

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpratikel 5 padat) disertai dengan zat air dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

2.1.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Maksud dilakukannya klasifikasi tanah secara umum adalah pengelompokan berbagai jenis tanah dalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya (Shirley, L.H., 2000).

Dalam klasifikasi tanah, sudut geser memiliki peranan penting untuk menahan gaya-gaya yang berhubungan dengan gesekan atau friksi. Berikut ini adalah hubungan antara nilai ϕ dengan klasifikasi jenis tanah dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Hubungan Antara Nilai ϕ dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (θ)
<i>Sand : Rounded grains</i>	
<i>Loose</i> ($^{\circ}$)	27-30
<i>Medium</i> ($^{\circ}$)	30-35
<i>Dense</i> ($^{\circ}$)	35-38
<i>Sand : Angular grains</i>	
<i>Loose</i> ($^{\circ}$)	30-35
<i>Medium</i> ($^{\circ}$)	35-40
<i>Dense</i> ($^{\circ}$)	40-45
<i>Gravel with some sand</i> ($^{\circ}$)	34-48
<i>Silts</i> ($^{\circ}$)	26-35

(Sumber: Das Braja, 2014)

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah *Unified Soil Classification System (USCS)* dan *AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)*.

2.1.1.1 Sistem Klasifikasi USCS

Sistem ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande (1942) untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga kelompok besar (Sukirman, 1992), yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*Coarse Grained Soil*), kurang dari 50% lolos saringan No.200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*Gravel*) atau fraksi kasar pertahanan pada saringan No.4 dan S untuk pasir (*Sand*) atau fraksi kasar berada diantara ukuran saringan No.4 dan No.200.
2. Tanah berbutir halus (*Fine Grained Soil*), adalah tanah dengan persentase lolos ayakan No.200 > 50%. Tanah berbutir ini dibagi menjadi lanau (M), lempung Anorganik (C) dan Tanah Organik (O) tergantung bagaimana tanah itu terletak pada grafik plastisitas.
3. Tanah organis, tanah ini tidak dibagi lagi tetapi diklasifikasikan dalam satu kelompok. Biasanya jenis ini sangat mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan. Menurut Bowles, kelompok-kelompok tanah utama sistem klasifikasi USCS dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut ini:

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50\%$	L
Organik	O	$w_L > 50\%$	H
Gambut	Pt		

(Sumber: Bowles, 1989)

Keterangan:

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk)

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, $LL < 50$)

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, $LL > 50$)

2.1.1.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Hoentloger dan Terzaghi, yang akhirnya diambil oleh *Bureau Of Public Roads*. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas.

Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*Subbase*) dan tanah geser (*Subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam tujuh kelompok utama, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini:

1. Ukuran butir kerikil yaitu bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75mm (3 inch) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2mm). Pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075mm). Lanau dan lempung adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.
2. Plastisitas nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis dan indeks plastisnya 11 atau lebih.
3. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut

harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, presentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat. Apabila sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam **Tabel 2.3** dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau - lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	Maks 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---		---	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indek Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek			

Keterangan : * Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$
** Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

(Sumber: Das, 1955)

2.1.2 Konsistensi dan Pematatan Tanah

Konsistensi tanah merupakan sifat fisika yang menunjukkan daerah adhesi dan kohesi partikel-partikel tanah pada berbagai tingkatan kelengasan. Sifat-sifat yang ditunjukkan pada konsistensi berupa *plasticity*, *friability*, dan *stickness*. Penentuan nilai konsistensi ini dikelompokkan menjadi dua, yaitu kualitatif dan kuantitatif dengan pendekatan angka Atterberg (Soepraptohardjo, 1957)

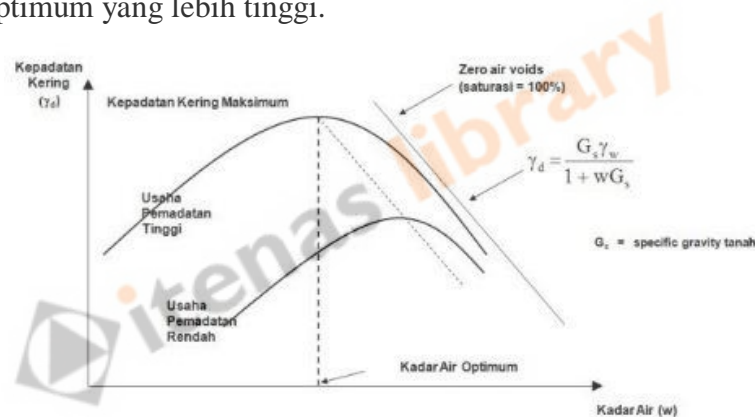
Pematatan tanah (*Compaction*) adalah suatu proses dimana udara pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis (digilas/ditumbuk) sehingga partikel-partikel tanah menjadi rapat. Pematatan dilakukan untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume dan mengevaluasi tanah agar memenuhi syarat kepadatan.

