

**TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK KUAT TARIK MODULAR X-BLOK**  
***CHARACTERISTIC OF X-BLOK MODULAR TENSILE***  
***STRENGTH***

**FARDHU ASLAM N.R ARTATA**  
**D111 16 516**



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

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

### KARAKTERISTIK KUAT TARIK MODULAR X-BLOK

Disusun dan diajukan oleh:

**FARDHU ASLAM N.R ARTATA**

**D111 16 516**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 2 Juni 2021 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 Tiaronge, ST, M.Eng**  
Nip. 196808292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

ii

### PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Fardhu Aslam N.R Artata, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Karakteristik Kuat Tarik Modular X-Blok**", 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, 2 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,



Fardhu Aslam N.R Artata  
NIM. D111 16 516

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wata'ala* karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Karakteristik Kuat Tarik Modular X-Blok". Dan tak lupa kami kirimkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam* sebagai idola terbaik sepanjang zaman serta para sahabat dan keluarga beliau dan orang-orang yang senantiasa istiqomah di jalan Islam ini.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi strata satu pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, tidak dapat dipungkiri banyaknya kesulitan yang dihadapi oleh penulis. Namun dengan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis pun mampu menghadapi kesulitan tersebut.

Selanjutnya dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis tak lupa menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada berbagai pihak yang telah membantu baik secara materil maupun moril, khususnya kepada :

1. Kedua Orang tua tercinta saya, yaitu **Japari Artata** dan **Umi Refideso** yang tak hentinya memberikan kasih sayang, doa, motivasi, serta bantuan moral dan materi yang tak terhingga selama ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M. Eng.** selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak **Dr. Eng. Tri Harianto, S.T., M.T.** selaku pembimbing 1 dan Ibu **Ariningsih Suprpti, S.T., M.T.** selaku pembimbing 2 atas saran dan masukan serta bimbingannya dalam pembuatan tugas akhir ini.
5. Dosen dan staf pengajar, serta pegawai Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan segala ilmu pengetahuan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses perkuliahan.
6. Tim Sukses Penelitian yang telah membantu dalam penelitian ini Bapak **Enos Karapa, S.T., M.T** yang telah mengizinkan saya untuk membantu dalam penelitiannya.
7. **Hasrianti S S.T, Dandi Jumadi S.T, Kintan S.T, dan Bowo S.T**

yang telah membantu dalam proses pengambilan data di laboratorium.

8. **Zulfadli S.T, Fauding S.T, Ria S.T, Indra S.T, Heru S.T dan Rizqi** yang telah membantu dalam memberi dukungan selama ini.

9. **Nur Muti'ah S.T** yang telah membantu memberi bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

10. Seluruh keluarga KKD Geoteknik, teman-teman, senior, Bapak-Ibu S2 dan S3 yang juga terus memberi bantuan dan dukungan. Serta kepada semua pihak yang turut membantu kelancaran penyelesaian tugas akhir ini.

11. Teman-teman **Teknik Sipil angkatan 2016** yang selalu memberi semangat, motivasi, dan selalu menemani kami dalam suasana sedih dan senang selama menjalani proses perkuliahan. Semoga saudara-saudara ku di Teknik Sipil 2016 bisa menjalankan amanah menjadi seorang *Engineer* dengan baik. *See you on top guys!*

12. Teman-teman Pengurus **HMS FT-UH periode 2019** dan **HMS FT-UH** pada umumnya yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuan yang berharga kepada penulis selama berada di lingkup Universitas Hasanuddin

13. Dan kepada seluruh rekan-rekan penulis lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan

mendukung penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis pun menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak yang dapat membangun tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi kedepannya. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi rekan-rekan pembaca dan pembangunan dunia ketekniksipilan kedepannya. Aamiin.

Gowa, Februari 2021

Fardhu Aslam N.R Artata

D111 16 516

## ABSTRAK

Perkuatan lereng dengan berbagai metode telah banyak dilakukan, namun penerapannya tidak dapat dilakukan di setiap tempat yang berbeda dan biaya yang mahal terkadang menjadi kendala. Penelitian awal ini mempelajari pemanfaatan penopang blok pengaman terhadap penggunaan riprap sebagai alternatif perkuatan lereng dengan membuat model skala laboratorium. Pembuatan model perkuatan lereng dengan blok tipe x diharapkan dapat meminimalisir terjadinya kegagalan dalam perkuatan lereng. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur besar uji kuat tarik blok tipe x untuk menghasilkan perkuatan lereng yang lebih maksimal. Hasil pengujian terhadap 4 sampel, terlihat bahwa kuat tarik model blok x Sayap lebih besar dibandingkan dengan model blok x, hal ini disebabkan karena perbedaan bentuk penampang dari kedua blok. Penampang blok tipe x sayap menyatu sedangkan blok tipe x terpisah secara bersusun. Penelitian ini diharapkan menghasilkan nilai uji kuat tarik yang maksimal pada blok tipe x sebagai penopang riprap untuk menambah nilai kestabilan lereng.

