

**TUGAS AKHIR**

**PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN BLOK TIPE X  
DALAM KONDISI PRESIPITASI**

***SLOPE REINFORCEMENT USING X TYPE BLOCK  
IN PRECIPITATION***

**IGNATIUS EVAN YESA  
D011 17 1329**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN BLOK TIPE X  
DALAM KONDISI PRESIPITASI**

**Disusun dan diajukan oleh:**

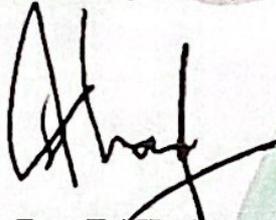
**IGNATIUS EVAN YESA**

**D011 17 1329**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 14 Februari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Dr. Eng. Tri Harianto, ST, MT**  
NIP. 197203092000031002

Pembimbing Pendamping,



**Ariningsih Suprapti, ST, MT**  
NIP. 197307122000032002

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**  
Nip. 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Ignatius Evan Yesa, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Perkuatan Lereng Menggunakan Blok Tipe X dalam Kondisi Presipitasi**" adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 01 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan,



Ignatius Evan Yesa  
NIM: D011 17 1329

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, Yesus Kristus Sang Juru Selamat karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *“Perkuatan Lereng Menggunakan Blok Tipe X dalam Kondisi Presipitasi”* yang juga merupakan syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat, dan tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa terus memberikan semangat dan dukungan pada penulis. Oleh karena itu dengan besar hati penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. **Tuhan yang Maha Esa** yang telah senantiasa menyertai dan memberkati penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Dr. Piters Djajakustio, S.H., M.H.** dan ibunda **Dr. Werdiningsih, S.H., M.Kn., M.H.** atas dukungan dan semangat yang selalu diberikan baik melalui nasihat maupun perilaku yang selalu memprioritaskan Pendidikan sehingga menjadi pecutan semangat bagi penulis untuk dapat menyelesaikan studinya.
3. Adik **Amadeo Yesa** yang selalu menjadi penyemangat dan senantiasa menemani penulis dalam keseharian.
4. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT** . selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
5. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng.**, selaku Ketua dan Bapak **Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT**, selaku sekretaris Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
6. Bapak **Dr. Eng. Tri Harianto, ST, MT** selaku dosen pembimbing I, atas segala arahan, bimbingan, serta waktu yang telah diluangkannya dari dimulainya penelitian ini dengan sedikit pengetahuan yang saya miliki dan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Ibu **Ariningsih Suprapti, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing II, atas segala arahan, bimbingan, serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.

8. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini.
9. Bapak **Enos Karapa, S.T., M.T.** yang telah mengizinkan penulis untuk dapat mengikuti penelitiannya sehingga tugas akhir ini dapat terealisasi.
10. Tim PELEER (Penelitian Lereng), **Adam Agathon dan Marchelinus H.S.B**, yang dengan sabar menjadi teman diskusi, membimbing, dan mengarahkan penulis, dan juga sebagai penyemangat dan teman sejati sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
11. **Keluarga Mahasiswa Katolik Teknik Universitas Hasanuddin (KMKT-UH)** yang senantiasa menjada tempat bernaung bagi penulis selama melalui masa studi.
12. Teman-teman KP, **Asok, Geil, Kevin**, yang selalu memberi semangat sehingga penulis bisa sampai pada tahap penyelesaian tugas akhir.
13. Teman-teman KKD Geoteknik, **Baso, Alwan, Ashry, Cindy, Agung, Aldi, Anggi, Okta, Nidar, Poppy, Rafly, Ikhsan, Safa**, yang selalu menjadi lawan diskusi yang luar biasa dan menghasilkan masukan-masukan demi rampungnya tugas akhir ini.
14. Keluarga **PLASTIS**, yaitu teman-teman sipil angkatan 2017 yang tetap solid dan peduli, serta terus menjadi penyemangat dan pengapresiasi garda terdepan bagi penulis untuk terus berusaha dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Teman-teman KKN Gel. 106, **Posko Tombolo Pride**, yang telah menyemangati penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
16. **Major 09 FT-UH** yang telah menjadi tempat pelarian untuk melepas penat selama penulis menyelesaikan masa studi.
17. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu dengan semua dukungan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Tidak ada kata yang dapat penulis gambarkan atas rasa terima kasih penulis kepada semua pihak, dan semoga Tuhan yang Maha Kuasa senantiasa melimpahkan berkat dan rahmat-Nya pada kita semua. Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis berharap masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, 01 Oktober 2021  
Hormat Penulis,

**Ignatius Evan Yesa**

## ABSTRAK

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) dengan metode eksperimental. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas jenis perkuatan lereng blok X pada lereng dengan kondisi pemberian curah hujan (presipitasi). Data keluaran dari penelitian ini adalah berupa besar deformasi yang terjadi pada lereng dan rasio deformasi perkuatan lereng.

Pada penelitian ini, digunakan variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah pemberian perkuatan blok X tipe 1, tipe 2, dan tanpa perkuatan lereng. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah besar deformasi lereng dan nilai rasio deformasi perkuatan lereng. Variabel terikat pada penelitian ini adalah karakteristik tanah lereng, geometri lereng, beban, dan intensitas curah hujan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa lereng yang dibebani tanpa diberi perkuatan blok X dengan pemberian curah hujan mengalami keruntuhan pada menit ke-28. Deformasi yang terjadi sesaat sebelum terjadi keruntuhan yaitu: (1) deformasi vertikal sebesar 8 mm dan (2) deformasi horizontal sebesar 10 mm. Berikutnya, untuk lereng dengan perkuatan blok X tipe 1 setelah dibebani selama 24 jam tidak mengalami keruntuhan. Deformasi yang terjadi yaitu: (1) deformasi vertikal sebesar 8 mm dan (2) deformasi horizontal sebesar 10 mm. Berikutnya, untuk lereng dengan perkuatan blok X tipe 2 setelah dibebani selama 24 jam tidak mengalami keruntuhan. Deformasi yang terjadi yaitu: (1) deformasi vertikal sebesar 8 mm dan (2) deformasi horizontal sebesar 10 mm.