Pada pengujian pematatan di laboratorium alat pematatan berupa *silinder mould* dengan volume $9,34 \times 10^4 \text{ m}^3$ dan penumbuk dengan berat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Pada pengujian pematatan tanah didapatkan dalam tiga

lapisan (*Standard Proctor*) dan lima lapisan (*Modified Proctor*) dengan pukulan sebanyak 25 kali pukulan.

Pengujian-pengujian tersebut dilakukan dengan pemadatan sampe tanah basah (pada kadar air terkontrol) dalam suatu cetakan dengan jumlah apisan tertentu. Setiap lapisan dipadatkan dengan jumlah tumbukan yang ditentukan dengan penumbuk dengan massa dan tinggi jatuh tertentu. Standar ASTM maupun AASHTO hendaknya digunakan sebagai acuan untuk rincian pengujian tersebut.

Kadar air yang memberikan berat unit kering yang maksimum disebut kadar air optimum usaha pemadatan diukur dari segi energi tiap satuan volume dari tanah yang telah dipadatkan. Untuk usaha pemadatan yang lebih rendah kurva pemadatan bagi tanah yang sama akan lebih rendah dan tergeser ke kanan, menunjukkan suatu kadar air optimum yang lebih tinggi.



Gambar 2.1 Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah

(Hardiyatmo, 2012)

Garis ZAVL (*Zero Air Void Line*) adalah hubungan antara berat isi kering dengan kadar air bila derajat kejenuhan 100%, yaitu bila pori tanah sama sekali tidak mengandung udara. Grafik ini berguna sebagai petunjuk pada waktu menggambarkan grafik pemadatan. Grafik tersebut berada dibawah ZAVL dan biasanya grafik tersebut tidak lurus tetapi agak cekung ke atas. Apabila kurva pemadatan yang dihasilkan berada lebih dekat dibawah dengan garis ZAVL maka hal tersebut menunjukkan tanah yang dipadatkan memiliki derajat kejenuhan mendekati 100% dan sedikit mengandung udara. Pada penelitian ini, percobaan pemadatan tanah di laboratorium yang digunakan untuk menentukan kadar air

optimum dan berat isi kering maksimum adalah percobaan pemadatan standar (*Standar Compaction Test*).

2.2 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar seperti ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh (Hardiyatmo, 2002):

1. Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan pematatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada gesernya.
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

Kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan. Seperti material teknik lainnya, tanah mengalami penyusutan volume jika menderita tekanan merata disekelilingnya. Apabila menerima tegangan geser, tanah akan mengalami distorsi terjadi cukup besar, maka partikel-partikelnya akan terpeleset satu sama lain dan tanah akan dikatakan gagal dalam geser.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*).

2.3 Teori Kuat Geser Tanah Menurut Mohr Coulumb

Menurut Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya dinyatakan dalam persamaan:

$$\tau = f \times \sigma \dots\dots\dots (2.1)$$

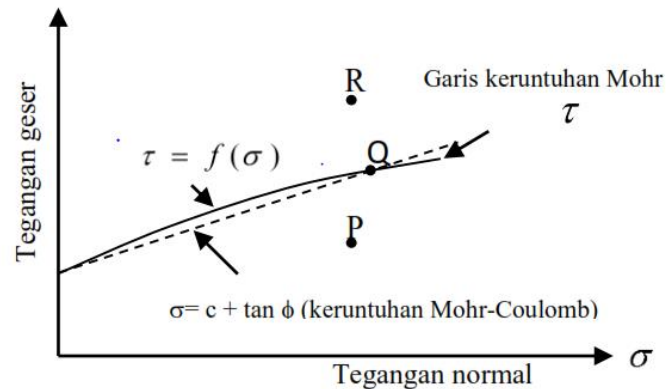
Dengan:

τ : Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan (*failure*)

σ : Tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Menurut Mohr Coulumb (1776) garis keruntuhan (*failure envelope*) berbentuk garis lengkung dimana untuk sebagian besar masalah mekanika tanah

garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan antara tegangan normal dan kekuatan geser.



Gambar 2.2 Kriteria Keruntuhan Mohr

(Nugroho, dkk, 2012)

Jika tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik R, bahan sudah mengalami keruntuhan. Tegangan-tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori.