**Kata Kunci** : kuat tarik, blok tipe x, lereng

## ABSTRACT

*Slope reinforcement with various methods has been done a lot, but its application cannot be done in every different place and high costs are sometimes being a problem, This preliminary research studied the usage of protective block supports against riprap as an alternative to slope reinforcement by making laboratory scale models. Making a model of slope reinforcement with type x block is expected to minimize the failure of slope reinforcement. The aim of this research is to measure the tensile strength of type x block to obtaining maximum slope reinforcement. The test results on 4 samples, it appears that the tensile strength of Wing x block model is greater than the x block model, this is due to differences in the cross-sectional shape of the two blocks. The cross sections of the wing x-type block are joined while the x-type blocks separately in layers. This research is expected to obtain the maximum tensile strength value in type x block as riprap support to increase the value of slope stability.*

**Keywords:** *tensile strength, x-type block, slope*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	2
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Masalah .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. Stabilitas Lereng .....	6
B. Faktor Keamanan Lereng.....	13
C. Metode Perkuatan Lereng.....	16
D. Riprap .....	19

E. Perkuatan Lereng Dengan Blok .....	21
F. Uji Kuat Tarik .....	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	25
A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	25
B. Metode Pengambilan Data .....	25
C. Pembuatan Blok Tipe X.....	25
D. Pengujian Benda Uji.....	29
E. Bagan Alir Penelitian .....	30
F. Peralatan Laboratorium.....	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
A. Hasil Pengujian Kuat Tarik X Blok.....	33
B. Pengaruh Bentuk Penampang Blok X Terhadap Nilai Kuat Tarik 37	
C. Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tarik .....	40
D. Pengujian Kuat Tarik.....	42
E. Mutu Beton.....	42
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	44
A. Kesimpulan .....	44
B. Saran .....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme kegagalan lereng akibat curah hujan.....	11
Gambar 2. Perkuatan lereng dengan metode blok.....	23
Gambar 3. Mal blok tipe x sayap (a), blok tipe x (b) .....	26
Gambar 4. Tulangan Blok tipe X.....	26
Gambar 5. Tulangan Blok tipe X Sayap .....	27
Gambar 6. Mal blok tipe x (a), blok tipe x sayap (b) .....	27
Gambar 7. Menimbang Material.....	28
Gambar 8. Blok tipe X dan Blok tipe X Sayap .....	28
Gambar 9. Rangka blok tipe x sayap (a), blok tipe x (b).....	28
Gambar 10. Skema Pengujian .....	29
Gambar 11. Pengujian kuat tarik blok tipe x sayap (a), blok tipe x (b) .....	30
Gambar 12. Bagan Alir Penelitian.....	31
Gambar 13. <i>Universal Testing Machine</i> .....	32
Gambar 14. Satu set <i>computer</i> dan <i>Data Logger</i> .....	32
Gambar 15. Pengujian Kuat Tarik Blok X Sayap 1 .....	33
Gambar 16. Hasil Pengujian Kuat Tarik Blok X Sayap 1 .....	33
Gambar 17. Pengujian Kuat Tarik Blok X 1 .....	34
Gambar 18. Hasil Pengujian Kuat Tarik Blok 1 .....	34
Gambar 19. Pengujian Kuat Tarik Blok X Sayap 2.....	35
Gambar 20. Hasil Pengujian Kuat Tarik Blok X Sayap 2 .....	35
Gambar 21. Pengujian Kuat Tarik Blok X 2.....	36
Gambar 22. Hasil Pengujian Kuat Tarik Blok X 2 .....	36

Gambar 23. Bentuk Penampang Sayap.....	37
Gambar 24. Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Blok Sayap .....	38
Gambar 25. Bentuk Penampang Blok X .....	39
Gambar 26. Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Blok X.....	40
Gambar 27. Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Blok Sayap dan Blok X .....	41

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor ....	14
Tabel 2. Klasifikasi Struktur Pengaman Tebing.....	20
Tabel 3. Hasil Kuat Tarik Blok Sayap.....	38
Tabel 4. Hasil Kuat Tarik Blok X .....	40
Tabel 5. Hasil Kuat Tarik Blok Sayap dan Blok X.....	41

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Permasalahan longsor sering sekali dijumpai dalam bidang ilmu geoteknik, terutama pada fasilitas transportasi seperti jalan raya, bendungan dan terowongan. Kelongsoran dapat terjadi karena banyak faktor, seperti halnya gempa bumi, topografi daerah setempat, struktur geologi, sifat rembesan tanah dan morfologi. Longsoran pada umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya karena ada penambahan beban pada permukaan lereng dan berkurangnya daya ikat antara butiran tanah. Beberapa parameter penting sebagai pemicu terjadinya tanah longsor diantaranya adalah kemiringan lereng (Yarvis Syahwaner dkk.,2019).

Bencana tanah longsor adalah bahaya yang meluas yang terjadi di banyak daerah di dunia dan menyebabkan kerusakan yang besar pada masyarakat (Rossi et al., 2019). Setiap tahun bencana ini menyebabkan lebih dari 100.000 kematian dan cedera dan kerusakan lebih dari satu miliar USD. Di beberapa negara, kerugian ekonomi dan korban dari tanah longsor diremehkan. Bencana Tanah longsor menghasilkan kerugian yang lebih besar daripada bencana alam lainnya, termasuk gempa bumi, banjir, dan badai angin (Akgun, 2011)

Masalah stabilitas lereng menarik perhatian utama dari para peneliti, dan akibatnya, beberapa teknik dan metode untuk evaluasi

stabilitas lereng telah diusulkan. Upaya penanggulangan longsor di berbagai wilayah telah banyak dilakukan, diantaranya adalah dengan penanganan menggunakan metode vegetatif dan pemotongan lereng, namun upaya penanggulangan yang telah dilakukan ini belum mampu mengurangi potensi bahaya yang terjadi. Selain perkuatan dengan dinding penahan tanah, banyak perkuatan yang dilakukan dengan menggunakan geosintetik berupa geotekstil, *anchor*, *rock sheds* dan *ditches*, namun penggunaan metode ini pada umumnya dilakukan dalam skala yang besar dan membutuhkan biaya yang besar.

