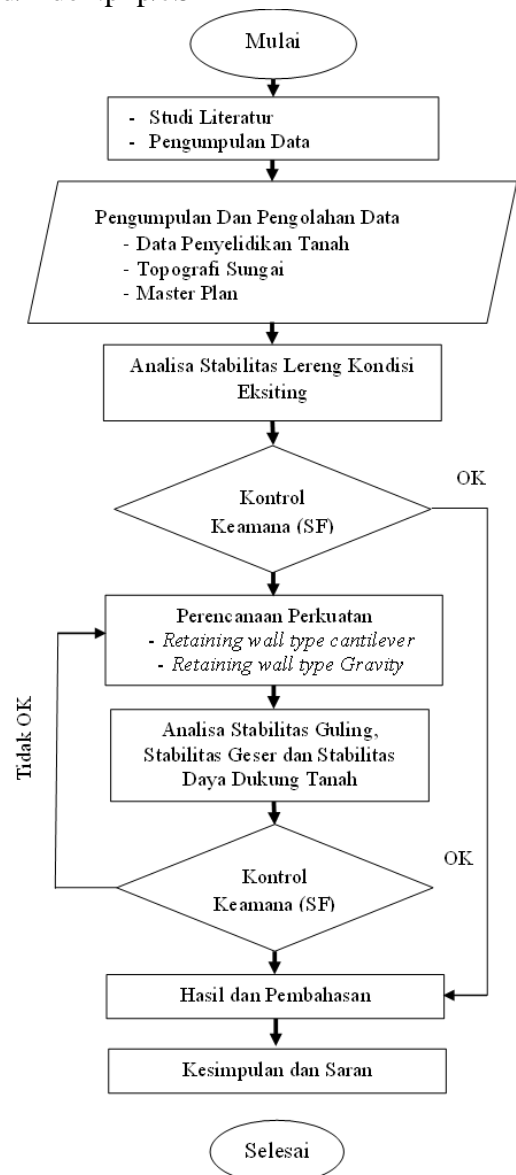
Dimana:

- Pressure tanah ultimit..... qu
- Pressure maksimum berat strukur ... qmaks

3. Metode

Metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng kondisi eksiting diawali dengan melakukan studi literatur pengumpulan data. Pengumpulan data meliputi pengambilan data penyelidikan tanah, data topografi sungai serta masterplan lokasi penelitian. Dari data yang didapat kemudian dilanjutkan dengan menganalisa stabilitas lereng untuk mengetahui kontrol SF atau faktor keamanan (*safety factor*). Apabila nilai SF tidak terpenuhi maka dilakukan perencanaan penguatan. Adapun perencanaan perkuatan meliputi *Cantilever Wall* dan *Grafiti Wall*.Setelah perencanaan

perkuatan telah dilakukan maka analisis stabilitas perkuatan dapat ditentukan nilai SF. Jika nilai SF terpenuhi maka analisis tersebut bisa diselesaikan serta dapat ditarik kesimpulan. Akan tetapi jika dari perhitungan perencanaan perkuatan meliputi *Cantilever Wall* dan *Gravity Wall* belum memenuhi nilai SF maka perencanaan kembali pada pengumpulan data awal penyelidikan tanah, data topografi sungai serta masterplan lokasi penelitian. Adapun tahapan tahapan dari analisis diatas dapat dilihat pada gambar diagram alir berikut pada **Gambar 2**.



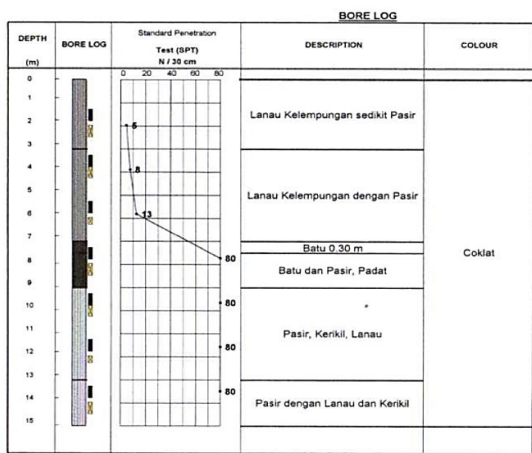
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Data *Standart Penetration Test* (SPT) dan Boring