Data keluaran berikutnya dari penelitian ini adalah nilai rasio deformasi perkuatan lereng, Nilai ini diperoleh dengan membandingkan deformasi yang terjadi pada lereng dengan perkuatan dengan deformasi yang terjadi pada lereng tanpa perkuatan sesaat sebelum mengalami keruntuhan. Nilai deformasi yang didapatkan pada semua perkuatan lereng

tidak ada yang lebih dari satu sehingga tujuan efektifitas perkuatan lereng terpenuhi.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Batasan Masalah .....	4
E. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
A. Stabilitas Lereng .....	6
A.1. Pengaruh Iklim.....	7
A.2. Pengaruh Air.....	8
A.3. Pengaruh Rangkak (Creep).....	9

B.	Kegagalan Lereng.....	10
B.1.	Penurunan pada Kuat Geser Tanah.....	11
B.2.	Peningkatan Tegangan Geser Tanah .....	14
C.	Pengaruh Presipitasi Terhadap Kelongsoran .....	16
D.	Perkuatan Lereng.....	18
D.1.	Soil Nailing .....	18
D.2.	Gabion.....	23
D.3.	Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall).....	25
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>		<b>29</b>
A.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
B.	Metode Pengumpulan Data .....	29
C.	Kerangka Alir Penelitian.....	30
D.	Material .....	33
D.1.	Tanah .....	33
D.2.	Pasir .....	33
D.3.	Batu Pecah.....	34
E.	Standar Pengujian.....	34
F.	Pembuatan Lereng.....	35
G.	Pemasangan Blok Perkuatan dan Instrumen Pengujian.....	37
H.	Presipitasi.....	40
I.	Pengujian Pembebanan.....	41

J. Pengukuran Deformasi Lereng .....	43
K. Rasio Deformasi Perkuatan Lereng .....	46
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>48</b>
A. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Lereng .....	48
A.1. Karakteristik Sifat Fisis Tanah .....	48
A.2. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah .....	56
B. Hasil Pengukuran Intensitas Curah Hujan .....	57
C. Hasil Pengujian Pembebanan dengan Presipitasi .....	58
C.1. Pengujian Pembebanan Lereng Tanpa Perkuatan .....	58
C.2. Pengujian Pembebanan Lereng dengan Perkuatan Blok X Tipe 1 .....	62
C.3. Pengujian Pembebanan Lereng dengan Perkuatan Blok X Tipe 2 .....	64
D. Rekapitulasi Perilaku Lereng Terhadap Pembebanan Tanpa Perkuatan, Menggunakan Perkuatan Blok X Tipe 1, dan Perkuatan Blok X Tipe 2.....	66
E. Rasio Deformasi Perkuatan Lereng .....	67
E.1. Rasio Deformasi Vertikal Perkuatan Lereng .....	67
E.2. Rasio Deformasi Horizontal Perkuatan Lereng .....	68
F. Pengaruh Blok Terhadap Deformasi Lereng yang Terjadi.....	69
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
A. Kesimpulan .....	71
B. Saran.....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kenampakan kegagalan lereng akibat rangkaiak (creep). .....	10
Gambar 2. Mekanisme kerja soil nailing pada lereng. ....	19
Gambar 3. Gabion sebagai dinding penahan.....	24
Gambar 4. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi.....	26
Gambar 5. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever.....	27
Gambar 6. Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort. ....	28
Gambar 7. Bagan Alir Penelitian .....	32
Gambar 8. Material tanah longosoran, lokasi Kel. Sapaya, Kec. Bungaya, Kab. Gowa. ....	33
Gambar 9. Pasir sebagai bahan campuran tanah untuk pembuatan lereng. .....	34
Gambar 10. Batu pecah sebagai pelapis lereng.....	34
Gambar 11. Pemadatan tanah dan pembuatan lereng.....	37
Gambar 12. Skema pemasangan blok X tipe 1. ....	38
Gambar 13. Skema pemasangan blok X tipe 2. ....	39
Gambar 14. Peralatan pengujian pembebanan dengan presipitasi.....	40
Gambar 15. Pengujian pembebanan tanpa blok. ....	42
Gambar 16. Pengujian pembebanan blok X Tipe 1.....	43
Gambar 17. Pengujian pembebanan blok X tipe 2.....	43
Gambar 18. Pengukuran deformasi vertikal pada lereng tanpa perkuatan. .....	44
Gambar 19. Pengukuran deformasi horizontal tanpa perkuatan.....	44
Gambar 20. Pengukuran deformasi vertikal pada lereng dengan perkuatan blok X tipe 1.....	45
Gambar 21. Pengukuran deformasi horizontal dengan perkuatan blok X tipe 1.....	45

Gambar 22. Pengukuran deformasi vertikal pada lereng dengan perkuatan blok X tipe 2.....	45
Gambar 23. Pengukuran deformasi horizontal dengan perkuatan blok X tipe 2.....	46
Gambar 24. Grafik hasil pengujian batas cair. ....	49
Gambar 25. Grafik gradasi butiran.....	51
Gambar 26. Grafik plastisitas (Braja, 2010).....	53
Gambar 27. Klasifikasi tanah menurut USDA. ....	55
Gambar 28. grafik hubungan kadar air dengan berat isi kering hasil kompaksi pada tanah asli. ....	56
Gambar 29. Grafik besaran deformasi lereng berdasarkan waktu hingga mengalami keruntuhan. ....	59
Gambar 30. Lebar kelongsoran yang terjadi. ....	60
Gambar 31. Detil kedalaman kelongsoran.....	61
Gambar 32. (a) Gambar Lereng Sebelum Dilakukan Penghujan, (b) Gambar Lereng Setelah Dilakukan Penghujan dan Mengalami Kelongsoran. ....	62
Gambar 33. Grafik Besaran Deformasi Terhadap Waktu pada Lereng dengan Perkuatan Blok X Tipe 1.....	63
Gambar 34. (a) Gambar Lereng Sebelum Dilakukan Penghujan, (b) Gambar Lereng Setelah Dilakukan Penghujan dan Mengalami Kelongsoran. ....	64
Gambar 35. Grafik Besaran Deformasi Terhadap Waktu pada Lereng dengan Perkuatan Blok X Tipe 2.....	65
Gambar 36. (a) Gambar Lereng Sebelum Dilakukan Penghujan, (b) Gambar Lereng Setelah Dilakukan Penghujan dan Mengalami Kelongsoran. ....	66
Gambar 37. Rekapitulasi Perilaku Lereng Terhadap Pembebanan Tanpa Perkuatan, Menggunakan Perkuatan Blok X Tipe 1, dan Perkuatan Blok X Tipe 2.....	67

Gambar 38. Diagram Rasio Deformasi Vertikal Perkuatan Lereng ..... 68

Gambar 39. Diagram Rasio Deformasi Horizontal Perkuatan Lereng ..... 69

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis pengujian karakteristik tanah beserta standar yang digunakan ..... 35

Tabel 2. Klasifikasi tanah berdasarkan USCS ..... 54

Tabel 3. Kedalaman longsoran pada setiap titik pada gambar ..... 61

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi atau karena dibuat oleh manusia. Lereng yang terbentuk secara alamiah misalnya lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain yaitu galian dan timbunan untuk membuat jalan raya dan jalan kereta api, bendungan, tanggul sungai dan kanal serta tambang terbuka. Suatu longsoran adalah keruntuhan dari massa tanah yang terletak pada sebuah lereng sehingga terjadi pergerakan massa tanah ke bawah dan ke luar. Longsoran dapat terjadi dengan berbagai cara, secara perlahan-lahan atau mendadak serta dengan ataupun tanpa tanda-tanda yang terlihat.