Salah satu metode penanganan lereng adalah dengan cara mengurangi erosi permukaan lereng. Penanganan erosi permukaan lereng dapat dilakukan dengan jenis pengaman lereng yang *flexible* yaitu bangunan riprap (S.R.Abt, 2014). Namun dalam pelaksanaannya penggunaan bangunan riprap ini sering juga mengalami kegagalan baik oleh erosi partikel, gerakan lereng yang miring dari massa batu maupun gerakan massa material di sepanjang permukaan slip internal dalam selimut riprap, (SA Brown, ES Clyde, 1989).

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka untuk memperkuat bangunan riprap sehingga tidak terjadi kegagalan, perlu diberikan penopang blok beton tipe X. Penggunaan blok beton tipe X ini bertujuan untuk menahan beban berat dan mengunci riprap batu yang terpasang sehingga tidak terjadi pergerakan.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul “KARAKTERISTIK KUAT TARIK MODULAR X-BLOK”. Dimana pembuatan model perkuatan lereng dengan blok tipe X diharapkan dapat meminimalisir terjadinya kegagalan dalam perkuatan lereng.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan diambil adalah:

1. Bagaimana menentukan bentuk geometri blok tipe X, untuk menghasilkan perkuatan lereng yang lebih maksimal?
2. Bagaimana hasil dari pengujian blok tipe X?

#### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan bentuk geometri blok tipe X, untuk menghasilkan perkuatan lereng yang lebih maksimal.
2. Untuk mengetahui hasil dari blok tipe X yang di uji tarik.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi bahan alternatif dalam penanganan perkuatan lereng, selain itu tentunya juga dapat memberikan

kontribusi positif bagi pemerintah dan dunia konstruksi sebagai metode alternatif dalam penanganan perkuatan lereng.

#### **E. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan efektif, terencana terukur dan tepat sasaran, maka penelitian ini hanya difokuskan pada jenis lereng tanah (tanah lunak atau granular), dengan menggunakan batu (*cipping* atau batu pecah dan kerikil).

#### **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Pendahuluan memuat suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Dalam pendahuluan ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

### **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini diuraikan mengenai konsep teori yang relevan dan memberikan gambaran mengenai metode pemecahan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini.

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

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

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

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

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

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan penulisan tugas akhir yang berisi tentang kesimpulan yang disertai dengan saran-saran mengenai keseluruhan penelitian maupun untuk penelitian yang akan datang.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Stabilitas Lereng**

Stabilitas lereng merupakan proses analisis perhitungan dan membandingkan antara tegangan geser dengan kekuatan geser dari tanah atau bidang lereng. Kekuatan geser suatu tanah merupakan daya tolak internal tanah terhadap keruntuhan atau pergeseran tanah sepanjang bidang geser (Das, 1994).

Stabilitas lereng berkaitan dengan hubungan antara penggerak dan melawan kekuatan. Beberapa faktor berkontribusi pada kekuatan penggerak sedangkan yang lain menambah kekuatan penolak. Oleh karena itu, faktor-faktor yang mengatur ini sangat penting untuk analisis stabilitas lereng batuan secara umum dan untuk mode bidang kegagalan pada khususnya. Faktor pengatur internal utama adalah; geometri lereng, karakteristik bidang kegagalan potensial, drainase permukaan dan kondisi air tanah (Wang dan Niu, 2009), dimana faktor eksternal adalah curah hujan, kegempaan dan kegiatan buatan manusia (Raghuvanshi et al., 2014). Faktor-faktor ini dalam kombinasi akan berperan dalam menentukan kondisi stabilitas lereng.

Faktor-faktor penyebab lereng rawan longsor meliputi faktor internal (dari tubuh lereng sendiri) maupun faktor eksternal (dari luar lereng), antara lain: morfologi, vegetasi, kegempaan, iklim (curah hujan),

batuan/tanah maupun situasi setempat (Anwar dan Kesumadharma 1991, Hirnawan, 1994).

### **A.1 Parameter Internal**

Parameter internal adalah parameter penyebab yang menentukan kondisi stabilitas yang menguntungkan atau tidak menguntungkan dalam lereng. Parameter intrinsik ini adalah geometri lereng, material lereng, diskontinuitas struktural, dan air tanah (Raghuvanshi, 2014). Tergantung pada kondisi yang diberikan untuk masing-masing parameter intrinsik ini, mereka mungkin memiliki pengaruh terhadap kondisi stabilitas lereng.

