

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PROYEK AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Keaslian Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	8
1.5.1 Bagian Awal.....	8
1.5.2 Bagian Isi Proyek Akhir Penelitian.....	8
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	10
2.1 Lereng.....	10
2.1.1 Lereng Alam.....	10
2.1.2 Lereng Galian.....	10
2.1.3 Lereng Urugan	11
2.2 Stabilitas Lereng.....	11

2.3	Safety Factor (SF)	15
2.4	Bronjong.....	17
2.5	Sistem Modular	18
2.6	Pembebanan Metode Statis	18
2.7	Faktor Skala Model	19
2.8	Tekanan Tanah Lateral	20
2.8.1	Teori Rankine.....	21
2.8.2	Tekanan Tanah Lateral pada Tanah Tidak Kohesif.....	22
2.9	Stabilitas Dinding Penahan Tanah.....	22
2.9.1	Stabilitas Terhadap Pergeseran	23
2.9.2	Stabilitas Terhadap Guling.....	24
2.9.3	Stabilitas Terhadap Kuat Dukung Tanah	25
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1	Diagram Alir.....	26
3.2	Alur Penelitian.....	28
3.3	Penyiapan Pengujian Eksperimen Laboratorium	30
3.4	Material Properties	31
3.4.1	Material Properties untuk Dinding Penahan Tanah Modular	31
3.4.2	Material Properties Pasir untuk Pengisi Box Pengujian	32
BAB 4	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Properties Dinding Penahan Tanah Modular	33
4.2	Pengujian Kuat Tekan Beton Modular	34
4.3	Faktor Skala.....	36
4.4	Penentuan Dimensi Optimum Pengujian	39
4.5	Pengujian Eksperimental Laboratorium.....	44

4.5.1	Skema Pembebanan	45
4.6	Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Modular.....	54
BAB 5	62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi Eksisting Lereng PT. MEDCO E&P Sta 1+800.....	2
Gambar 1. 2 Tergulingnya blok beton tanggul	3
Gambar 2. 1 Kelongsoran pada lereng (Murthy, 1977)	13
Gambar 2. 2 Kelongsoran pada kaki lereng (Murthy, 1977)	14
Gambar 2. 3 Kelongsoran pada dasar lereng (Murthy, 1977).....	14
Gambar 2. 4 Beban statik	19
Gambar 2. 5 Tekanan Tanah Lateral Saat Tanah Runtuh	21
Gambar 2. 6 Gaya-gaya yang bekerja pada DPT	23
Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Skema Pengujian eksperimental laboratorium	28
Gambar 3. 3 Skema konfigurasi variasi modular pengujian eksperimental laboratorium	29
Gambar 3. 4 Skema pengujian eksperimental laboratorium	31
Gambar 4. 1 Model cetakan modular	33
Gambar 4. 2 Pengujian kuat tekan beton di lab bahan bangunan DTS SV UGM	35
Gambar 4. 3 Grafik uji kuat tekan beton.....	36
Gambar 4. 4 model dan prototipe.....	39
Gambar 4. 5 Model variasi dimensi percobaan.....	41
Gambar 4. 6 Hasil <i>stress</i> arah X pada skema <i>loading point</i> 120 kg	42
Gambar 4. 7 Hasil <i>displacement</i> arah X pada skema <i>loading point</i> 120 kg	43
Gambar 4. 8 Hasil <i>stress</i> arah Y pada skema <i>loading point</i> 120 kg	43
Gambar 4. 9 Grafik Skema Pembebanan	46
Gambar 4. 10 Skema Perletakan <i>dial</i>	46
Gambar 4. 11 Simulasi Model Pengujian Modular 2 Tumpuk	47
Gambar 4. 12 Simulasi Model Pengujian Modular 3 Tumpukan	47
Gambar 4. 13 Simulasi Model Pengujian Modular 4 Tumpukan	48
Gambar 4. 14 Simulasi Model Pengujian Modular 5 Tumpukan	48
Gambar 4. 15 Simulasi Model Pengujian Modular 6 Tumpukan	49