Analisis kestabilan lereng harus berdasarkan model yang akurat mengenai kondisi material bawah permukaan, kondisi air tanah dan pembebanan yang mungkin bekerja pada lereng. Tanpa sebuah model geologi yang memadai, analisis hanya dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan yang kasar sehingga kegunaan dari hasil analisis dapat dipertanyakan

Perilaku struktur bangunan tanah sangat bergantung pada karakteristik tanah, baik yang berada di bawah maupun di sekelilingnya. Pada era 1990an analisis perancangan berbagai macam bangunan tanah didasarkan pada analisis model secara deterministik. Meskipun pendekatan

secara deterministik telah dipakai secara luas, pada kenyataannya, hampir seluruh propertis tanah sangat bervariasi dan kemungkinan bersifat homogen sangat jarang terjadi (Listyawan, 2006). Konsep analisis dengan pendekatan probabilitas menjadi solusi mutakhir untuk mengatasi kurang telitinya model deterministik.

Perkuatan lereng atau dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi tanah tertentu yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Fungsi utama dari konstruksi penahan tanah adalah menahan tanah yang berada dibelakangnya dari bahaya longsor.

Tanah atau material berbutir yang ditahan tersebut mendorong dinding dan cenderung membuat dinding terguling dan tergeser. Hal ini disebabkan oleh 3 (tiga) buah gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah, yang mana gaya ini harus tetap dalam kesetimbangan, yaitu: 1). Beban gravitasi dari dinding penahan tanah atau berat tambahan, 2). Tekanan lateral dari tanah, 3). Daya dukung tanah.

Tegangan yang terjadi dalam struktur harus berada dalam batas nilai yang diizinkan dan beban harus dipikul secara benar sehingga penurunan yang berlebihan tidak terjadi. Salahsatu alternatif desain perkuatan lereng adalah dengan menggunakan dinding penahan tanah.

Dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah material agar tidak longsor menurut kemiringan alamnya dimana kestabilannya dipengaruhi oleh kondisi topografinya. Jika dilakukan

pekerjaan tanah seperti penanggulan atau pemotongan tanah, terutama bila jalan dibangun berbatasan dengan sungai atau danau maka konstruksi penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh. Selain itu dinding penahan tanah juga digunakan untuk menahan timbunan tanah serta tekanan-tekanan akibat beban-beban lain seperti beban merata, beban garis, tekanan air dan beban gempa.

## **B. Rumusan Masalah**

Beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan deformasi lereng yang terjadi antara tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lereng blok X dalam kondisi pemberian curah hujan (presipitasi)?
2. Bagaimana Rasio Deformasi Perkuatan Lereng?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membandingkan deformasi lereng yang terjadi antara tanpa perkuatan dan dengan perkuatan lereng blok X dalam kondisi pemberian curah hujan (presipitasi)
2. Menghitung Rasio Deformasi Perkuatan Lereng

#### **D. Batasan Masalah**

Agar penelitian berjalan efektif serta mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian dibatasi pada:

1. Tanah pada lereng yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah yang berasal dari Kelurahan Sapaya, Kecamatan Bungaya, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan dan dicampur dengan pasir .
2. Pengujian pembebanan dilakukan dengan menggunakan beban seberat 50 kg.
3. Pengujian pembebanan dilakukan dalam kondisi presipitasi dengan intensitas curah hujan sebagai variabel tetap.
4. Pengujian pembebanan dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu tanpa perkuatan, dengan menggunakan perkuatan blok X tipe 1, dan dengan menggunakan perkuatan blok X tipe 2.

#### **E. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut:

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan teori - teori dan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan menganalisa tentang permasalahan dari penelitian.

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta cara pengolahan data hasil penelitian. Termasuk juga kerangka alir penelitian.

## **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Stabilitas Lereng

Tanah cenderung bergerak ke bawah pada permukaan tanah yang tidak horizontal. Pergerakan tanah ini disebabkan oleh gravitasi. Apabila komponen berat tanah yang dipengaruhi oleh gravitasi begitu besar sehingga kemampuan perlawanan gesernya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Kekuatan perlawanan tanah terhadap gaya-gaya yang terjadi disebut stabilitas, sehingga kemampuan perlawanan tanah yang tidak horizontal terhadap gaya-gaya yang terjadi disebut stabilitas lereng (Hardiyatmo, 2003).

Dalam menganalisis stabilitas lereng bukanlah perihal mudah. Pada analisis stabilitas lereng terdapat banyak faktor yang memengaruhi. Faktor-faktor tersebut misalnya kondisi tanah yang berlapi-lapis, kuat geser tanah, aliran rembesan air dalam tanah, dan faktor lainnya. Menurut Terzaghi (1950), penyebab kelongsoran lereng terbagi menjadi dua, yaitu akibat pengaruh alam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh dalam yang dimaksud adalah longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang biasa terjadi untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng. Pengaruh luar yang dimaksud adalah pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser. Contoh yang biasa terjadi untuk kondisi ini adalah upaya

manusia untuk mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai (Hardiyatmo, 2003).

Menurut Hardiyatmo (2003), kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut:

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenang di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuh-tumbuhan yang tertiuip angin dan lain-lain.
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendungan, sungai, dan lain-lain.
5. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral)
6. Gempa Bumi
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut (Hardiyatmo, 2003).

#### **A.1. Pengaruh Iklim**

Kuat geser tanah berubah seiring berjalannya waktu pada bagian dekat permukaan tergantung pada iklim di daerah tanah tersebut. Pada

beberapa jenis tanah, tanah tersebut mengembang saat musim hujan, dan menyusut pada musim kemarau. Oleh karena itu, kuat geser tanah yang dipakai dalam analisis stabilitas lereng harus didasarkan pada kuat geser tanah di musim hujan, atau kuat geser pada saat tanah jenuh air (Hardiyatmo, 2003).

## **A.2. Pengaruh Air**

Aliran air dalam tanah atau rembesan menjadi faktor yang sangat penting dan berpengaruh pada stabilitas lereng. Akan tetapi, faktor rembesan sangat sulit diidentifikasi dengan baik. Telah dipelajari bahwa rembesan air yang terjadi di dalam tanah menyebabkan gaya rembesan yang sangat berpengaruh pada stabilitas lereng (Hardiyatmo, 2003).

Erosi permukaan lereng dapat menyebabkan terkikisnya tanah permukaan yang mengurangi tinggi lereng, sehingga menambah stabilitas lereng. Sebaliknya, erosi yang memotong kaki lereng dapat menambah tinggi lereng, sehingga mengurangi stabilitas lereng (Hardiyatmo, 2003).