#### **1. Geometri Lereng**

Geometri lereng mencakup relief relatif dan morfometri lereng. Perbedaan ketinggian maksimum dan minimum dalam suatu segi menentukan kelegaan relatif. Relief relatif pada dasarnya mewakili ketinggian segi individu. Relief relatif telah dikategorikan ke dalam lima kelas; rendah (<50 m), sedang (51-100 m), sedang (101-200 m), tinggi (201-300 m) dan sangat tinggi (>301 m). Morfometri lereng mengindikasikan kecuraman lereng. Kelas morfometrik lereng diadopsi sama dengan kelas penilaian *LHEF* (Anbalagan (1992), sesuai dengan kelasnya; tebing curam/tebing (>45°), kemiringan curam (36°-45°), kemiringan cukup curam (26°-35°), kemiringan lembut (16°-25°) dan kemiringan yang sangat lembut (<15°).

## **2. Material Lereng**

Lereng dapat terdiri dari massa batuan atau tanah atau keduanya, Kriteria untuk memberikan peringkat ke sub kelas dari jenis batuan didasarkan pada kekuatan batuan utuh dan tingkat pelapukan. Erodibilitas batuan sangat dipengaruhi oleh kekuatan batuan, Batuan yang memiliki kekuatan tinggi relatif lebih tahan terhadap erosi (Hoek & Bray, 1997). Tingkat pelapukan dapat mempengaruhi kekuatan relatif dari batuan sehingga harus dipertimbangkan saat menetapkan peringkat untuk jenis batuan. Tingkat pelapukan telah dianggap sebagai; Segar, Lapuk sedikit, Lapuk cuaca, Sangat lapuk dan Batuan seperti tanah. Jadi, tergantung pada kelas pelapukan, peringkat jenis batuan harus disesuaikan. Faktor penyesuaian untuk pelapukan batuan harus dikalikan dengan peringkat masing-masing jenis batuan segar *grade* II dan *grade* III. Untuk kasus ketika lereng ditutupi oleh tanah, kriteria penilaian didasarkan pada kelas genetik dan kedalaman tutupan tanah. Tanah residual lebih terkonsolidasi dan memiliki kekuatan geser yang lebih baik daripada tanah aluvial atau yang diendapkan baru-baru ini (Anbalagan, 1992). Kedalaman tutupan tanah juga dipertimbangkan saat menetapkan peringkat untuk berbagai jenis tanah.

## **3. Diskontinuitas Struktural**

Diskontinuitas struktural ini memainkan peran penting dalam menentukan kondisi stabilitas lereng batuan (Hoek & Bray, 1997). Faktor penting dari bidang diskontinuitas struktural yang mempengaruhi stabilitas

massa batuan adalah; orientasi, jarak, kontinuitas, karakteristik permukaan, pemisahan permukaan diskontinuitas dan ketebalan dan sifat bahan pengisi dalam permukaan diskontinuitas (Price, 2009).

Menurut Hoek dan Bray (1997), orientasi bidang diskontinuitas memainkan peran penting dalam kondisi stabilitas massa batuan. Massa batuan mungkin gagal sepanjang satu atau lebih bidang diskontinuitas.

#### **4. Air tanah**

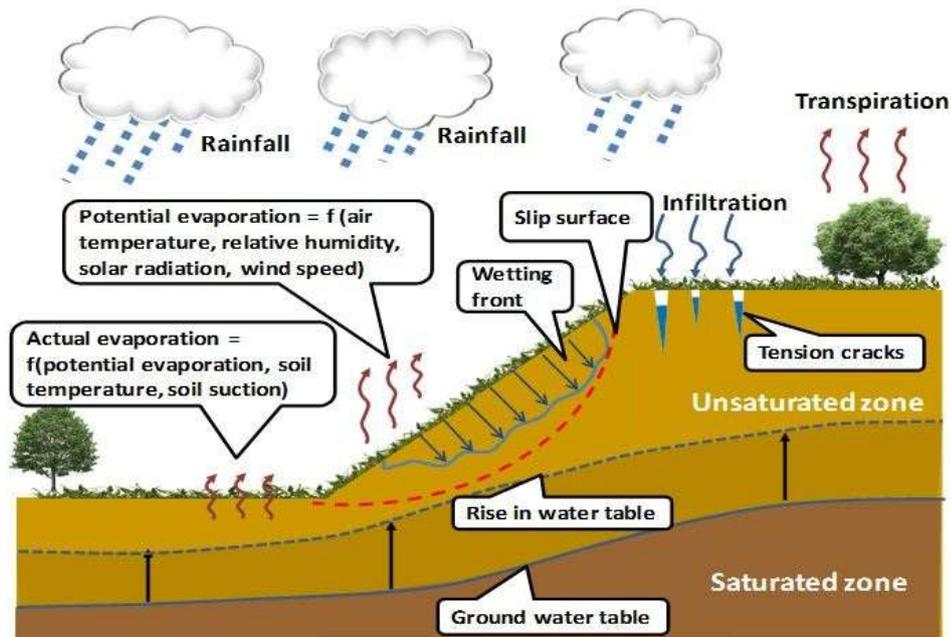
Air tanah memainkan peran penting dalam kondisi stabilitas lereng (Hoek dan Bray, 1997). Studi stabilitas lereng untuk pemetaan bahaya pada area yang relatif besar membuatnya sulit untuk memiliki pengamatan langsung terhadap perilaku air tanah di dalam lereng. Selain itu, informasi tentang tingkat muka air dan fluktuasi jarang tersedia. Untuk penilaian cepat, tindakan tidak langsung dapat digunakan untuk menilai peran air tanah dalam mendorong ketidakstabilan ke lereng. Langkah-langkah tidak langsung ini adalah indikasi permukaan air tanah seperti; lembab, basah, menetes dan mengalir (Anbalagan, 1992). Sementara pengamatan ciri-ciri permukaan lainnya seperti pertumbuhan alga, tanda air dll. Harus dipertimbangkan karena ciri-ciri permukaan tersebut dapat memberikan beberapa gagasan tentang tingkat kejenuhan lereng untuk periode waktu yang lama. Di mungkinkan bahwa pada saat investigasi lapangan, lereng menunjukkan kondisi kering hanya tanpa jejak air.