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain:

1. Pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*)
2. Pengujian triaksial (*Triaxial Test*)

Pengujian kuat geser ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kuat geser yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

2.3.2 Direct Shear Test

Direct shear test adalah pengujian untuk menentukan parameter kuat geser tanah (*shear strength parameter*) kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Dalam pengujian geser langsung ini dapat dilakukan pengukuran secara langsung dan cepat untuk mendapatkan nilai kekuatan geser tanah dengan kondisi tidak terdrainase (*undrained*).

Bidang keruntuhan geser yang terjadi dalam pengujian geser langsung adalah bidang yang dipaksakan, bukan merupakan bidang terlemah seperti yang

terjadi pada pengujian kuat tekan bebas ataupun triaxial. Selama proses pembebanan horizontal, tegangan yang timbul dalam bidang geser sangat kompleks, hal ini sekaligus merupakan salah satu kelauman utama dalam percobaan geser langsung. Nilai kekuatan geser tanah digunakan dalam merencanakan kestabilan lereng, serta daya dukung tanah pondasi, dan lain sebagainya.

2.3.3 Triaxial Test

Triaxial Test adalah pengujian kekuatan geser yang sering digunakan dan cocok untuk semua jenis tanah. Keuntungan dari pengujian ini adalah bahwa kondisi penggalian dapat dikontrol, tekanan air pori dapat diukur, dan bila diperlukan tanah jenuh dengan permeabilitas rendah maka dapat terkonsolidasi.

Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan parameter kuat geser yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Ada 3 macam *triaxial test*, yaitu:

1. *Unconsolidated undrained test*, dimana pada pengujian ini air tidak ada didalam sampel tanah dan tegangan air pori tidak bisa diukur dalam pengujian ini yang dapat ditentukan hanya kekuatan geser saja.
2. *Consolidated undrained test*, pengujian ini didalam sampel tanah terdapat air dan diberikan tegangan normal. Tegangan normal bekerja sampai proses konsolidasi selesai atau sampai sampel tidak mengalami perubahan. Pada pengujian ini tekanan air pori dapat diukur selama tegangan geser diberikan.
3. *Consolidated drained test* adalah pengujian dengan sampel tanah diberikan tegangan normal dan air diperbolehkan mengalir sampai kondisi selesai. Kemudian tegangan geser dilakukan secara terbuka (*drained*).

2.4 Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal dan tidak terlindungi (Das, 1985). Lereng yang ada secara umum dibagi menjadi dua kategori, yaitu biasanya terdapat di daerah perbukitan sedangkan lereng buatan terbentuk oleh manusia biasanya untuk keperluan konstruksi, seperti tanggul sungai, bendungan tanah, tanggul untuk badan

jalan kereta api. Lereng alami maupun buatan masih dibagi lagi dalam dua jenis (Soepandji, 1955), yaitu:

1. Lereng dengan panjang tak hingga (*Infinite Slopes*)
2. Lereng dengan panjang hingga (*Finite Slope*)

Keruntuhan pada lereng bisa terjadi akibat gaya dorong yang timbul karena beban pada tanah. Lereng secara alami memiliki kekuatan geser tanah dan akar tumbuhan yang digunakan sebagai gaya penahan. Apabila gaya penahan lebih kecil dibandingkan gaya pendorong, maka akan timbul keruntuhan pada lereng. Secara teknik dapat dikatakan bahwa keruntuhan terjadi apabila faktor keamanan tidak memenuhi ($FK < 1,5$).

2.4.2 Penyebab Terjadinya Longsor

Banyak faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng seperti geologi dan hidrologi topografi, iklim perubahan cuaca. Namun selain itu, kelongsoran juga terjadi akibat, (Hardiyatmo, 2010):

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban pada lereng berupa bangunan baru, tambahan beban pada lereng oleh air yang masuk kedalam pori-pori tanah maupun yang menggenang dipermukaan lereng.
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
3. Perubahan posisi muka air secara cepat (*Rapid Drawdown*) pada bendungan, sungai, dan lain-lain.
4. Getaran atau gempa bumi.
5. Jenis tanah.
6. Kondisi geometric lereng.

2.4.3 Cara-cara Untuk Menstabilkan Lereng

Ada beberapa cara untuk menstabilkan atau memperbaiki lereng yang mungkin akan terjadi kelongsoran, yaitu:

1. Membuat lereng lebih datar atau mengurangi sudut kemiringan dari lereng tersebut. Ini cocok untuk lereng yang tidak terlalu tinggi.
2. Memperkecil ketinggian lereng.
3. Merubah lereng menjadi *multy slope*
4. Dengan menambah *counter weight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.