Pengambilan data boring dan *Standard Penetration Test* (SPT) dimulai dari kedalaman - 1.50 m dari tanah dasar dan pengambilan sampel tanah undisturbed SPT diambil pada kedalaman - 3.50 meter hingga - 15.00 meter. Hasil dari pengujian SPT pada pembacaan pertama konsistensi tanah adalah medium dengan nilai NSPT sebesar 6 dengan hasil

boring tanah pada pengetesan pertama yaitu lanau, kelembungan sedikit pasir. pada pembacaan kedua konsistensi tanah adalah medium dengan nilai NSPT sebesar 8 dengan hasil boring tanah pada pengetesan pertama yaitu lanau, kelembungan dengan pasir. Kemudian pada pembacaan selanjutnya kembali berkonsistensi medium dengan nilai NSPT sebesar 13. Pada pembacaan keempat nilai NSPT meningkat menjadi 80 dan konstan hingga Empat kali pembacaan. Hasil boring pada lapisan ini didominasi oleh kerikil, pasir, dan lanau. Hasil tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3**.



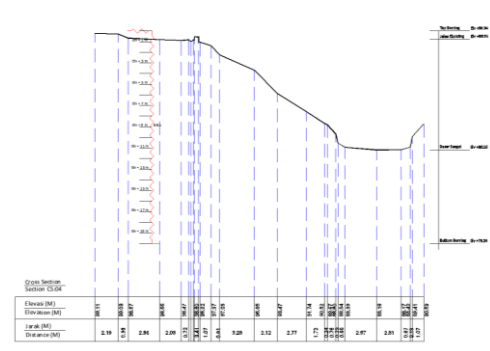
Gambar 3. Grafik Boring Log

Berdasarkan pengambilan sampel tanah pada tes SPT, dilakukan pengujian dilakukan di laboratorium Geologi dan mekanika tanah, Fakultas Teknik Universitas Jember untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah. Hasil dari pengujian laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 1**.

- Pengukuran Topografi

Pengambilan data topografi pada bantaran Sungai Sekar dibuat profil penampang sungai sesuai untuk mendapatkan kondisi real profil eksisting dari sungai sekar guna sebagai data untuk menghitung stabilitas lereng serta melakukan perencanaan desain *Retaining wall*

profil eksisting dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut.



Gambar 4. Profil Melintang Sungai Sekar
Sumber : Pengukuran Kondisi Eksisting, 2023

Hasil rekapitulasi profil penampang sungai sekar dapat dilihat pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa kedalaman rata-rata Sungai Manggis sebesar 10.938m.

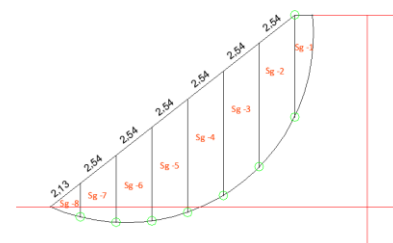
Tabel 1. Data Tanah

No	Profil	Elevasi Jalan	Elevasi Dasar Sungai	Elevasi	Elevasi Rata-rata
		m	m		
1	Cross Section CS 01	101.61	90.2	11.360	
2	Cross Section CS 02	100.47	88.73	11.740	
3	Cross Section CS 03	99.70	89.33	10.420	10.938
4	Cross Section CS 04	98.55	88.16	11.390	
5	Cross Section CS 05	98.75	87.76	10.990	
6	Cross Section CS 06	98.13	87.40	10.730	

Sumber : Analisa pengukuran Eksisting, 2023

- Perhitungan Stabilitas Lereng

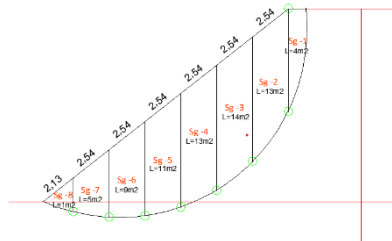
Data tanah yang digunakan dalam acuan perhitungan seperti pada **Tabel 1**. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan pendekatan metode irisan untuk mengetahui stabilitas lereng pada lereng bantaran Sungai Sekar seperti pada **Gambar 5** berikut.



Gambar 5. Pembagian Segmen Irisan Bidang Longsor

Sumber : Hasil Analisa dengan metode Bishop, 2023

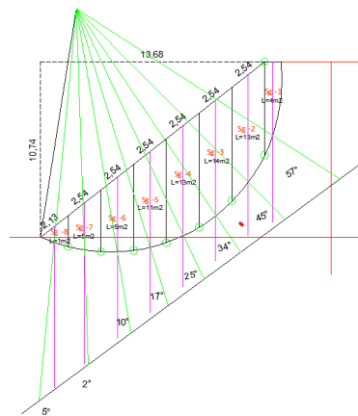
Gambar 5 menunjukkan bidang longsor dibagi menjadi 8 segmen irisan dengan lebar masing-masing bidang 2.54 meter. Kemudian menentukan luas bidang seperti pada **Gambar 6** berikut.