Gambar 4. 16 Nilai <i>displacement</i> akibat pembebanan 27 kN/m ²	50
Gambar 4. 17 Nilai <i>displacement</i> akibat pembebanan 54 kN/m ²	51
Gambar 4. 18 Nilai <i>displacement</i> akibat pembebanan 81 kN/m ²	52
Gambar 4. 19 Nilai <i>displacement</i> akibat pembebanan 99 kN/m ²	53
Gambar 4. 20 Grafik Stabilitas Terhadap Guling	58
Gambar 4. 21 Grafik beban maksimal stabilitas terhadap guling setiap model pengujian	58
Gambar 4. 22 Grafik Stabilitas Terhadap Geser	59
Gambar 4. 23 Grafik beban maksimal stabilitas terhadap geser setiap model pengujian	60
Gambar 4. 25 Grafik Stabilitas Keruntuhan Terhadap Kuat Dukung Maksimal Tanah	61
Gambar 4. 26 Grafik Stabilitas Keruntuhan Terhadap Kuat Dukung Minimal Tanah	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tabel Keaslian Penelitian.....	5
Tabel 2. 1 Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor (Das, 2002)	16
Tabel 2. 2 Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah menurut SNI 8460 : 2017 .	16
Tabel 4. 1 propertis material beton	33
Tabel 4. 2 Proporsi campuran beton f_c' 24,9 MPa	34
Tabel 4. 3 Tabel pengujian kuat tekan beton	35
Tabel 4. 4 Komparasi parameter model	38
Tabel 4. 5 Parameter Input Tanah Granular.....	40
Tabel 4. 6 Parameter Blok Beton Modular DPT.....	40
Tabel 4. 7 Skema Variasi Dimensi Uji	41
Tabel 4. 8 Nilai Kepadatan Pasir.....	44
Tabel 4. 9 Kode Model Variasi Pengujian	45
Tabel 4. 10 Skema Pembebanan	45
Tabel 4. 11 Perhitungan Tekanan Tanah Aktif.....	55
Tabel 4. 12 Perhitungan Gaya Vertikal dan momen	55
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Analisis Stabilitas dinding penahan tanah modular tipe T6 beban 27 kN/m ²	57

DAFTAR NOTASI

SF	= <i>Safety Factor</i> (Angka Aman)
τ_d	= tegangan geser yang bekerja sepanjang bidang longsor (N/m^2)
τ	= tegangan normal (kN/m^2)
c	= kohesi (kN/m^2)
σ	= tegangan normal (kN/m^2)
ϕ	= sudut geser tanah ($^{\circ}$)
λ_{EP}	= Modulus young prototipe
λ_{EM}	= Modulus young model
L_m	= Panjang model dinding penahan tanah
L_p	= Panjang prototipe dinding penahan tanah
W_m	= Lebar model dinding penahan tanah
W_p	= Lebar prototipe dinding penahan tanah
H_m	= Tinggi model dinding penahan tanah
H_p	= Tinggi prototipe dinding penahan tanah
K_a	= Koefisien aktif
ΣR_h	= Tahanan dinding penahan tanah (kN)
ΣP_h	= Jumlah gaya-gaya horizontal (kN)
ΣM_w	= Momen yang melawan penggulingan (kN.m)
ΣM_w	= Momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)
ΣP_{ah}	= Jumlah gaya-gaya horizontal (kN)
ΣP_{av}	= Jumlah gaya-gaya vertikal (kN)

c = Kohesi

D_f = Kedalaman fondasi (m)

γ = Berat volume tanah (kN/m^3)

N_c, N_q, N_γ = Faktor kapasitas dukung terzagi

F_c' = Kuat Tekan Beton (N/mm^2)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lereng adalah suatu lapisan tanah yang memiliki bentuk miring pada permukaannya dan membentuk sudut tertentu. Lereng dapat terbentuk secara alamiah maupun akibat aktifitas manusia berupa galian dan timbunan. Stabilitas lereng merupakan permasalahan yang sering terjadi dan serius karena pada permukaan tanah yang memiliki bentuk miring akan cenderung bergerak kebawah karena pengaruh gaya gravitasi dan akibat dari berat tanah itu sendiri. Penyebab longsor umumnya dipengaruhi oleh dua faktor yaitu pengaruh dari dalam (*internal effect*) dan pengaruh dari luar (*external effect*) (Terzaghi 1950). Menurut Hariyatmoko (2002) pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dan pengaruh dalam yaitu kelongsoran yang terjadi tanpa adanya perubahan kondisi dari luar. Atau secara umum dapat dikatakan bahwa longsor terjadi akibat pergeseran tanah serta dorongan berat tanah itu sendiri pada bagian lapis atas dan lapis bawah dan pada kondisi tertentu longsor juga dipengaruhi oleh dorongan air dan gaya gempa.