## **A.2 Parameter Eksternal**

Parameter eksternal yang paling penting yang dapat memicu ketidakstabilan di lereng adalah curah hujan, kegempaan dan aktivitas buatan manusia.

### **1. Curah hujan**

Masalah stabilitas lereng diperburuk dengan intensitas curah hujan. Ini terbukti karena kegagalan lereng meningkat selama musim hujan. Curah hujan mengisi kembali air tanah dan secara umum memenuhi lereng. Dalam lereng batuan air tanah dalam diskontinuitas mengembangkan tekanan air yang menghasilkan penurunan kekuatan geser sepanjang bidang diskontinuitas (Hoek dan Bray, 1981). Juga, air tanah melumasi permukaan diskontinuitas sehingga memfasilitasi proses geser batu. Di lereng tanah setelah kejenuhan tadah hujan, berat massa tanah meningkat dan karenanya menambah ketidakstabilan massa tanah. Selain itu, air tanah membantu dalam pengembangan tekanan air pori dalam massa tanah yang lagi-lagi memperburuk ketidakstabilan. Curah hujan adalah ketidakstabilan lereng yang penting yang memicu parameter eksternal. Namun, itu tidak berarti bahwa semua lereng di daerah di mana curah hujan tahunan rata-rata lebih akan menunjukkan ketidakstabilan, karena faktor-faktor intrinsik lainnya secara kolektif menentukan kondisi stabilitas untuk lereng.



Gambar 1. Mekanisme kegagalan lereng akibat curah hujan

Banyak kegagalan lereng terjadi di lereng tanah residu yang curam dengan permukaan air tanah yang dalam selama curah hujan. Ketebalan signifikan zona tanah tak jenuh di atas permukaan air tanah adalah karakteristik umum dari lereng tanah residu yang curam. Tekanan air pori negatif pada tanah tak jenuh sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi batas fluks (mis., Infiltrasi, penguapan dan transpirasi) yang dihasilkan dari variasi dalam kondisi iklim. Di sisi lain, tekanan air pori negatif berkontribusi tambahan kekuatan geser ke tanah tak jenuh. Ketika air menyusup ke lereng, tekanan air pori di lereng meningkat (pengisapan matrik berkurang), dan kekuatan geser tambahan karena pengisapan matrik akan berkurang atau bahkan hilang, menyebabkan kemiringan lebih rentan terhadap kegagalan. Penguapan dan transpirasi akan mengembalikan hilangnya pengisapan matrik pada lereng dan variasi iklim

ini terjadi setiap saat. Dengan kata lain, zona tak jenuh adalah antarmuka dinamis lereng dengan lingkungan dan sebagai hasilnya, faktor keamanan lereng dipengaruhi secara dinamis oleh perubahan iklim (Raharjo et al, 2012).

## **2. Kegempaan**

Lereng bukit yang mungkin tetap stabil di bawah beban statis material di atasnya dapat gagal pada beban dinamis karena aktivitas seismik (Hoek dan Bray, 1997). Lereng yang tersusun dari massa batuan memiliki diskontinuitas struktural yang cukup besar ketika mengalami hasil percepatan tanah menjadi pelebaran atau pembukaan diskontinuitas struktural. Dengan demikian, kekuatan geser sepanjang diskontinuitas struktural berkurang dan ketidakstabilan lereng meningkat. Lereng yang terdiri dari sedimen lunak yang tidak terkonsolidasi atau endapan permukaan yang memiliki kemiringan yang curam, permukaan air tanah musiman yang tinggi, dan vegetasi yang berakar atau jarang dangkal juga rentan terhadap kegagalan di bawah pemuatan seismik.

## **3. Aktivitas Buatan Manusia**

Selain parameter pemicu alami, kegiatan buatan manusia juga meningkatkan potensi ketidakstabilan lereng (Wang dan Niu, 2009). Aktivitas buatan manusia di medan berbukit yang mempengaruhi kondisi stabilitas lereng adalah kegiatan pengembangan seperti; konstruksi jalan dan bangunan dan kegiatan budidaya. Semua kegiatan ini menghasilkan peningkatan kelembaban di tanah atau massa batuan dan dalam

mengubah bentuk lereng. Konstruksi jalan atau bangunan melibatkan pemotongan atau peledakan material lereng yang sering dilakukan dengan cara yang tidak direncanakan. Biasanya, lereng dipotong curam dan, secara umum, penopang kaki dihilangkan dengan demikian, tanah atau massa batu yang menggantung dapat gagal dengan mudah. Selain itu, material lereng yang digali sangat sering dibuang di lereng secara tidak terencana. Material yang dibuang seperti itu mudah rusak jika jenuh dengan air hujan. Budidaya di lereng juga meningkatkan ketidakstabilan dengan meningkatkan kelembaban tanah karena praktik irigasi. Untuk keperluan budidaya, lereng bukit dibuat datar dan dipotong menjadi tanah bertingkat. Secara umum, pembalut lereng dengan desain bertingkat menstabilkan lereng. Namun, praktik irigasi yang buruk pada lahan bertingkat tersebut dapat menyebabkan pengisian air tanah yang berlebihan yang dapat menyebabkan ketidakstabilan lereng.