Gambar 6. Luas Segmen Irisan Bidang Longsor

Sumber : Hasil Analisa dengan metode Bishop, 2023

Berdasarkan **Gambar 6** diperoleh luas segmen bidang longsor, kemudian menentukan sudut seperti pada **Gambar 7** berikut.



Gambar 7. Sudut Segmen Irisan Bidang Longsor

Sumber : Hasil Analisa dengan metode Bishop, 2023

Berikut hasil perhitungan stabilitas Lereng.

Tabel 2. Data Tanah

No	Kedalaman m	Ketebalan m	NSPT	Jenis Tanah	γ kN/m ³	c kN/m ³	ϕ
1	0.0 - 3.0	3.00	5	Lanau Kelempungan Sedikit Pasir	14.916	26.478	11
2	3.0 - 5.0	2.00	8	Lanau Kelempungan Dengan Pasir	15.828	30.401	12
3	5.0 - 7.0	2.00	13	Lanau Kelempungan Dengan Pasir	16.348	23.536	14
4	7.0 - 7.3	0.30	80	Batu			
5	7.3 - 9.0	1.70	80	Batu dan Pasir padat	15.72	19.613	24
6	9.0 - 13.0	2.00	80	Pasir, Kerikil dan Lanau	15.357	32.362	13
7	13.0 - 15.0	2.00	80	Pasir dengan Lanau dan Kerikil	16.446	22.555	21

Sumber : Pengujian Laboratorium Geologi dan Meknika Tanah – Fakultas Teknik Universitas Jember, 2023

Tabel 3. Hasil Perhitungan Stabilitas Lereng

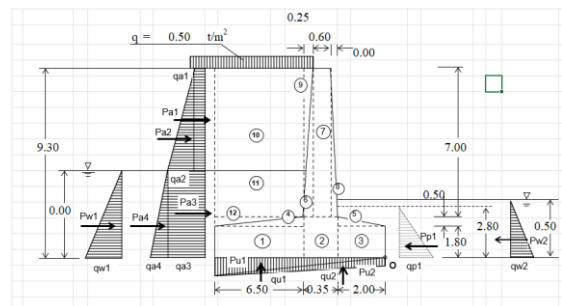
FS	Ruas Kiri	Irisan	A_n	γ (kN/m ³)	W_n (kN/m)	α_n (°)	$\sin(\alpha_n)$	$\cos(\alpha_n)$	b_n	$W_n \cdot \sin(\alpha_n)$	c	ϕ	$\tan\phi$	$W_n \cdot \tan\phi$	c · b _n	FS Ruas Kanan	m	α_n	$(c \cdot b_n + W_n \cdot \tan\phi) / (m \cdot a_n)$	Stab
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
1.854	1	4	14.92	59.66	57	0.84	0.54	1.00	50.04	23.54	18	0.32	19.39	23.54	1.85	0.69	62.06	OK		
	2	13	14.92	193.91	45	0.71	0.71	2.54	137.11	23.54	18	0.32	63.00	59.78	1.85	0.83	147.75	OK		
	3	14	14.92	208.82	34	0.56	0.83	2.54	116.77	23.54	18	0.32	67.85	59.78	1.85	0.93	137.68	OK		
	4	13	15.83	205.76	25	0.42	0.91	2.54	86.96	30.40	15	0.27	55.13	77.22	1.85	0.97	136.81	OK		
	5	11	15.83	174.11	17	0.29	0.96	2.54	50.90	30.40	15	0.27	46.65	77.22	1.85	1.00	124.05	OK		
	6	9	16.35	147.13	10	0.17	0.98	2.54	25.55	23.54	20	0.36	53.55	59.78	1.85	1.02	111.23	OK		
	7	5	16.35	81.74	2	0.03	1.00	2.54	2.85	23.54	20	0.36	29.75	59.78	1.85	1.01	88.98	OK		
	8	1	15.54	15.54	-5	-0.09	1.00	2.13	-1.35	25.50	19	0.34	5.35	54.31	1.85	0.98	60.88	OK		
	Jumlah (Σ)									468.84							869.438			

Sumber : Hasil Analisa dengan metode Bishop, 2023

Hasil perhitungan diatas diperoleh nilai FS sebesar 1.854 > 1.500 maka kondisi lereng termasuk kategori stabil.