Dalam kasus longsor (*slope failure*) diperlukan adanya perkuatan lereng untuk memberikan stabilitas terhadap lereng untuk memberikan kestabilan terhadap lereng. Salah satu perkuatan lereng yang umum digunakan adalah dinding penahan tanah (DPT) berupa bronjong atau *gabion*. Dinding penahan tanah banyak dipilih sebagai perkuatan lereng dikarenakan kemudahan dalam pengaplikasian, dan harga yang relatif ekonomis. Pada penelitian-penelitian terdahulu telah dilakukan analisis terkait perkuatan lereng dengan sistem dinding penahan tanah tipe bronjong atau *gabion* yang secara teoritis terbukti dapat meningkatkan nilai angka aman (*safety factor*) suatu lereng. Namun dalam analisis numeris yang

dilakukan masih disederhanakan menggunakan asumsi tipikal *gabion* yang bekerja dalam satu sistem rangkaian dan belum bekerja dalam sistem blok.



Gambar 1. 1 Kondisi Eksisting Lereng PT. MEDCO E&P Sta 1+800

Banyak sekali dijumpai kasus dilapangan dinding penahan tanah yang mengalami kegagalan akibat pengaruh gaya dan tekanan dari luar maupun dari dinding penahan tanah itu sendiri. Beberapa kelemahan bronjong konvensional adalah lemahnya daya ikat antar blok bronjong dan material batu pengisi bronjong karena tidak memiliki bentuk yang seragam. Selain itu bronjong konvensional memiliki pola acak dalam penyusunan materialnya sehingga sangat mudah bergerak ketika mendapatkan tekanan.

Seperti halnya pada ROW STA 1+800 (Gambar1.1) lereng sudah diberi penguatan berupa bronjong konvensional dan dalam rentan waktu yang singkat karena kondisi lereng yang kritis perkuatan bronjong konvensional guling, hal ini diperkuat dengan adanya penurunan parameter tanah akibat infiltrasi air ke dalam tanah.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. 2 Tergulingnya blok beton tanggul

Kasus lain terjadi di konstruksi pengaman muara sungai Bogowonto. Blok beton pada tanggul sisi timur terguling. Tergulingnya blok karena tergerusnya posisi kaki-kaki penyusun tanggul akibat hantaman ombak, ditambah tidak adanya pengikat yang diberikan antar blok beton. Gulingnya blok beton dapat dilihat pada (Gambar 1.2).

Dinding penahan tanah tipe *gabion modular* merupakan sistem perkuatan yang dapat membuat antar blok saling mengunci seperti halnya *puzzle*, sehingga dapat meningkatkan kekuatan geser pada sistem tersebut. Sistem *modular* yang menyerupai *puzzle* ini akan menaikkan kekuatan dinding penahan tanah sehingga mampu menahan tekanan tanah secara bersama-sama dalam satu sistem. Penggunaan dinding penahan tanah *modular* diharapkan dapat meningkatkan ikatan antar bagianya, meningkatkan kekuatan, tidak mudah bergerak akibat tekanan tanah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapakah batas minimum dimensi yang dapat digunakan untuk pengujian eksperimental laboratorium?
2. Bagaimanakah konfigurasi dinding penahan tanah *modular* yang optimum berdasarkan uji eksperimental laboratorium?
3. Berapakah Beban maksimal yang dapat diterima oleh dinding penahan tanah modular sehingga memenuhi faktor angka aman?

Batasan Masalah

1. Penelitian berfokus pada *displacement* dinding penahan tanah modular.
2. Penentuan dimensi minimum digunakan analisa numeris FEM 2D
3. Pembuatan *mix design* beton mengacu pada SNI 03-2834-2000. Standar Nasional Indonesia. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui dimensi minimum yang digunakan sehingga *sand soil* tidak terpengaruh kekangan.
2. Menentukan sistem dinding penahan tanah modular yang paling optimum berdasarkan uji eksperimental laboratorium.
3. Mengetahui besar beban maksimal yang dapat ditahan oleh dinding penahan tanah modular.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan rekomendasi terkait suatu sistem dinding penahan tanah modular yang efektif dan efisien dalam meningkatkan stabilitas suatu lereng. Penelitian akan dilakukan dengan melakukan beberapa percobaan sehingga diharapkan akan ditemukan konfigurasi bentuk dinding penahan tanah yang dapat menghasilkan rekomendasi yang tepat dan efisien.