## **B. Faktor Keamanan Lereng**

Banyak rumus perhitungan faktor keamanan lereng (material tanah) yang diperkenalkan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng. Rumus dasar faktor keamanan (*Safety Factor*,  $F$ ) lereng yang diperkenalkan oleh Fellinius dan Bishop dan kemudian dikembangkan (Elisio Martins Da Costa Noronha dkk., 1974). Untuk nilai Faktor Keamanan ( $FK$ )  $> 1$  maka dianggap kondisi stabil dan jika nilai  $fk < 1$  maka dianggap kondisi tidak stabil atau bisa terjadi longsor.

Tabel 1. Hubungan Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor

Nilai Faktor Keamanan	Intensitas longsor
F kurang dari 1,07	Longsor sering terjadi (Lereng labil)
F kurang dari 1,07-1,25	Longsor Pernah Terjadi (Lereng Kritis)
F antara 1,5	Longsor jarang terjadi (lereng relative stabil)

Dalam kasus mode bidang kegagalan, massa batuan yang bersandar pada bidang kegagalan potensial dikenai gaya tarik gravitasi. Selain itu, kekuatan air yang bekerja di sepanjang bidang kegagalan potensial cenderung merusak lereng. Juga, kekuatan muatan dan biaya tambahan yang dinamis dapat juga berkontribusi pada kekuatan pendorong (Raghuvanshi, 2014). Gaya penahan utama adalah karena kekuatan geser sepanjang bidang potensi kegagalan dan komponen berat massa geser yang bekerja melintasi bidang kegagalan potensial. Rasio antara gaya penahan dengan tenaga penggerak mendefinisikan FS.

Kestabilan suatu dinding lereng dapat dianalisis melalui perhitungan Faktor Keamanan Lereng dengan melibatkan data sifat fisik tanah atau batuan, mekanika tanah (geoteknis tanah) dan bentuk

geometri lereng. Secara khusus, analisis dapat dipertajam dengan melibatkan aspek fisik lain secara regional, yaitu dengan memperhatikan kondisi lingkungan fisiknya, baik berupa kegempaan, iklim, vegetasi, morfologi, batuan/tanah maupun situasi setempat. Kondisi lingkungan tersebut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan tanah dan merupakan karakter perbukitan rawan longsor.

Faktor keamanan lereng secara sederhana adalah perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya penggerak, kestabilan dari suatu lereng pada kegiatan penambangan dipengaruhi oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada lokasi tersebut, kondisi air tanah setempat, faktor luar seperti getaran akibat peledakan ataupun alat mekanis yang beroperasi dan juga dari teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi penambangan yang berbeda dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng untuk memastikan lereng itu akan tetap stabil.

Faktor Keamanan (FS) lereng tanah dapat dihitung dengan berbagai metode. Longsoran dengan bidang gelincir (*slip surface*), FS dapat dihitung dengan metoda sayatan (*slice method*) menurut Fellenius atau Bishop. Untuk suatu lereng dengan penampang yang sama, cara Fellenius dapat dibandingkan nilai faktor keamanannya dengan cara Bishop. Dalam mengantisipasi lereng longsor, sebaiknya nilai FS yang

diambil adalah nilai FS yang terkecil, dengan demikian antisipasi akan diupayakan maksimal. Data yang diperlukan dalam suatu perhitungan sederhana untuk mencari nilai FS (faktor keamanan lereng) adalah sebagai berikut :

- a. Data lereng (terutama diperlukan untuk membuat penampang lereng) meliputi: sudut lereng, tinggi lereng, atau panjang lereng dari kaki lereng ke puncak lereng.
- b. Data mekanika tanah
  - sudut geser dalam ( $\phi$ ; derajat)
  - bobot satuan isi tanah basah ( $\gamma$  wet;  $\text{g/cm}^3$  atau  $\text{kN/m}^3$  atau  $\text{ton/m}^3$ )
  - kohesi ( $c$ ;  $\text{kg/cm}^2$  atau  $\text{kN/m}^2$  atau  $\text{ton/m}^2$ )
  - kadar air tanah ( $\omega$ ; %)
- c. Faktor Luar
  - Getaran akibat kegiatan peledakan,
  - Beban alat mekanis yang beroperasi, dan lain-lain.