• **Pembebanan Vertikal**

Perhitungan momen akibat berat sendiri bangun dihitung dengan menjumlahkan seluruh momen yang terjadi pada tubuh dinding penahan dan tanah diatas pelat seperti pada **Gambar 8** berikut serta diperoleh nilai W total sebesar 139.539 dan WxX sebesar 686.01 dan W Uplift sebesar 137.327 dan WxX Uplift sebesar 679.48, sehingga akibat perbedaan muka air tanah pada desain kantilever wall W uplift tidak mempengaruhi bangunan.



Gambar 8. Perhitungan Momen

Sumber : Application/vnd.excel -www.sipilgo.com, 2023

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \times \cos(\alpha + \delta) \times \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \times \sin \phi}{\cos(\alpha + \delta) \times \cos \alpha} \right]^2}$$

$$K_a = 0.490$$

Untuk Analisa Stabilitas diperoleh nilai Ka Sebesar 0.490 yang akan digunakan untuk perhitungan Stabilitas.

Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$Kp = 2.039$$

$$qa1 = Ka \times q = 0.245 \text{ t/m}$$

$$qa2 = Ka \times (h1-hw1) \times \gamma_{soil} = 7.601 \text{ t/m}$$

$$qa3 = qa1 + qa2 = 7.846 \text{ t/m}$$

$$qw2 = hw2 \times \gamma_w = 0.500 \text{ t/m}$$

$$qp1 = Kp \times h4 \times (\gamma_{sat} - \gamma_w) = 4.568 \text{ t/m}$$

Tabel 4. Berat Sendiri Kosntruksi

No.	H	Y	H x Y
Pa1	2.28	4.65	10.60
Pa2	35.35	3.10	109.57
Pa3	0.00	0.00	0.00
Pa4	0.00	0.00	0.00
Pw1	0.00	0.00	0.00
Pw2	-0.13	0.17	-0.02
Pp1	-3.77	0.72	-2.70
T o t a l	33.729		117.45

Sumber : analisa perhitungan Tekanan Tanah Pasif, 2023

Berdasarkan hasil pengolahan diperoleh nilai ΣH total sebesar 33.729 dan ΣhxY sebesar 117.45.

• Stabilitas Terhadap Guling

Tanpa Pengangkatan

$$B = 8.50 \text{ m}$$

$$X = (\Sigma W \times X - \Sigma Y) / \Sigma W$$

$$= (621.52 - 117.45) / 135.520$$

$$= 3.720 \text{ m}$$

$$e = B/2 - X$$

$$= 8.50/2 - 3.720$$

$$= 0.530 \text{ m}$$

$$= 0.530 \text{ m} < B/6$$

$$= 1.417 \text{ m} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Faktor keamanan terhadap geser = 1.5 – 2.0
Safety Factor (SF) 1.5 = untuk tanah kohesif

$$Kp = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \times \cos(\alpha - \delta) \times \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \times \sin \phi}{\cos(\alpha - \delta) \times \cos \alpha} \right]^2}$$

Safety Factor (SF) 2.0 = untuk tanah non kohesif

Dimana :

$$\Sigma Mr = \text{Jumlah Momen Melawan guling}$$

$$= \Sigma W \times X + \Sigma H \times Y$$

$$\Sigma Mo = \text{Jumlah Momen searah guling} = \Sigma W$$

$$SF = (\Sigma Mr) / (\Sigma Mo) > 2.0$$

$$= ((\Sigma Mw + Pp \times y)) / ((\Sigma Mo)) > 2.0$$

$$= ((621.52 + 117.45)) / ((135.52)) > 2.0$$

$$= 5.453 > 2.0 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Dengan Pengangkatan

$$B = 8.50 \text{ m}$$

$$X = (\Sigma W \times X - \Sigma Y) / \Sigma W$$

$$= (615.50 - 117.45) / 133.395$$

$$= 3.734 \text{ m}$$

$$e = B/2 - X$$

$$= 8.50/2 - 3.734$$

$$= 0.516 \text{ m}$$

$$= 0.516 \text{ m} < B/6$$

$$= 1.417 \text{ m} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$SF = (\Sigma Mr) / (\Sigma Mo) > 2.0$$

$$= ((\Sigma Mw + Pp \times y)) / ((\Sigma Mo)) > 2.0$$

$$= ((615.50 + 117.45)) / ((133.95)) > 2.0$$

$$= 5.495 > 2.0 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil analisis stabilitas terhadap guling dua kali lebih besar dari safety factor yang disyaratkan sebesar 2.00. Maka hasil stabilitas guling aman.