1.4 Keaslian Penelitian

Penelitian terkait pemanfaatan dinding penahan tanah *modular* belum banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan dan memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan di lakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 1. 1 Tabel Keaslian Penelitian

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu
1	The stability of gabion walls for earth retaining structures Peneliti : (Ramli, 2013)	Untuk memeriksa kelayakan penggunaan konfigurasi unit brojong yang saling terkait, bukan sistem bertumpuk dan berpasangan tradisional.	Tujuan penelitian berfokus pada pengembangan sistem dinding penahan tanah konvensional menjadi dinding penahan tanah modular <i>modular</i> atau segmental yang memiliki sistem modular antar material dengan pengoptimalan model sambungan antar modular.
2	Shear Behavior of Stone Block Interconnection System Heritage Building using Three-Dimensional Numerical Analysis Peneliti: (Purnama, 2022)	Penelitian berfokus pada analisa numeris model sambungan blok modular <i>modular</i> .	Tujuan penelitian berfokus pada pengembangan bentuk sambungan dan susunan dinding penahan tanah modular <i>modular</i> sehingga ditemukan jenis sambungan yang efektif dan efisien sebagai sistem struktural dan perkuatan.

NO.		Tujuan Penelitian	Penelitian Terdahulu
3.	Penentuan Kondisi Batas Model Uji Eksperimental Laboratorium Menggunakan Simulasi Numeris Peneliti : (Rohim, 2022)	Penelitian berfokus pada penentuan kondisi batas optimum pengujian laboratorium menggunakan analisa numeris dengan tipe susunan dinding penahan tanah berundak.	berfokus pada penentuan kondisi batas optimum pengujian laboratorium menggunakan analisa numeris dengan tipe susunan dinding penahan lanjur memanjang.
4.	Kinerja Perkuatan Tebing Saluran Dengan Bronjong di Belokan 120 O Akibat Banjir Bandang (Uji Eksperimental di Laboratorium) Peneliti : Darwizal Daoed, Sunaryo Bambang Istijono, dan Wahyu Putra Utama	a. Untuk mengamati kinerja struktur bronjong sebagai dinding penahan tebing. b. Untuk mengamati pengaruh kemiringan saluran terhadap volume	a. Tujuan penelitian berfokus pada kinerja struktur dinding penahan tanah modular sebagai dinding penahan tebing. b. Tujuan penelitian untuk mengamati karakteristik pemodelan dinding penahan tanah modular <i>interlocking</i> sebagai perkuatan lereng. c. Tujuan Penelitian untuk memprediksi berapa lama dinding penahan tanah modular

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu
		keruntuhan dari bronjong. c. Untuk memprediksi berapa lama bronjong masih berfungsi dengan baik	masih berfungsi dengan baik.
5	The stability of gabion walls for earth retaining structures Peneliti : Mahyuddin Ramli , T.J.r. Karasu , Eethar Thanon Dawood	Untuk memeriksa kelayakan penggunaan konfigurasi unit bronjong yang saling terkait, bukan sistem bertumpuk dan berpasangan tradisional.	Tujuan penelitian berfokus pada pengembangan sistem dinding penahan tanah konvensional menjadi dinding penahan tanah modular atau segmental yang memiliki sistem dengan pengoptimalan model sambungan antar modular.

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, belum ditemukan penelitian yang melakukan uji eksperimental dinding penahan tanah tipe dengan sistem modular. Oleh sebab itu dalam penelitian ini berfokus pada perilaku modular akibat pembebanan.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan Tugas Akhir ini disesuaikan berdasarkan buku Panduan Penulisan Proyek Akhir Edisi Revisi 2016. Skema tata cara penulisan sebagai berikut.

1.5.1 Bagian Awal

1. Sampul Judul
2. Lembar Persyaratan
3. Lembar Persetujuan Proposal Penelitian
4. Daftar Isi
5. Daftar Tabel
6. Daftar Gambar

1.5.2 Bagian Isi Proyek Akhir Penelitian

1. Bab 1. Pendahuluan

Bab 1 Pendahuluan berisi judul, latarbelakang masalah, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2. Landasan Teori

Bab 2 tinjauan pustaka berisi mengenai penelitian yang dilakukan sebelumnya dan memiliki korelasi terhadap penelitian yang dilakukan sekarang dan landasan teori berisi tentang bab yang menguraikan teori terhadap penelitian yang dilakukan secara sistematis

3. Bab 3. Perancangan dan Eksperimen

a. Langkah dalam pelaksanaan perancangan

Bagian ini memuat tahap-tahap pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan.

b. Peralatan dan Bahan

Bagian ini disajikan tentang peralatan dan bahan yang digunakan selama pelaksanaan penelitian.

c. Perancangan

Bagian perancangan merupakan proses penggambaran, perencanaan, pembuatan sketsa dari beberapa elemen yang terpisah kedalam satuan bentuk perencanaan yang utuh.