### **C. Metode Perkuatan Lereng**

Tindakan perkuatan untuk menanggulangi longsoran pada lereng ada dua jenis yaitu perkuatan lereng tanah dan perkuatan lereng batuan. Beberapa jenis perkuatan lereng tanah. Beberapa jenis perkuatan lereng tanah, terdiri atas :

### **C.1 Bronjong (*Gabion*)**

Bronjong merupakan bangunan penguat tanah berupa anyaman kawat baja berlapis seng dengan dimensi tertentu yang diisi batu belah dengan diameter 10-20 cm. Salmasi et al. (2012) menyatakan bahwa manfaat dari penggunaan bronjong, seperti kemudahan konstruksi, stabilitas struktural, fleksibilitas, dan ketahanan terhadap beban air. Porositas dapat membantu air mengalir lebih cepat dan mengurangi beban air di belakang struktur. Mekanisme aliran berperan penting dalam meningkatkan atau mengurangi faktor gesekan, sehingga mempengaruhi penetrasi geser dalam lapisan permeabel, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi lapisan batas. Oleh karena itu, meningkatkan hambatan aliran dapat meningkatkan pembuangan energi karena pertukaran momentum antara permukaan dan aliran bawah permukaan.

### **C.2 Tembok Penahan (*Retaining Wall*)**

Pada proyek pembangunan/peningkatan jalan/ jembatan untuk pekerjaan timbunan, di buat dinding penahan tanah dengan tipe yang sesuai dengan kebutuhan proyek tersebut yang disebut *retaining wall*. Retaining wall adalah dinding luar yang mempunyai fungsi sebagai penahan tanah agar kondisinya terus stabil dan tidak bisa longsor atau terlindung dari erosi. Konstruksi dinding penahan sering diaplikasikan di tanah yang kondisinya miring atau punya tingkat elevasi yang berbeda.

### **C.3 Tiang Pancang (*Stabilizing Pile*)**

Tiang pancang dapat digunakan baik untuk pencegahan maupun penanggulangan longsor. Cara ini cocok untuk longsor yang tidak terlalu dalam. Metode analisis untuk menstabilkan tiang pancang dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama yaitu (1) berbasis tekanan, (2) berbasis perpindahan dan (3) berbasis kontinum (Ho, 2014).

### **C.4 Tanah Bertulang (*Soil Nailing*)**

*Soil nailing* adalah teknik penguatan tanah insitu yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas lereng, dinding penahan, dan penggalian (Xue, 2013). Tanah bertulang mempunyai fungsi menambah tahanan geser yang prinsipnya hampir serupa dengan baut batuan. Perbedaannya ialah metode tanah bertulang sangat dipengaruhi oleh geometri penyusunnya.

*Soil nailing* adalah teknik konstruksi di mana lereng tanah, penggalian atau dinding penahan secara pasif diperkuat dengan penyisipan elemen yang relatif ramping - biasanya tulangan baja (rebar). Kuku tanah biasanya dipasang ke dalam lubang yang sudah dibor sebelumnya dengan kemiringan 10 hingga 20 derajat dengan mendatar dan kemudian disambungkan ke tempatnya atau dibor dan disambungkan secara bersamaan. Karena konstruksi berlanjut dari atas ke bawah, shotcrete atau beton juga diterapkan pada permukaan galian untuk memberikan kontinuitas. Teknik ini dapat digunakan untuk mempertahankan penggalian sementara dan permanen. Karena

kelebihannya yang melekat, seperti kecepatan dan kesederhanaan dalam konstruksi, teknik ini dengan cepat menjadi metode yang disukai untuk membangun dinding penahan tanah, lereng dan penggalian.

#### **D. Riprap**

Kestabilan lereng menjadi sangat penting terkait bencana alam longsor yang dapat mengancam pengguna lahan di dasar tebing. Gerakan tanah/longsoran adalah perpindahan massa tanah/batuan pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Dalam definisi ini termasuk juga deformasi lambat atau jangka panjang dari suatu lereng yang biasa disebut rayapan (*creep*).

Penggunaan Riprap sebagai penahan dinding yakni melindungi tebing dengan lapisan batu yang mengikuti kemiringan bentuk tebing. Dimana metode ini dengan membersihkan lahan dari tebing yang akan dilindungi seperti dari semak dan pohon. Lalu tebing yang akan dilindungi digali secukupnya untuk pemasangan lapisan geotextile dan batu riprap.

Penggunaan Riprap yang mudah, cepat, murah, dan flexible, serta dikhususkan untuk menahan erosi yang terjadi di dasar tebing. Riprap juga dapat dikombinasikan dengan struktur perlindungan yang lain, selain itu Riprap masih mengizinkan terjadinya perkolasi yakni mengalirnya air secara gravitasi dari lapisan atas menuju lapisan di bawahnya.

Riprap tetap menjadi salah satu cara yang paling umum dan hemat biaya untuk memberikan perlindungan erosi, stabilitas struktur, dan

stabilisasi lereng dari kondisi aliran yang berlebih. Saat ini, setidaknya dua puluh empat hubungan desain riprap dan atau prosedur sintesis telah dirumuskan sejak 1936 untuk menentukan ukuran riprap batu (S. R. Abt, 2014).

Sistem perlindungan erosi yang sering digunakan termasuk rumput alami, tindakan bioengineered, tikar penguat rumput, tikar transisi, blok beton artikulasi, semen tanah, dan bronjong. Namun, riprap tetap menjadi sarana umum untuk memberikan perlindungan erosi. Ukuran batu riprap yang tepat sangat penting untuk memberikan stabilitas struktural riprap ketika mengalami kondisi limpasan aliran. (S. R. Abt, 2014). Riprap batu umumnya digunakan untuk melindungi tanggul, bendungan tanggul, saluran curam, dan struktur lainnya yang rentan terhadap erosi yang merusak yang disebabkan oleh aliran yang berlebih (Mohammad Najafzadeh, Mohammad Rezaie Balf & Ali Tafaraj, 2018).