• Stabilitas Terhadap Geser

Tanpa Pengangkatan

$$Fr = HR = \text{Jumlah Gaya-gaya penolak}$$

$$= (\Sigma V \tan \delta + C \times B + Pp)$$

$$\Sigma PaH = \Sigma H = \text{Jumlah Gaya -gaya pendorong}$$

$$SF = ((\Sigma V \tan \delta) + [C \times B + Pp]) / ((\Sigma PaH)) > 2$$

Kekuatan Geser ΣH = 33.729 ton

Perlawanan

$$HR = \mu \times \Sigma W$$

• Rencana Anggaran Biaya

Tabel 5. Rencana Anggaran Biaya

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga (Rp.)
1	Upah Pembesian	480686	kg	1,433.00	688,823,467.90
2	Besi D25	480686	kg	11,883.00	5,711,995,302
3	Galian Tanah Berpasir Semi Mekanis	18334	m ³	17,563.72	322,029,401.10
4	Bekisting	8206	m ²	163,409.2	1,341,080,105.6
5	Volume beton Fc' 25 Mpa	10756	m ³	1,427,253.	15,352,075,624
				Total Biaya	23,416,003,901

Sumber : analisa perhitungan Rencana Anggaran Biaya, 2023

Jadi total biaya pekerjaan dinding penahan tanah type cantilever wall diperoleh sebesar 23,416,003,901.68.

• Perhitungan Dimensi Gravity Wall

Data konstruksi dinding penahan tanah tipe gravity wall dengan bahan penyusun pasangan batu dengan data seperti pada **Gambar.10**.

Beban merata permukaan $q = 0.50 \text{ t/m}^2$

Tinggi tembok penahan $H = 9.30 \text{ m}$

Tinggi sayap kaki pondasi $H3 = 2.90 \text{ m}$

Tinggi tanah didepan DP $H4 = 4.65 \text{ m}$

Lebar puncak $B2 = 1.30 \text{ m}$

Lebar dasar pondasi $B3 = 3.50 \text{ m}$

Lebar sayap kaki depan $B4 = 4.30 \text{ m}$

Lebar sayap kaki belakang $B1 = 4.00 \text{ m}$

Sudut permukaan tanah $\beta = 15^\circ$

Berat isi tanah $g = 1.67 \text{ t/m}^3$

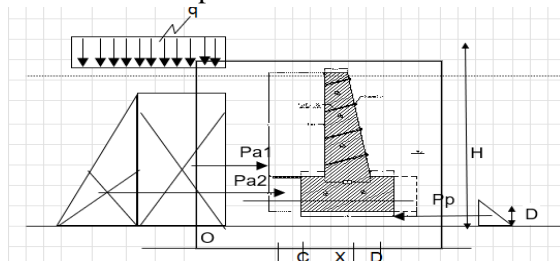
Berat isi Air $\gamma_w = 1.00 \text{ t/m}^4$

Sudut gesek dalam tanah $c = 20^\circ$

Berat isi pasangan Batu $\gamma_b = 2.20 \text{ t/m}^3$

Perhitungan Tekanan Tanah

Perhitungan tekanan tanah dapat diilustrasikan seperti **Gambar 10** berikut.



Gambar 10. Tekanan Tanah

Sumber : <https://triwahyuningsih.wordpress.com>

Tekanan Tanah Aktif

$Pa1 =$ Tekanan q pada tanah setinggi H

$$Pa1 = q \cdot H \cdot Ka$$

$$= 0.5 \cdot 9.30 \cdot 0.490$$

$$= 2.280 \text{ t/m}$$

$Pa2 =$ Tekanan akibat tanah kering H

$$Pa2 = 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot Ka$$

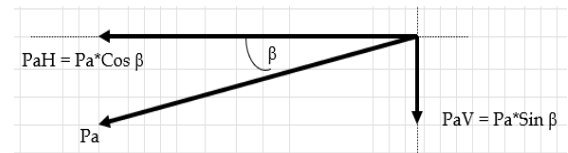
$$= 0.5 \cdot 1.67 \cdot (9.30)^2 \cdot 0.490$$