4. Bab 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

a. Data Propertis Dinding Penahan Tanah Modular

Bagia ini menyajikan hasil pengujian propertis material untuk pembuatan beton modular.

b. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Bagian ini menampilkan hasil pengujian kuat tekan beton dinding penahan tanah modular

c. Faktor Skala

Bagian ini menampilkan hasil analisa skala dinding penahan tanah modular pada pengujian eksperimental laboratorium

d. Hasil Pengujian Pengaruh Tumpukan Modular Terhadap *Displacement* Akibat Beban

Bagian ini menampilkan hasil pengujian eksperimental laboratorium

e. Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah Modular

Bagian ini menampilkan hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah modular terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah minimum ataupun maksimum.

5. Bab 5 Penutup

Bab 5 Penutup berisi kesimpulan dan hasil penelitian dan saran yang diberikan untuk keberlanjutan penelitian kedepanya

6. Daftar Pustaka

Daftar Pustaka merupakan referensi atas penelitian yang dilakukan

7. Lampiran

Berisi lampiran-lampiran terkait data pendukung dalam penyusunan tugas akhir.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Lereng

Lereng adalah suatu lapisan tanah yang memiliki bentuk miring pada permukaannya dan membentuk sudut tertentu (Das, 1985). Lereng dapat terbentuk secara alamiah maupun akibat aktifitas manusia berupa galian dan timbunan. Lereng alami umumnya banyak ditemui pada daerah perbukitan yang terbentuk secara alamiah. Sedangkan lereng buatan adalah lereng yang secara sengaja terbentuk akibat aktifitas manusia dan biasanya untuk keperluan konstruksi, seperti tanggul sungai, bendungan tanah, tanggul, dll. Menurut Soepandji (1995) Lereng alami ataupun buatan dibagi menjadi dua jenis, yaitu lereng dengan panjang tak hingga (*infinite slope*) dan lereng dengan panjang hingga (*finite slope*). Secara umum lereng dengan panjang tak hingga (*infinite slope*) adalah lereng yang memiliki perbandingan panjang yang lebih besar dibanding dengan kedalamannya. Sedangkan lereng dengan panjang hingga (*finite slope*) adalah lereng yang memiliki perbandingan panjang dan kedalaman yang hampir sama.

2.1.1 Lereng Alam

Lereng alami terbentuk oleh proses alami seperti gerakan tektonik, erosi, dll. Material yang membentuk lereng cenderung runtuh karena beratnya sendiri. Ketidakstabilan terjadi ketika tahanan geser tanah tidak dapat mengimbangi gaya-gaya yang menyebabkan kelongsoran pada bidang longsor.

2.1.2 Lereng Galian

Lereng buatan terbentuk karena aktivitas manusia seperti penggalian atau pemotongan tanah asli. Ini dilakukan untuk membuat lereng dengan kemiringan yang aman.

2.1.3 Lereng Urugan

Lereng urugan digunakan untuk badan jalan, bendungan tanah, timbunan jalan kereta api. Sifat teknis lereng urugan dipengaruhi oleh jenis tanah, cara penimbunan, dan angka derajat kepadatan tanah. Beberapa hal yang mempengaruhi ketidakstabilan lereng urugan adalah:

1. Overstressing pada dasar timbunan tanah kohesif setelah dilakukan tahap konstruksi
2. Erosi dan penurunan muka air cepat. Timbunan pada bendungan erosi menyebabkan ketidakstabilan lereng timbunan dan penurunan muka air cepat menyebabkan meningkatnya beban efektif pada timbunan yang menyebabkan tanah tidak stabil.
3. Beban akibat gaya dinamis, seperti gempa bumi, getaran akibat peledakan, aktivitas pemancangan, dan lain-lain.

2.2 Stabilitas Lereng

Pada medan miring, komponen gravitasi cenderung menarik tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi terlalu besar sehingga tahanan geser tanah pada bidang gelincir terlampaui, akan terjadi kesalahan kemiringan. Analisis stabilitas pada medan miring disebut analisis stabilitas lereng. Dalam analisis stabilitas lereng, banyak faktor yang mempengaruhi hasil analisis, antara lain kondisi tanah berlapis, kuat geser anisotropik, infiltrasi air ke dalam tanah, dan lain-lain.