Tabel 2. Klasifikasi Struktur Pengaman Tebing

Jenis Pengaman	Tipe	Bangunan
Revetment	Fleksibel	1. <i>Riprap</i>
		2. <i>Bronjongan (Gabion)</i>
	Rigid (kaku)	1. <i>Retaining Wall</i>
		2. <i>Sheet Pile</i>
Bangunan Pengarah Aliran		1. <i>Krip (Groin)</i>
		2. <i>Spur</i>
Bangunan Peredam Energi		<i>Chek Dam</i>

## **E. Perkuatan Lereng Dengan Blok**

Perkuatan lereng yang fleksibel telah banyak digunakan misalnya metode bronjong (*gabion*) dan riprap. Tetapi dalam penggunaannya metode perkuatan ini juga banyak mengalami kegagalan. Kegagalan perkuatan dengan riprap dapat disebabkan oleh :

### **E.1 *Particle Erosion***

Erosi partikel adalah mekanisme erosi yang paling umum. Erosi partikel terjadi ketika gaya traktif yang diberikan oleh air yang mengalir melebihi kemampuan material tepi untuk menahan gerakan. Selain itu, jika batu yang dipindahkan tidak diangkat dari daerah yang tererosi, gundukan batu yang dipindahkan akan terbentuk di dasar saluran. Gundukan ini telah diamati menyebabkan konsentrasi aliran di sepanjang tepi sungai, yang mengakibatkan erosi tepi lebih lanjut.

### **E.2 *Translation Slide***

Slide translasional adalah kegagalan riprap yang disebabkan oleh gerakan lereng yang miring dari massa batu, dengan garis patahan pada bidang horizontal

### **E.3 *Modified Slump***

Kegagalan ini adalah gerakan massa material di sepanjang permukaan slip internal dalam selimut riprap; bahan dasar yang mendukung riprap tidak gagal. Jenis kegagalan ini mirip dalam banyak hal dengan slide translasi, tetapi geometri riprap yang rusak serupa

bentuknya dengan tahap awal kegagalan yang disebabkan oleh erosi partikel (S. R. Abt, 2014)

Perkuatan lereng dengan metode tipe blok, adalah metode yang dibuat untuk mendukung perkuatan lereng dengan menggunakan riprap sehingga kegagalan yang terjadi dapat diperkecil. Secara teknis fungsi dari blok adalah untuk memperkuat kedudukan batuan yang digunakan untuk menyelimuti lereng.

Penggunaan perkuatan lereng dengan metode blok masih sangat langka digunakan. Salah satu contoh penggunaan metode ini adalah di daerah Kolaka, Sulawesi Tenggara.

Kemiringan pasangan batu mengikuti kemiringan lereng, namun ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu faktor kecuraman lereng, serta bentuk dan dimensi material batu yang digunakan. Kemiringan pasangan batu (riprap), didasarkan pada sudut massa diam (*Mass angles of repose*), (Froehlich, 2011)

- 30:9°; *for round stone*
- 33:4°; *for subround and subangular stone*
- 37:1°; *for angular stone*



Gambar 2. Perkuatan lereng dengan metode blok

#### F. Uji Kuat Tarik

Beton adalah bahan campuran buatan manusia yang paling banyak digunakan di dunia. Salah satu beton yang paling populer digunakan adalah campuran semen Portland, agregat mineral dan air. Mekanisme beton adalah bahwa beton mengeras karena semen menghidrasi dan merekatkan semua komponen lainnya menjadi satu. Karena beton telah menjadi bahan konstruksi yang umum dan semakin luas, spesifikasi beton seperti daya tahan, kualitas, kekompakan dan optimalisasi beton menjadi lebih penting. Fakta ini mengarah pada penelitian dan pengembangan penting mengenai desain dan persiapannya (Ibrahim, 2015)

Efektivitas dan kualitas bahan yang digunakan dalam pembangunan sangat penting dalam mewujudkan keberhasilan. Uji kuat tarik membantu menentukan keefektifan dan perilaku suatu material ketika gaya tarik bekerja di atasnya. Pengujian ini dilakukan di bawah kondisi

suhu dan tekanan yang optimal dan menentukan kekuatan atau beban maksimum yang dapat ditahan material.

Pengujian kuat tarik adalah salah satu tes mekanik dasar yang dilakukan pada suatu material. Pengujian ini dilakukan dengan memberi tekanan pada material dan mengukur reaksi material terhadap kekuatan yang diterapkan padanya. Uji tarik yang diterapkan pada material menyebabkan material memanjang. Ketika bahan tidak bisa lagi menahan tekanan yang diberikan padanya, itu menyebabkan kegagalan atau deformasi.

Kekuatan tarik terkait dengan kekuatan tekan, meskipun hubungan ini tergantung pada beberapa faktor seperti, misalnya, tipe agregat dan distribusi ukuran partikel, usia beton, proses curing dan konten udara. Kekuatan tarik beton sekitar 10 sampai 15% dari kekuatan tekan (*Zi et al. 2008 dalam Cantillo, 2017*)