2.5 Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng pada umumnya berdasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*Limit plastic equilibrium*) (Hardiyatmo, 2010).

1. Kelongsoran lereng terjadi disepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang dua dimensi.
2. Massa tanah yang longsor dianggap berupa benda yang pasif.
3. Tahanan geser dari massa tanah yang setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor atau dengan kata lain, kuat geser tanah dianggap isotropis.
4. Faktor aman didefinisikan dengan memerhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsorannya.

Analisis kestabilan lereng ditujukan untuk mendapatkan angka faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu. Dengan diketahuinya faktor keamanan memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng yang mempunyai resiko longsor. Faktor keamanan dalam lereng yaitu dimana gaya penahan berbanding dengan gaya pendorong atau gaya penggerak yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:

SF : Faktor Keamanan

τ : Kekuatan geser rata-rata dari tanah (kN/m²)

τ_d : Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor (kN/m²)

Kekuatan geser suatu lahan terdiri dari dua komponen, friksi dan kohesi, dan dapat ditulis,

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana, c = kohesi tanah penahan

ϕ = sudut geser penahan

σ = tegangan normal rata – rata pada permukaan bidang longsor

atau dapat ditulis,

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \phi_d \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana, c_d = kohesi dan ϕ_d sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor. Dengan mensubstitusi persamaan (2.3) dan persamaan (2.4) kedalam persamaan (2.2), sehingga akan mendapat persamaan yang baru,

$$FK = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma \tan \phi_d} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$F_c = \frac{c}{c_d} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$F_\phi = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \dots\dots\dots (2.7)$$

Bilamana persamaan (2.5), (2.6), dan (2.7) dibandingkan adalah wajar bila F_c menjadi sama dengan F_ϕ harga tersebut memberikan angka keamanan terhadap kekuatan tanah, atau, jika,

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$FK = F_c = F_\phi \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana untuk keadaan suatu lereng sebagai berikut (SNI 8460, 2017):

Tabel 2.4 Nilai Faktor Keamanan untuk Lereng Tanah

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah	Tinggi
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih

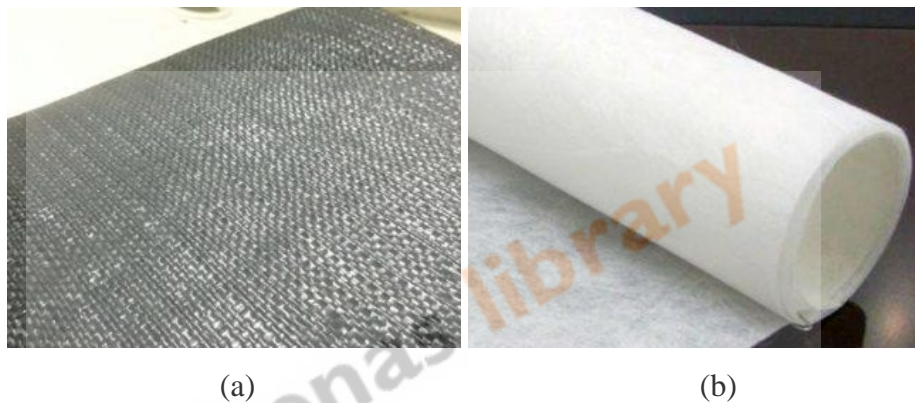
Tabel 2.5 Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan untuk Lereng Batuan

Kondisi lereng batuan	Rekomendasi nilai faktor keamanan
Kondisi permanen	1,5
Kondisi sementara	1,3

2.6 Geotekstil

Geotekstil pada dasarnya adalah kain tekstil yang permeabel terhadap cairan dan gas yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*).

Sesuai namanya, geotekstil rajutan atau anyaman dibuat dengan metode tradisional. Dimana dua set elemen ortogonal dijalin menjadi satu. Sebaliknya untuk geotekstil nir-anyam yang dibuat dari elemen yang jauh lebih halus, biasanya melingkar di penampang yang diletakkan di jarin yang longgar dan terikat biasanya dengan panas atau keterikatan mekanik untuk menghasilkan kain yang koheren.