Kelongsoran lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*) (Terzaghi, 1950). Hariyatmoko (2002) mengatakan pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dan pengaruh dalam yaitu kelongsoran yang terjadi tanpa adanya perubahan kondisi dari luar. Atau secara umum dapat dikatakan bahwa longsor terjadi akibat pergeseran tanah serta dorongan berat tanah itu sendiri pada bagian lapis atas dan lapis bawah dan pada kondisi tertentu longsor juga dipengaruhi oleh dorongan air dan gaya

gempa. Beberapa penyebab terjadinya pengaruh dalam (*internal effect*) adalah sebagai berikut:

1. Naiknya berat massa tanah
Masuknya air kedalam tanah menyebabkan terisinya rongga antara butir sehingga massa tanah bertambah.
2. Pengembangan tanah
Rembesan air menyebabkan tanah mengembang terutama pada kondisi tanah lelung.
3. Naiknya muka air tanah
Muka air pada tanah dapat naik dikarenakan rembesan yang masuk pada pori antar partikel butir tanah yang menyebabkan tekanan air pori naik dan kuat geser tanah menurun.
4. Pengaruh geologi
Proses geologi dapat membentuk lapisan-lapisan kulit bumi dengan pengendapan sedimen dan akan sangat memungkinkan terbentuknya lapisan-lapisan yang berpotensi menyebabkan kelongsoran.
5. Pengaruh morfologi
Variasi bentuk permukaan bumi yang meliputi daerah pegunungan dan lembah dengan sudut kemiringan memiliki peranan dalam menentukan kestabilan daerah yang berhubungan dengan kasus kelongsoran.
6. Pengaruh proses fisika
Fluktuasi muka air musiman, perubahan temperatur, gaya gravitasi, proses oksidasi dan dekomposisi akan mengakibatkan suatu lapisan tanah kohesif dan lambat laun kekuatan gesernya terutama nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

penyebab terjadinya pengaruh luar (*external effect*) adalah sebagai berikut:

1. Getaran
Diakibatkan oleh gempa bumi, peledakan, kereta api, dan lain-lain.

2. Pembebanan tambahan

Karena aktifitas manusia dengan adanya bangunan atau timbunan di atas lereng, kendaraan, dan lain-lain.

3. Hilangnya penahan lateral

Disebabkan oleh pengikisan (erosi sungai, abrasi pantai maupun penggalian).

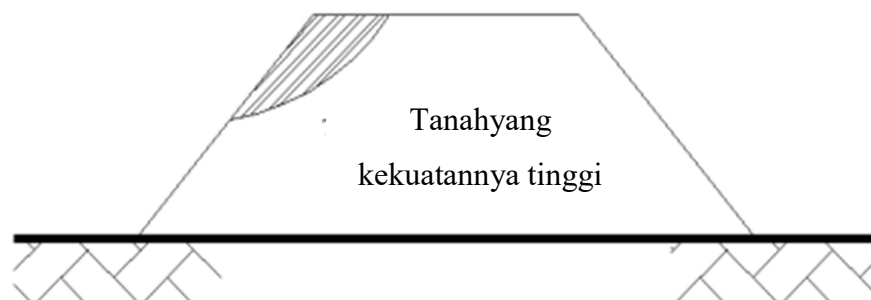
4. Hilangnya tumbuhan penutup

Dapat menimbulkan alur pada beberapa daerah tertentu yang akan mengakibatkan erosi dan menjadi longsoran.

Kestabilan lereng sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanah akibat keruntuhan. Analisis kemantapan lereng didasarkan pada konsep kesetimbangan batas plastis. Analisis stabilitas lereng bertujuan untuk menentukan faktor keamanan dari potensi longsor. Sebuah penelitian yang pernah dilakukan di Swedia menemukan bahwa bidang patahan lereng negara itu menyerupai busur lingkaran. Menurut Murthy (1977), tanah longsor dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Kelongsoran pada lereng (*slope failure*)

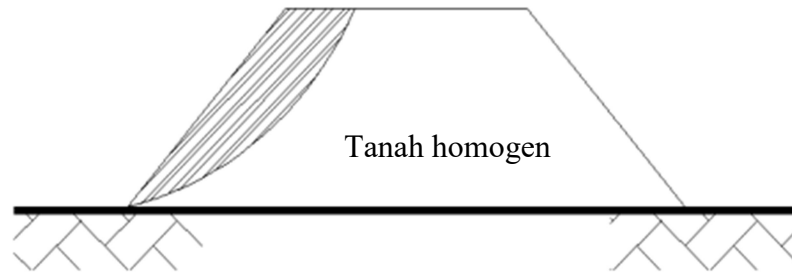
Ketika sudut lereng sangat besar dan tanah yang dekat dengan kaki lereng tersebut memiliki kekuatan yang lebih besar.