$$= 35.408 \text{ t/m}$$

$$Pa \text{ Total} = Pa1 + Pa2$$

$$= 2.280 + 35.408$$

$$= 37.688 \text{ t/m}$$



Gambar 11. Arah Tekanan Tanah

$\beta = 15^\circ$

$PaH = 36.40 \text{ t/m}$

$PaV = 9.75 \text{ t/m}$

Tekanan Tanah Pasif

$Pp =$ Tekanan Tanah Pasif akibat Tanah

$$H2$$

$$Pp = 0.5 \cdot \gamma \cdot H2^2 \cdot Ka$$

$$= 0.5 \cdot 1.67 \cdot (4.65)^2 \cdot 4.169$$

$$= 20.895 \text{ t/m}$$

Perhitungan lengan tekanan tanah terhadap titik O

$$Za1 = 1/2 \cdot H = 4.650 \text{ m}$$

$$Z_{a2} = 1/3 * H = 3.1.000 \text{ m}$$

$$Z_p = 1/3 * H_2 = 1.550 \text{ m}$$

Menghitung momen akibat gaya Horizontal (PaH) seperti pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Momen gaya horisontal (PaH)

Gaya	P	PaH (t/m)	Lengan(Z)	Ma
	(t/m)	Pa*cos b	(m)	(tm)
Pa ₁	2.280	2.202	4.650	10.240
Pa ₂	35.408	34.202	3.100	106.026
	37.688	36.404		116.266

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan, 2023

Menghitung momen akibat gaya Horizontal (Pp) seperti pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Momen gaya horisontal (Pp)

Gaya	P	Lengan(Z)	Mp
	(t/m)	(m)	(tm)
Pp	20.895	1.550	32.38783

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan, 2023

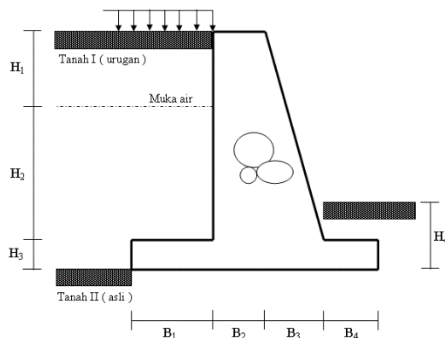
$$\Sigma PaV = \Sigma Pa * \sin \beta = 9.754 \text{ t/m}$$

$$\Sigma PaH = \Sigma Pa * \cos \beta - Pp = 15.509 \text{ t/m}$$

Sehingga diperoleh

$$\text{Resultan (y)} = ((\Sigma Ma - \Sigma Mp) / (\Sigma PaH)) = 5.41 \text{ m}$$

Perhitungan Berat Konstruksi seperti pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Berat Konstruksi

Sumber : <https://triwahyuningsih.wordpress.com>

$$W_0 = q * (A + (X-A) * C) = 0.5 * 7.8$$

$$= 3.900 \text{ t/m}$$

$$W_1 = A_1 * \gamma_b$$

$$= A * h_2 * \gamma_b$$

$$= 18.304 \text{ t/m}$$

$$W_2 = A_2 * \gamma_b$$

$$= 0.5 * h_2 * (X-A) * \gamma_b$$

$$= 15.488 \text{ t/m}$$

$$W_3 = A_3 * \gamma_b$$

$$= A * h_4 * \gamma_b$$

$$= 75.284 \text{ t/m}$$

$$\text{Berat Total Konstruksi} = 112.976 \text{ t/m}$$

Perhitungan lengan Tekanan Tanah terhadap titik O

$$X_0 = 9.200 \text{ m}$$

$$X_1 = 6.850 \text{ m}$$

$$X_2 = 4.733 \text{ m}$$

$$X_3 = 5.900 \text{ m}$$

Memnghitung momen akibat berat konstruksi / gaya vertikal seperti pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Momen Konstruksi

Bagian	Berat (W)	Lengan (X)	Momen (M _w)
	(ton)	(m)	(tm)
0	3.90	9.20	35.88
1	18.30	6.85	125.38
2	15.49	4.73	73.31
3	75.28	5.90	444.18
	112.98		678.75

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan, 2023

Jadi,

Momen akibat gaya vertikal

$$(M_w) = 678.748 \text{ tm}$$

$$\Sigma \text{ gaya-gaya vertikal} = V \text{ Total} = 112.976 \text{ Ton}$$

$$\text{Resultan gaya vertikal (x)} = M_w \text{ total} / W \text{ total} = 678.748 / 112.976 = 6.008 \text{ m}$$