Jika pada lereng terjadi penurunan muka air tanah dalam lereng atau di dekat lereng, maka terjadi pengurangan gaya angkat air pada massa tanah, yang menambah beban lereng. Kenaikan beban menyebabkan kenaikan tegangan geser, yang bila tahanan geser tanah terlampaui akan mengakibatkan longsoran lereng. Hal ini banyak terjadi pada lereng dengan tanah berpermeabilitas rendah (Hardiyatmo, 2003).

Gaya geser yang terjadi pada volume konstan dapat diikuti oleh berkurangnya gaya intergranular dan naiknya tekanan air pori. Kelongsoran

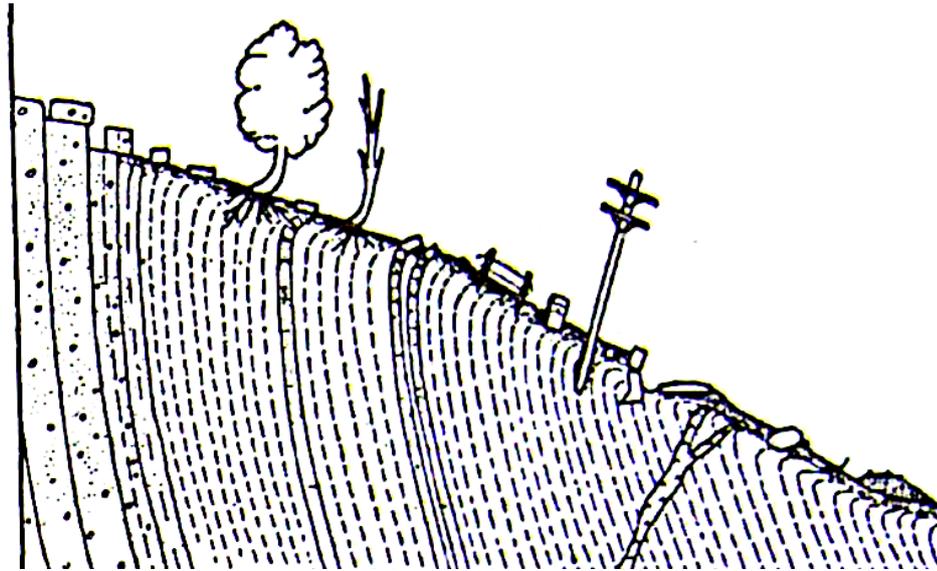
tanah dapat terjadi, bila pengurangan gaya intergranular tanah besar, menyebabkan masa tanah dalam keadaan likuifaksi (tegangan efektif nol), sehingga tanah dapat mengalir seperti cairan (Hardiyatmo, 2003).

### **A.3. Pengaruh Rangkak (*Creep*)**

Di dekat permukaan tanah yang miring, tanah dipengaruhi oleh siklus kembang-susut. Siklus ini dapat terjadi oleh akibat perubahan temperature, perubahan dari musim kemarau ke musim hujan, dan di daerah dingin dapat diakibatkan oleh pengaruh pembekuan air. Saat tanah mengembang, tanah naik sehingga melawan gaya-gaya gravitasi. Saat tanah menyusut, tanah turun di bantu oleh gravitasi. Hasil dari Gerakan keduanya adalah Gerakan perelahan lereng turun ke arah bawah.

Kedalaman zona rangkak bervariasi dari beberapa sentimeter sampai beberapa meter bergantung pada sifat tanah dan kondisi iklim. Kenampakan Gerakan lereng akibat rangkak diilustrasikan oleh Taylor (1962) dalam Gambar 1. Seperti ditunjukkan dalam gambar tersebut, rangkak dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut:

1. Blok batuan bergerak.
2. Pohon-pohon melengkung ke atas.
3. Bagian bawah lereng melengkung dan menarik batuan.
4. Bangunan Menara, monumen, dan Gedung tinggi yang miring
5. Dinding penahan tanah dan fondasi bergerak dan retak.
6. Jalan raya dan rel keluar dari alurnya
7. Batu-batu besar menggelinding dan lain-lain (Hardiyatmo, 2003).



Gambar 1. Kenampakan kegagalan lereng akibat rangkak (creep).

(Sumber : Hardiyatmo, *Mekanika Tanah II*, 2003)

## B. Kegagalan Lereng

Mengevaluasi stabilitas pada lereng merupakan hal yang sangat penting. Kekhawatiran terhadap stabilitas lereng dewasa ini terus meningkat seiring dengan banyaknya kasus-kasus kegagalan lereng yang terjadi. Berbagai pengamatan yang dilakukan terhadap perilaku lereng yang tidak jarang disertai dengan kegagalan lereng telah menuntun kepada perkembangan pemahaman terhadap perubahan parameter tanah seiring berjalannya waktu.

Dalam menentukan berbagai kasus kegagalan lereng, maka harus diawali dengan mempertimbangkan syarat fundamental dalam stabilitas lereng. Yang dimaksud dengan syarat fundamental itu adalah kuat geser pada tanah harus lebih besar dari tegangan geser yang bekerja pada

lereng tersebut. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa terjadinya kegagalan lereng disebabkan oleh dua kondisi, yaitu:

1. Berkurangnya kuat geser tanah pada lereng
2. Meningkatnya tegangan geser yang bekerja pada tanah untuk mencapai kondisi equilibrium (Duncan, Wright, dan Brandon, 2014).

### **B.1. Penurunan pada Kuat Geser Tanah**

Terdapat beberapa kejadian yang menuntun pada penurunan kuat geser pada tanah. Studi-studi terdahulu menampilkan bahwa kejadian-kejadian tersebut adalah sebagai berikut:

- Meningkatnya tekanan air pori

Naiknya muka air tanah dan timbulnya rembesan, yang biasa merupakan akibat dari curah hujan tinggi adalah penyebab yang paling sering terjadi pada peningkatan tekanan air pori dan berhubungan langsung pada penurunan kuat geser tanah. Kondisi ini dapat terjadi pada semua jenis tanah tanpa terkecuali. Waktu yang dibutuhkan untuk meningkatkan tekanan air pori bergantung pada permeabilitas tanah tersebut. Semakin tinggi permeabilitas tanah, maka perubahan keadaan muka air tanah juga semakin cepat berubah. Sebaliknya, semakin rendah permeabilitas tanah, maka semakin lambat perubahan kondisi pada muka air tanah.

- Retakan (*Cracking*)

Kegagalan lereng seringkali terjadi diawali dengan terbentuknya retakan pada daerah dekat puncak lereng. Retakan ini timbul akibat hasil dari gaya tarik pada tanah yang melebihi kuat tarik tanah tersebut.

- *Swelling* (peningkatan angka pori)

Tanah lempung, terlebih yang memiliki plastisitas tinggi dan terlalu terkonsolidasi, merupakan jenis tanah yang sangat rentan mengalami pengembangan (*swelling*) apabila terkena air.