Gambar 2. 1 Kelongsoran pada lereng (Murthy, 1977)

2. Kelongsoran pada kaki lereng (*toe failure*)

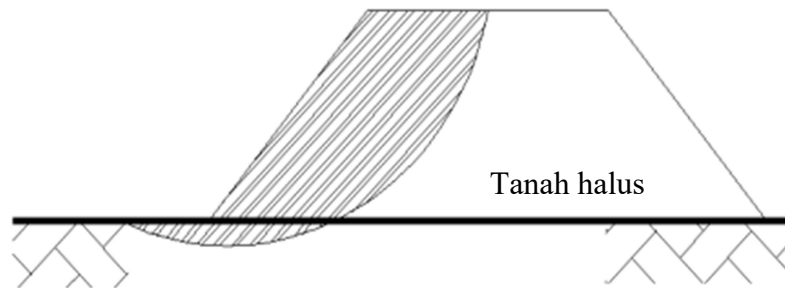
Ketika tanah yang berada di atas dan di bawah kaki lereng bersifat homogen.



Gambar 2. 2 Kelongsoran pada kaki lereng (Murthy, 1977)

3. Kelongsoran pada dasar lereng (*base failure*)

Diakibatkan oleh sudut lereng yang kecil dan tanah yang berada di bawah kaki lereng lebih halus dan lebih plastis dari tanah di atasnya.



Gambar 2. 3 Kelongsoran pada dasar lereng (Murthy, 1977)

Longsoran (*lineslide*) merupakan bagian dari gerakan tanah, beberapa jenis *lineslide* diantaranya adalah jatuhan (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*), nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerakan horizontal (*lateral spread*), rayapan (*creep*), dan longsoran majemuk.

Faktor yang diperlukan dalam penganalisaan kelongsoran yaitu dengan menghitung dan membandingkan tegangan geser dengan kuat geser dari tanah itu sendiri, hal tersebut dinamakan stabilitas lereng (*slope stability analysis*).

Tujuan dari analisis stabilitas lereng menurut Arief (2007) antara lain :

1. Penentuan kondisi kestabilan dan tingkat kerawanan suatu lereng.
2. Memperkirakan bentuk keruntuhan yang terjadi paling kritis
3. Penentuan penyebab terjadinya longsoran
4. Mempelajari pengaruh gaya-gaya pada stabilisasi lereng
5. Merencanakan desain lereng galian atau timbunan yang optimal dan memenuhi kriteria angka aman dan kelayakan secara ekonomis.
6. Menentukan metode perkuatan atau perbaikan lereng yang sesuai.

2.3 Safety Factor (SF)

Panglar (1985) dapat menganalisis kemantapan lereng dengan menghitung faktor keamanan lereng menggunakan parameter data fisik tanah, mekanika tanah dan bentuk geometri Lereng. Faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya penahan dan gaya penggerak atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$FS = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (2-1)$$

Dengan,

F_s = faktor keamanan terhadap kekuatan tanah

τ = tegangan geser dari tanah (N/m^2)

τ_d = tegangan geser yang bekerja sepanjang bidang longsor (N/m^2)

Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi dan geseran. Menurut teori Mohr-Coulomb kohesi dan geseran dinyatakan dalam suatu persamaan yang berupa suatu garis lurus dalam suatu sistem koordinat dengan sumbu tegak τ dan sumbu horizontal dapat didefinisikan dengan rumus (Das,2002):

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2-2)$$

Dengan:

τ = tegangan normal (kN/m^2)

c = kohesi (kN/m^2)

σ = tegangan normal (kN/m^2)

ϕ = sudut geser tanah ($^\circ$)

Faktor aman atau (*safety factor*) lereng terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2 – 1,5. Menurut Bowles (1997), nilai faktor berdasar intensitas kelongsoran seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor (Das, 2002)

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian/Intensitas Longsor
$F_s \geq 1,25$	Kondisi stabil
$F_s < 1,07$	Kondisi tidak stabil
$1,07 < F_s < 1,25$	Kondisi kritis

Nilai angka aman yang disyaratkan SNI Perencanaan Geoteknik tahun 2017 seperti pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2. 2 Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah menurut SNI 8460 : 2017

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih
Tingkat ketidakpastian dalam kondisi analisis dianggap rendah ketika kondisi geologi konsisten, kondisi tanah seragam, survei tanah konsisten, lengkap dan logis sehubungan dengan kondisi lapangan. b Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dianggap tinggi ketika geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.		