- Perhitungan Stabilitas Geser

Safety Factor (SF) 1.5 = digunakan apabila tidak memperhitungkan tekanan tanah pasif (Pp)

Safety Factor (SF) 2.0 = digunakan apabila memperhitungkan tekanan tanah pasif (Pp)

Dimana :

Fr = Jumlah Gaya-gaya penolak

$$= (\sum V \tan \delta + C * B + Pp)$$

$$\Sigma PaH = \text{Jumlah Gaya -gaya pendorong}$$

$$SF = ((Fr)/((\Sigma PaH))) > 2$$

$$= ((112.976 \tan \delta + C * B + Pp) / 36.404) > 2$$

$$= 2.021 > 2.0 \text{ ----- OK}$$

- Perhitungan Stabilitas Guling
 Faktor keamanan terhadap geser = 1.5 – 2.0
 Safety Factor (SF) 1.5 = digunakan pada tanah kohesif

Safety Factor (SF) 2.0 = digunakan pada tanah non kohesif

Dimana:

$$\Sigma Mr = \text{Jumlah Momen Melawan guling}$$

$$= \Sigma Mw + Pp * y$$

$$\Sigma Mo = \text{Jumlah Momen searah guling}$$

$$= \Sigma Ma$$

$$SF = ((\Sigma Mr) / ((\Sigma Mo))) > 2.0$$

$$= ((\Sigma Mw + Pp * y) / ((\Sigma Mo))) > 2.0$$

$$= (711.171) / (116.265) > 2.0$$

$$= 6.116 > 2.0 \text{ ----- OK}$$

- Stabilitas Eksentrisitas

$$E = B/2 - R < B/6$$

Dimana :

e = eksentrisitas
 B = Lebar dasar tembok penahan
 R = Jumlah momen guling dibagi gaya vertikal

$$E = B/2 - ((\Sigma Mw - \Sigma Mo) / (\Sigma W + \Sigma PaV)) < B/6$$

Jadi :

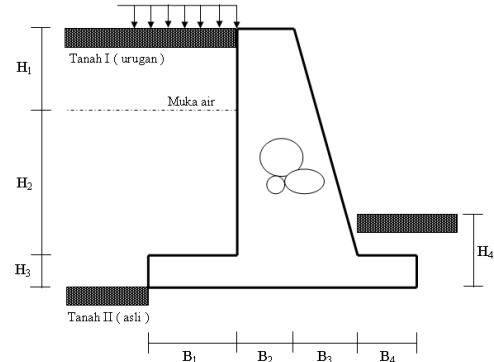
$$e = 6.8 - (562.519) / (112.976 + 9.754) < 1.97$$

$$= 1.317 < 1.97 \text{ ----- OK}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai eksentrisitas sebesar 0.870 < 1.720 oleh sebab itu desain mengalami tekan sehingga masih aman karena jenis DPT Gravity Wall aman terhadap gaya tekan.

- Stabilitas Kapasitas Daya Dukung

Stabilitas Kapasitas Daya Dukung Tanah Dasar seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Daya Dukung Tanah

Sumber : <https://triwahyuningsih.wordpress.com>

Dimana :

qu = daya dukung batas dari tanah dasar / daya dukung izin

$$qu = q * Nq * dq * iq * 0.5 * \gamma^2 * B * N\gamma * d\gamma * i\gamma$$

q = Tekanan efektif pada level dasar pondasi

γ = Berat Isi Tanah

B = Lebar Pondasi

dq, dy = Faktor Kedalaman

iq, iy = Faktor Kemiringan Pasangan

Nq, N γ = Faktor Daya dukung

$$q' = \gamma * H2 = 4.843 \text{ t/m}^2$$

$$B' = B - 2 * e = 9.166 \text{ m}$$

$$Nq = 6.402$$

$$N\gamma = 2 * (Nq + 1) \tan \phi$$

$$= 5.388$$

$$Dq = d\gamma = 1.100$$

$$Iq = i\gamma = (1 - \phi^2 / 90) 2$$

$$= 0.605$$

Jadi :

$$Qu = q * Nq * dq * iq * 0.5 * \gamma^2 * B * N\gamma * d\gamma * i\gamma$$

$$= 4.175 * 6.402 * 1.092 * 0.605 * 0.50 * 1.67 * 8.559 * 5.388 * 1.092 * 0.605$$