- Terbentuknya Sisi Licin

Permukaan sisi licin (*slickenside*) yang terbentuk pada tanah lempung, terutama tanah lempung dengan plastisitas tinggi, terjadi akibat geser pada bidang gelincir. Akibat geseran yang terjadi pada bidang tertentu, partikel bidang lapisan tanah lempung memiliki kecenderungan untuk bergerak sejajar dengan bidang gelincir. Hasil dari perilaku tanah itu disebut sebagai *slickenside*. Rupa dari *slickenside* dapat digambarkan seperti permukaan sabun batang dikarenakan sangat halus dan licin. Permukaan *slickenside* lebih lemah dari bagian tanah lainnya. Sudut gesernya disebut sebagai sudut geser residual, yang diartikan sebagai sudut geser terendah yang dapat dicapai. Pada tanah lempung plastisitas tinggi, sudut geser pada *slickenside* hanya 5 sampai 6 derajat, yang mana apabila dibandingkan dengan bagian lain yang normal, sudut gesernya bisa mencapai 20 sampai 30 derajat.

- Rangkak yang Terjadi Akibat Pembebanan Terus Menerus

Lempung, terutama lempung yang sangat plastis, berubah bentuk secara terus-menerus ketika mengalami pembebanan terus-menerus. Tanah lempung pada akhirnya dapat runtuh pada beban yang berkelanjutan, bahkan pada tegangan geser yang secara signifikan lebih kecil dari kekuatan jangka pendek. Rangkak diperburuk oleh variasi siklik dalam kondisi seperti beku-cair dan basah-kering. Ketika kondisi yang bervariasi secara siklis terjadi secara ekstrem, maka pergerakan terjadi ke arah yang menurun. Perilaku ini bersifat permanen dan tidak dapat kembali seperti semula. Hasil jangka panjangnya adalah gerakan menurun lereng yang berangsur-angsur meningkat dari tahun ke tahun, dan ini pada akhirnya dapat mengakibatkan kelongsoran pada bidang keruntuhan yang terus menerus.

- *Leaching* (Pelindian)

*Leaching* terjadi akibat perubahan komposisi kimia pada air pori saat air pori merembes melalui pori-pori pada tanah.

- *Strain Softening*

*Strain softening* sangat sering terjadi pada tanah yang rapuh. Setelah puncak dari kurva tegangan-regangan telah dicapai, tahanan geser tanah menurun seiring dengan penambahan regangan.

- Pelapukan

Tanah dan batuan akan mengalami penurunan daya dukung akibat dari pelapukan. Penurunan daya dukung ini terjadi karena berbagai macam proses biologis, fisis, dan kimiawi (Mitchell, 1993). Proses fisis memecah tanah menjadi bagian yang lebih kecil. Berikutnya, proses biologis dan kimiawi merubah karakteristik dasar tanah tersebut.

- Pembebanan Siklik

Di bawah pembebanan siklik, ikatan antara partikel tanah dapat terurai sehingga tekanan pori meningkat. Tanah yang terdampak akibat fenomena ini biasanya merupakan tanah yang ikatan partikelnya kurang kuat. Selain itu, tanah jenuh akan mengalami likuifaksi (Duncan, Wright, dan Brandon, 2014).

## **B.2. Peningkatan Tegangan Geser Tanah**

Lereng tetap dapat runtuh apabila kuat gesernya tidak menurun, tetapi beban yang ditahan meningkat. Peningkatan beban menyebabkan peningkatan tegangan geser yang terjadi pada tanah. Hal-hal yang dapat menyebabkan peningkatan tegangan geser adalah sebagai berikut:

- Beban Pada Puncak Lereng

Apabila puncak lereng dibebani, tegangan geser pasti akan meningkat. Kejadian seperti ini umum terjadi pada bangunan-bangunan yang berdiri di puncak lereng dengan pondasi dangkal,

dan berada dekat pada bibir lereng. Jarak minimum beban dari bibir lereng dapat ditentukan menggunakan analisa stabilitas lereng.

- Tekanan Air pada Retakan yang Terjadi di Atas Lereng

Apabila terjadi retakan di atas lereng, dan retakan tersebut terisi oleh air, maka tekanan hidrostatik air akan bekerja pada lereng dan menurunkan stabilitas lereng. Fenomena ini akan meningkatkan tegangan geser yang bekerja pada lereng. Apabila fenomena ini terus dibiarkan, maka akan terjadi *seepage* dan akan memperburuk kondisi dari lereng

- Peningkatan Beban Tanah akibat Peningkatan Kadar Air

Infiltrasi dan *seepage* yang terjadi pada tanah lereng meningkatkan kadar air pada tanah sehingga meningkatkan berat tanah. Peningkatan berat tanah dan proses lain yang terjadi akibat infiltrasi dan *seepage* sangat berpengaruh pada stabilitas lereng.

- Penggalian pada Bagian Bawah Lereng

Penggalian yang dilakukan pada lereng akan mengubah topografi pada lereng. Lereng akan menjadi semakin curam sehingga momen-momen yang bekerja pada lereng berubah. Hal ini dapat meningkatkan tegangan geser pada satu kesatuan sistem lereng dan mengubah stabilitas lereng.

- Penurunan Permukaan Perairan pada Dasar Lereng

Tekanan eksternal dari air yang bekerja pada muka lereng juga bekerja sebagai stabilisasi. Apabila permukaan air menurun, maka

tahanan yang diberikan dari tekanan air tersebut juga ikut menurun sehingga tegangan geser yang terjadi pada tanah meningkat. Penurunan permukaan perairan yang terjadi dengan sangat cepat yang tidak disertai dengan penurunan tekanan pori pada lereng menyebabkan stabilitas lereng menurun.

- **Gempa Bumi**

Gempa bumi mengguncang lereng secara vertikal maupun horizontal yang menyebabkan terjadinya tegangan tambahan pada lereng yang tidak beraturan. Walaupun gempa yang terjadi hanya sebentar, tetapi tetap akan menyebabkan peningkatan gaya yang bekerja melampaui nilai fase statisnya. Serangkaian fenomena ini menyebabkan perubahan tegangan geser dan merubah stabilitas lereng (Duncan, Wright, dan Brandon, 2014).

### **C. Pengaruh Presipitasi Terhadap Kelongsoran**

Kelongsoran pada lereng sangat lumrah terjadi selama hujan dengan periode yang cukup lama dan intensitas yang besar. Kemungkinan terjadinya longsor ini semakin besar pada beberapa daerah yang memiliki kecenderungan curah hujan yang tinggi, lereng yang curam, dan memiliki tanah berupa butiran halus. Kelongsoran ini umum terjadi pada daerah tropis.