2.4 Bronjong

Bronjong atau *gabion* adalah kotak yang terbuat dari anyaman kawat yang pada penggunaannya diisi batu-batu untuk pencegah erosi yang pengaplikasiannya pada tebing, tepi sungai, yang proses penganyamannya menggunakan mesin (SNI03-0090-1999).

Gabion umumnya dapat ditemukan di tepi sungai ataupun tebing yang kondisinya rawan terjadi kelongsoran. Bentuk *gabion* biasanya kotak seperti balok dan bagian dalamnya diisi batu-batu berukuran besar yang berfungsi untuk menahan pergerakan tanah dibelakangnya.

Bangunan *gabion* merupakan struktur fleksibel oleh karena itu *gabion* dapat menahan gerakan, baik horizontal maupun vertikal. Selain itu *gabion* memiliki sifat yang lolos terhadap air, sehingga air dapat terus lewat.

Pada pelaksanaan dilapangan *gabion* umumnya dipasang pada kaki lereng, biasanya berfungsi sebagai penahan kelongsoran, mencegah penggerusan atau erosi tanah. Penggunaan *gabion* tergantung dari kemampuan *gabion* itu sendiri untuk menahan geseran pada tanah dibawah alasnya. Oleh sebab itu, *gabion* harus diletakan pada lapisan yang kokoh dan mantap dengan kuat geser besar dibawah bidang gelincir (Bina Marga, 1986).

Bronjong atau *gabion* memiliki beberapa keunggulan dibanding konstruksi penahan lainnya, yaitu :

1. Bersifat fleksibel sehingga bisa mengikuti pergerakan tanah dibawahnya tanpa harus merusak konstruksi dasar
2. Memungkinkan air untuk mengalir di sela-sela, sehingga tekanan tanah akan berkurang dan mengurangi tanah mengalai longsor. Terlebih untuk bangunan yang berada di sekitar tebing.
3. Harga yang ekonomis
4. Bentuknya sederhana, dapat dikerjakan tanpa menggunakan mesin teknologi tinggi

5. Mudah diterapkan dimana saja dan ukuran bisa disesuaikan dengan kebutuhan dilapangan

Selain keunggulan, Bronjong atau *gabion* memiliki beberapa kekurangan, yaitu :

1. Penggunaan kawat yang berbahan baja memungkinkan terkena korosi dan menyebabkan karatan sehingga menyebabkan jebol pada struktur *gabion*
2. Disfungsi dalam menahan longsor atau erosi apabila diletakan di area kecil.

2.5 Sistem Modular

Modular adalah konsep konstruksi yang terdiri dari komponen yang diproduksi dalam panel modular. Modular adalah solusi konstruksi dimana produk ini dapat diterapkan secara sederhana dan dinamis, karena dapat disesuaikan dengan situasi apapun. Dinding penahan modular adalah salah satu produk modular yang dapat memberikan solusi baru dan efektif untuk struktur pendukung. Bronjong modular terdiri dari sekumpulan balok beton yang dihubungkan dan dihubungkan satu sama lain untuk membentuk struktur pendukung. Berat balok beton masih bisa diangkat secara manual oleh 2-3 orang, dan tidak membutuhkan alat berat. Struktur ini juga sangat berguna untuk pekerjaan konstruksi di daerah terpencil. Keunggulan dinding penahan tanah modular adalah strukturnya juga fleksibel dan kerusakan dinding penahan tanah modular dapat diganti sesuai dengan bagian yang rusak. Struktur ini dibagi menjadi beberapa segmen. Struktur modular ini juga mengurangi biaya produksi (*cost-effective*) dan menghemat waktu proyek (*time-saving*).

2.6 Pembebanan Metode Statis

Beban Statis atau *loading* adalah pembebanan yang bekerja secara terus menerus pada suatu struktur. Beban statis diasumsikan dengan pembebanan yang secara perlahan timbul dan memiliki variabel besaran