$$= 48.064 \text{ t/m}$$

$$\Sigma_{max} = (90.550 * ((1 + 6 * 0.870) / 10.30)) / 10.30$$

$$= 15.985 \text{ t/m}^2$$

$$\Sigma_{max} = (V * ((1 - 6 * e) / B)) / (B * L)$$

$$= (90.550 ((1-6*0.870)/10.30))/10.30$$

$$= 3.163 \text{ t/m}^2$$

Kontrol

$$SF = qu / (q \text{ maks}) \geq 3.0$$

$$SF = 48.064/15.985 \geq 3.0$$

$$= 3.007 \geq 3.0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Dari perhitungan daya dukung tanah diatas bahwasanya dieproleh nilai sf sebesar $3.007 \geq 3.00$ sehingga daya dukung tanah memenuhi syarat aman yang sudah ditentukan.

• Rencana Anggaran Biaya

Tabel 9. Rencana Anggaran Biaya

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian Tanah Berpasir Semi Mekanis	10575.6	m ³	55,234	584,137,330
2	Urugan Tanah Kembali	3697.7	m ³	136,604	505,128,670
3	Pasangan Batu (Mortar Tipe N : Setara 1 Pc : 4 PP)	23119.1	m ³	1,103,450	25,510,848,051
				Total Biaya	26,600,114,052

Sumber : analisa perhitungan Rencana Anggaran Biaya, 2023

Jadi total biaya pekerjaan dinding penahan tanah type gravity wall diperoleh sebesar 26,600,114,052.35.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan temuan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

Hasil perhitungan stabilitas lereng dengan metode bishop pada lereng sungai sekar, maka diperoleh nilai FS sebesar 1.854, sedangkan SF yang disyaratkan yaitu sebesar 1.500 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa lereng termasuk dalam kategori Stabil.

Hasil perhitungan diperoleh nilai-nilai stabilitas untuk *Retaining Wall type Cantilever* mempunyai stabilitas guling SF sebesar 5.453, stabilitas geser SF sebesar 2.009 serta daya dukung tanah SF sebesar 3.00. Untuk *Retaining Wall type Gravity* mempunyai stabilitas guling SF sebesar 6.116, stabilitas geser SF sebesar 2.021 serta daya dukung tanah SF sebesar 3.007.

Hasil perhitungan diperoleh Selisih Biaya pada desain *Retaining Wall type Cantilever* dan lebih murah 14% dibandingkan dengan *type Gravity* Sebesar atau senilai 3,184,110,150.67.

Daftar Pustaka

Das,B.M. 1998, Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid2, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, Erlangga, Jakarta.

Djunaedi, R. R. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Studi Kasus : Sdn Lio, Kecamatan Cireunghas). Jurnal Student Teknik Sipil Edisi, 1(2).

K Hardiyatmo, Hary Christady. 1996. Mekanika Tanah.

L Braja, J. 1, Bahasa, A., & Noor, L. (n.d.). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis).

Setiawan., H. (2011, 12 2). Perbandingan Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Dan Gravitasi Dengan Variasi Ketinggian Lereng. Retrieved from Journal of Infrastruktur Vol. 1 No. 2

Viana, D. P, 2107, "Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Lokasi Perumahan Wika Tamansari Sepinggan

Kota Balikpapan", Tugas akhir Politeknik Negeri Balikpapan.

Gunasti A, Cahya Dewi I, Agustina Amartya A, "Porsi Biaya Material Dan Upah Serta Peralatan Pada Pekerjaan Struktur Jembatan", Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon Vol. 7 No.22 2022, Universitas Muhammadiyah Jember.

Destia G, S, Dwi Kuryanto T, Priyono P, "Analisa Efisiensi Air dan Pengurangan Beban Pencemaran Pada Mesin Pencacah Plastik Bank Sampah", Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon Vol. 7 No.22 2022, Universitas Muhammadiyah Jember.

Gunasti A, Rofiqi A, Priyono P, "Penerapan Metode Barchart, CPM, PERT dan Crashing Project dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember", Jurnal Teknik Sipil Vol. 4 No.1 2019, Universitas Muhammadiyah Jember.

Abadi T, "Peneentuan Prioritas Pengembangan Jalur Jalan Lintas Selatan JATIM di Kabupaten Jember Dengan Metode IRAP", Jurnal Teknik Sipil Vol. 4 No.1 2012, Universitas Muhammadiyah Jember.