Hujan yang jatuh ke permukaan tanah memiliki energi kinetik yang besar dan berpotensi menghancurkan partikel-partikel tanah dan akan membuat kondisi tanah menjadi tidak stabil. Besarnya curah hujan

menentukan kekuatan disperse, daya pengangkutan dan kerusakan pada tanah. Pada saat hujan turun pada suatu bidang tanah, hujan tersebut akan terinfiltrasi sebagian ke dalam tanah hingga kondisi tanah tersebut jenuh. Erosi tanah oleh air terjadi jika kondisi tanah jenuh sehingga sulit untuk terinfiltrasi. Air kemudian mengalir di permukaan dan mengangkut butiran-butiran tanah. Erosi tanah adalah Bergeraknya butiran tanah oleh angin atau air (Sitepu, 2017).

Erosi yang terjadi secara terus menerus dapat menghilangkan vegetasi di atas tanah tersebut, sehingga lapisan subur yang baik bagi pertumbuhan tanaman tererosi. Nihilnya tanaman pada suatu bidang tanah menyebabkan kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air berkurang sehingga permeabilitas tanah menjadi tinggi dan menyebabkan kadar air tanah bertambah. Bertambahnya kadar air pada tanah pada jumlah yang besar menyebabkan kuat geser tanah menjadi lemah sehingga menjadi rawan terjadi kelongsoran (Sitepu, 2017).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sitepu (2017) diketahui bahwa besarnya erosi yang terjadi berbanding lurus dengan peningkatan intensitas hujan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor yang pertama adalah semakin besar intensitas curah hujan, maka semakin besar energi kinetik yang bekerja pada tanah ketika hujan turun, sehingga semakin banyak partikel-partikel tanah yang dapat dibawa tererosi. Faktor berikutnya adalah semakin besar intensitas curah hujan berarti semakin tinggi volume air

hujan yang turun ke permukaan tanah yang mana menyebabkan tanah lebih cepat tersaturasi sehingga erosi pun lebih cepat terjadi (Sitepu, 2017).

## **D. Perkuatan Lereng**

### **D.1. Soil Nailing**

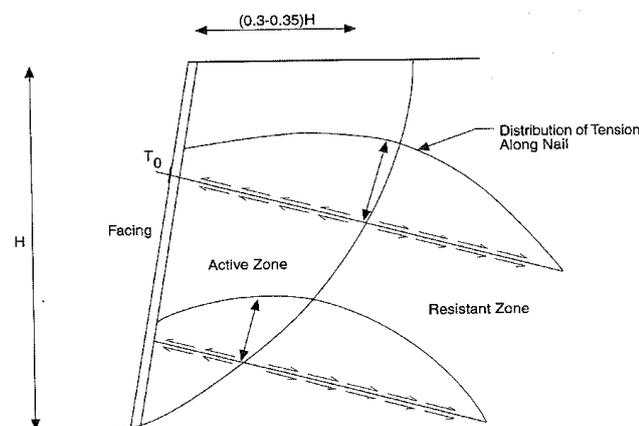
Teknik *soil nailing* dikembangkan pada awal 1960-an, sebagian berasal dari teknik *rock bolting* dan system multi angkur. Teknik ini juga muncul berkat “*The New Austrian Tunneling Method*” sebagai salah satu faktor besar (Budania, 2016)

Fungsi dari *soil nailing* adalah untuk memperkuat atau menstabilisasi lereng curam yang ada dan galian dimana proses konstruksi berjalan dari atas ke bawah. *Soil nail* memperoleh aksi perkuatan melalui interaksi dengan deformasi tanah, yang menghasilkan penambahan kuat tarik pada *soil nail*. Efek dari *soil nailing* adalah untuk meningkatkan stabilitas lereng atau galian melalui:

- a. Meningkatkan gaya normal pada bidang geser sehingga meningkatkan kuat tahanan geser sepanjang bidang gelincir pada gesekan tanah
- b. Mengurangi gaya sepanjang bidang gelincir baik untuk pergeseran tanah maupun kohesi tanah (Budania, 2016)

Pada *soil nailing*, perkuatan dipasang secara horizontal atau miring sejajar dengan arah dari regangan tarik sehingga menimbulkan kuat tarik maksimum. *Soil nail* adalah perlakuan pasif, sehingga meningkatkan

tahanan geser pada tanah. Sistem *soil nail* dapat dibagi menjadi daerah aktif dan daerah pasif. Pada saat kegagalan lereng, daerah aktif cenderung terdeformasi yang merupakan hasil dari pergerakan aksial sepanjang *soil nail*, yang mana diletakkan menyilang dengan bidang gelincir. Hal ini menimbulkan gaya tarik pada *soil nail* yang berada pada daerah pasif yang menahan deformasi pada daerah aktif. Tegangan ini menimbulkan perubahan bertahap gaya normal pada bidang gelincir, dan mengurangi gayageser. Soil nail ditanam pada daerah pasif yang mana harus berada pada zona penahan (*resistive zone*). Mekanisme dari kinerja *soil nailing* diilustrasikan pada Gambar 2 (Budania, 2016).



Gambar 2. Mekanisme kerja *soil nailing* pada lereng.

(Sumber : Budania, *Soil Nailing for Slope Stabilization: An Overview*, 2016)

Bagian-bagian pada soil nail:

- a. Batang perkuatan baja, bisa batang padat atau batang kopong, (kekuatan min 415 kPa).
- b. *Centralizers*, adalah sebuah alat yang terbuat dari PVC yang akan dipasang pada berbagai tempat sepanjang masing-masing batang

baja untuk memastikan ketebalan minimal dari *grout* (beton) menyelimuti batang seluruhnya

- c. *Grout*, beton atau campuran mortar disemprotkan dengan kecepatan tinggi, tegak lurus dengan permukaan tanah. Grout disuntikkan pada lubang setelah soil nail dimasukkan.
- d. *Nail head*, bagian ujung dari *soil nail*. Berbentuk persegi dari beton, yang mana termasuk plat baja, nut baja, dan perkuatan soil nail head.
- e. *Temporary and permanent facing*, soil nail terhubung dengan permukaan galian atau lereng oleh *facing elements*. *Temporary facing* digunakan pada galian yang belum berpenahan sementara penggalian berlajutan. *Permanent facing* diletakkan di atas *temporary facing* setelah soil nail terpasang.
- a. Sistem drainase, Geokomposit vertical dengan saluran air merupakan media system drainase. Ini dipasang sebelum dacing element untuk menyalurkan air rembesan keluar (Budania, 2016).

#### Prosedur pemasangan konstruksi

- a. Galian, sebelum melakukan galian, control air permukaan harus dilakukan untuk mencegah aliran yang tidak terkontrol, yang mana ini bisa mengakibatkan tidak stabilnya lokasi konstruksi. Setiap tahapan galian, didiamkan tanpa penahan selama 24 sampai 48 jam, baru bisa dilakukan penggalian lagi.

- b. Pengeboran lubang soil nail, lubang untuk instalasi soil nail dapat dibor terlebih dahulu, ataupun soil nail itu sendiri langsung didorong pada permukaan. Untuk proses pengeboran, peralatan yang bisa digunakan adalah: Drill bit machine, Rope core drill, Air leg rock drill, Horizontal drill machine.
- c. Pemasangan temporary shotcrete facing, terdiri dari 3-4 inci campuran mortar, diperkuat dengan satu lapis jarring-jaring kawat. Biasa digunakan campuran kering ataupun basah.
- d. Tahap sebelumnya dilakukan terus menerus secara bertahap sampai kedalaman yang ingin dicapai
- b. Setelah prosedur telah selesai hingga kedalaman yang ingin dicapai, maka dilakukan pemasangan permanent facing (Budania, 2016).

Berbagai macam *soil nailing*

- a. *Grouted nail*, setelah memasukkan *soil nail* kedalam lubang pada lereng, maka disuntikkan campuran semen
- b. *Driven nail*, *Soil nail* langsung dipasang ke dinding lereng tanpa dilakukan pengeboran terlebih dahulu
- c. *Self-Drilling Soil Nail*, Batang yang kosong ditengahnya dimasukkan, lalu dilakukan grouting pada lubang baja tersebut
- c. *Soil nailing* sangat menarik pada pekerjaan pemotongan lereng untuk jalan karena galian yang terbatas. Faktor ini mengurangi

dampak lingkungan. Dampak pada lalu lintas juga cenderung kecil karena area kerja yang tidak terlalu besar (Budania, 2016).

Dinding *soil nail* dapat sangat menguntungkan pada pelebrana underpass saat pelepasan abutmen jembatan eksisting diperlukan. Mungkin memang biaya yang dibutuhkan lebih mahal, tetapi keuntungannya adalah ukuran dari rig soil nailing yang cenderung kecil.

Kelebihan *Soil Nailing* :

Secara Konstruksi :

- a. Memerlukan baris yang lebih kecil dibandingkan teknik lainnya,
- b. Tidak terlalu besar mempengaruhi lalu lintas dan lingkungan dibandingkan drilled shaft atau soldier pile walls.
- c. Instalasi cepat
- d. Tidak terbatas limitasi overhead
- e. Bisa lebih ekonomis pada daerah terpencil yang susah akses
- f. Dapat dipasang menggunakan peralatan yang umum (Budania, 2016).

Secara kemampuan:

- a. Defleksi yang terjadi pada soil nailing masih berada dalam limit toleransi
- b. Soil nail berfungsi baik pada keadaan seismic
- c. Memiliki ketahanan lebih dari dinding berangkur karena jumlah perkuatan per unit area lebih besar (Budania, 2016).

Kerugian soil nailing :

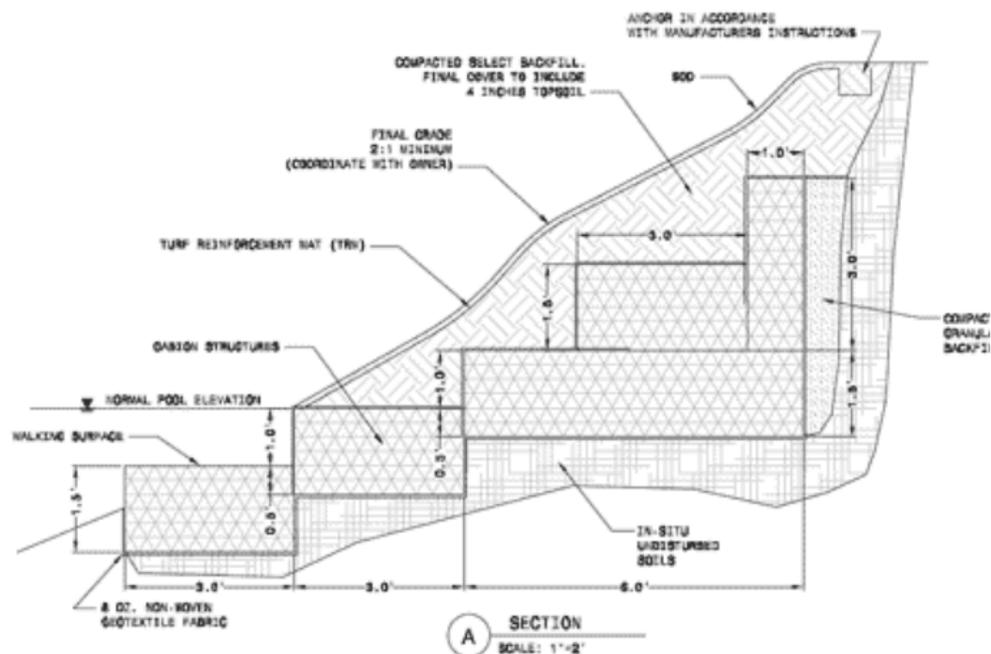
- a. Soil nailing tidak cocok dilakukan dimana aturan deformasi sangat ketat
- b. Soil nail tidak cocok untuk rembesan air tanah yang besar
- c. Kurang cocok untuk tanah berbutir dan tanah lempung, yang memiliki masa tahan sendiri yang pendek
- d. Hanya cocok untuk penggalian diatas muka air tanah (Budania, 2016).

## **D.2. Gabion**

Dinding bronjong telah menjadi bangunan sipil selama bertahun-tahun. Dalam penggunaan utamanya sebagai sistem pencegahan erosi, sudah banyak artikel dan eksperimen yang telah menyelidiki perilaku dan kemungkinan peningkatan sistem dinding bronjong. Beberapa dari penyelidikan ini bahkan mencakup perilaku seismik, tetapi semuanya dalam lingkup penggunaan sebagai sistem penahan (Dawood, 2016).

Meskipun bronjong belum diselidiki sebagai pilihan konstruksi, penggunaan produk bata Adobe telah diselidiki. Adobe digunakan karena membutuhkan tenaga kerja tidak terampil untuk konstruksi dan menggunakan bahan yang tersedia di daerah terdekat, baik yang berasal dari alam (pasir) atau dengan pembelian (semen), meskipun bahan yang dibeli ini sangat mahal. Namun, sistem ini telah terbukti rentan terhadap kelembaban, yang menghasilkan adobe (Dawood, 2016).

Gabion adalah wadah jaring yang diisi dengan batu-batu kecil. Batu-batu tersebut terlalu kecil untuk digunakan secara mandiri, tetapi dalam wadah jaring baja mereka membentuk bahan yang kuat. Gabion dirancang untuk melindungi tanah di sekitar sungai atau saluran air dari erosi yang disebabkan oleh air yang mengalir. Gabion yang ditumpuk atau bertingkat menciptakan penghalang antara air yang mengalir dan tanah. Gabion diproduksi dalam tiga bentuk: keranjang, kasur, dan karung. Menempatkan gaya kasur di lereng yang landai membantu melindungi lereng dari erosi tanah dari limpasan air. Keranjang atau karung bronjong yang ditumpuk membentuk dinding vertikal atau struktur teras. Gambar 3 menunjukkan Gabion sebagai dinding penahan. (Dawood, 2016)



Gambar 3. Gabion sebagai dinding penahan.

(Sumber : Dawood, *Experimental Study of Structural Behavior of Mesh-Box Gabion*, 2016)

### **D.3. Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)**

Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan dinding penahan tanah antara lain sebagai berikut:

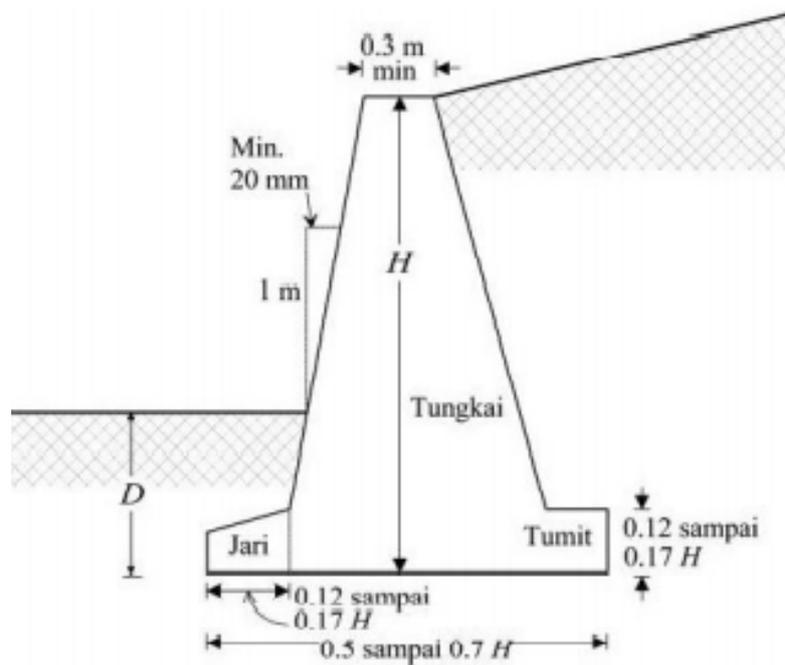
- a. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- b. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
- c. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
- d. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal. e. Dinding khusus yang disebut flood walls, yang digunakan untuk mengurangi / menahan banjir dari sungai.
- f. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut approach fill dan dinding penahan disebut abutments.
- g. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah di sekitar bangunan 6 lantai atau gedung-gedung.
- h. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, biji besi, dan lain-lain (Dawood, 2016).

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu dinding

gravitasi, dinding penahan kantilever, dinding kontrafort, dinding *buttress*.

Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

1. Dinding penahan tanah tipe gravitasi (gravity wall). Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperatur. Selain itu, pada proyek konstruksi yang membutuhkan perhatian khusus, dinding penahan tanah ini jarang digunakan. Dinding penahan tanah tipe gravitasi diilustrasikan pada Gambar 4.

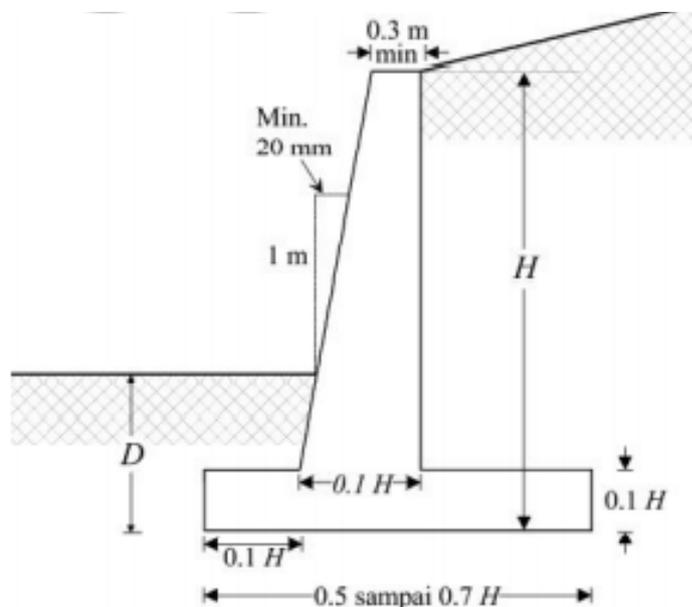


Gambar 4. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi.

(Sumber : SNI 8460, 2017)

2. Dinding penahan tanah tipe kantilever (cantilever retaining wall).  
Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang

yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak (heel). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (stem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6 – 7 meter. Ilustrasi dinding penahan tanah tipe kantilever ada pada Gambar 5.

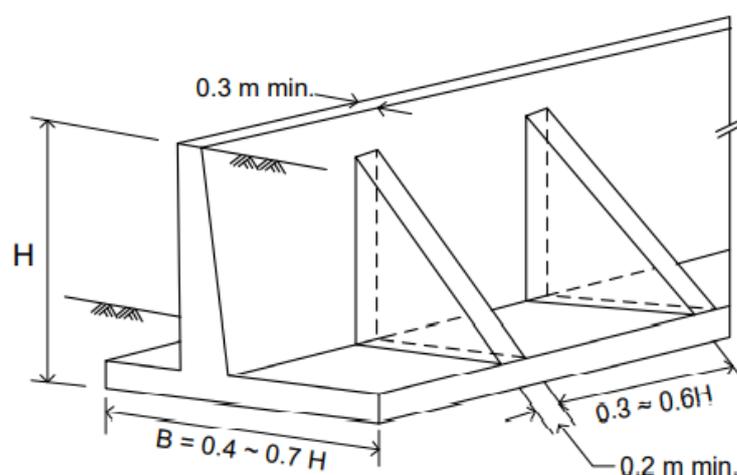


Gambar 5. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever.

(Sumber : SNI 8460, 2017)

3. Dinding penahan tanah tipe kontrafort (counterfort wall) Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat / dinding vertikal yang disebut

counterfort (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan (contrafort). Kontrafort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interval jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter. Perencanaan dimensi dinding penahan tanah sistem kontrafort yaitu lebar  $0.45H$  s.d.  $0.75H$ . Kontrafort dapat ditempatkan pada jarak  $0.3H$  s.d.  $0.60H$ , dengan tebal tidak kurang dari 20cm. Tinggi kontrafort sebaiknya sama dengan tinggi dinding vertikal, tetapi apabila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan  $0.12H$  s.d.  $0.24H$ . Ilustrasi dinding penahan tanah tipe kontrafort ada pada Gambar 6 (SNI 8460, 2017).



Gambar 6. Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort.

(Sumber : SNI 8460, 2017)