Gambar 2.3 Geotekstil: (a) *Woven* dan (b) *Non Woven*

(Sumber: PT. Maxpro Kurnia Megah)

Dalam pembuatan geotekstil ada berbagai macam serat yang umum digunakan, yaitu *monofilament*, *multifilament*, *staple yarn*, *slit monofilament*, dan *slit film multifilament*. Sedangkan untuk pembuatan serat geotekstil, susunan material polimernya, yaitu *polypropylene*, *polyester*, *polyethylene*, dan *polymide*. Geotekstil memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada **Tabel 2.6**

Tabel 2.6 Spesifikasi Geotekstil *Woven*

Mechanical Index Properties	Test Method	Unit	GT100-I	GT200-I	GT300-I	GT400-I	GT600-I
Material	High Tenacity Polyester Multifilament						
Tensile Strength - MD	ASTM D4595	kN/m	100	200	300	400	600
Tensile Strength - CD	ASTM D4595	kN/m	50	50	50	50	50
Nominal Elongation - MD	ASTM D4595	%	10	10	10	10	10
Long Term Design Properties							
Creep Strength 120yrs	ASTM D5262 ASTM D6992	kN/m	66	133	200	266	400
Long Term Design Strength at 120yrs - Sand Gravel	FHWA NHI-10-024	kN/m	48	97	146	194	302
Dimension Properties							
Width		m	5	5	5	5	5

(Sumber: PT. Acetex Pet Specification)

Dalam pengertian yang umum, tanah hanya mampu menahan tekan dalam suatu beban. Maka dari itu digunakannya geotekstil untuk menambah kuat tarik dalam tanah sehingga mengurangi terjadinya kelongsoran. Geotekstil ini ditempatkan dibawah tanah timbunan dan diatas tanah lunak.

2.6.1 Karakteristik Geotekstil

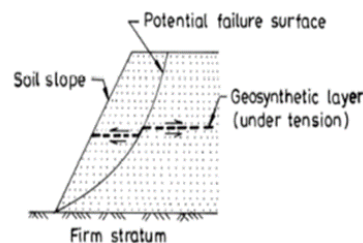
Pada pemilihan geotekstil untuk aplikasi perkuatan akan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal geotekstil terdiri dari kuat tarik dan elongasi, rangkakan (*creep*), struktur geotekstil dan daya tahan terhadap faktor lingkungan. Sedangkan faktor eksternal yaitu interaksi material perkuatan dan timbunan.

Karakteristik kuat tarik dan elongasi diperlukan untuk menahan gaya tarik kelongsoran yang terjadi yang tidak dipikul oleh tanah. Material utama yang dapat digunakan sebagai perkuatan adalah yang memiliki kuat tarik yang tinggi. Setiap geotekstil memiliki karakteristik regangan dan tegangan yang berbeda-beda tergantung struktur, proses, dan polimer penyusunnya.

Rangkak atau *creep* adalah penambahan panjang pada suatu material yang memiliki pembebanan tetap. Sama seperti kuat tarik, perilaku rangkak juga bergantung pada polimer penyusunnya.

2.6.2 Geotekstil Untuk Perkuatan

Fungsi perkuatan pada geosintetik mampu menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah dan dapat digunakan dalam perkuatan timbunan di atas tanah dasar yang lunak maupun pada perkuatan lereng dan dinding tanah yang distabilitasi secara mekanis. Contoh fungsi geotekstil sebagai perkuatan dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Geotekstil Sebagai Perkuatan

(Sumber: Departemen P. U., 2009)

2.6.3 Pemasangan Geotekstil

Pemasangan geotekstil terdapat empat tahap yang terdiri dari *subgrade*, penggelaran dan penyambungan, penyebaran dan penempatan agregat, serta pemadatan agregat.

1. *Subgrade*

Pada pemasangan *subgrade* yang harus diperhatikan pertama kali adalah lokasi yang telah direncanakan, jika lokasi tersebut berada di tanah yang sangat lunak maka sebaiknya diganti dengan material baik.

2. Penggelaran dan Penyambungan

Pemasangan geotekstil harus digelar secara melintang, setelah itu dihampar di tanah tanpa gelombang. Jika lokasi yang direncanakan sulit untuk melakukan pemotongan dan penyambungan, maka geotekstil dapat dipotong terlebih dahulu. Untuk tahap penyambungan, geotekstil dapat dilakukan dengan dua metode, yang pertama adalah metode saling melewati yang memiliki jarak minimal 30 cm – 100 cm, yang kedua metode dengan cara dijahit menggunakan mesin jahit *portable* atau tenaga generator.

3. Penyebaran dan Penempatan Agregat

Setelah geotekstil selesai disambung, langkah selanjutnya menghamparkan agregat. Penempatan agregat dilakukan dengan cara mendorong tumpukan agregat. Ketebalan agregat disesuaikan dengan perencanaannya dan material agregat diratakan menggunakan alat berat. Jika ketebalan agregat yang direncanakan tipis, sebaiknya tidak menggunakan alat berat.

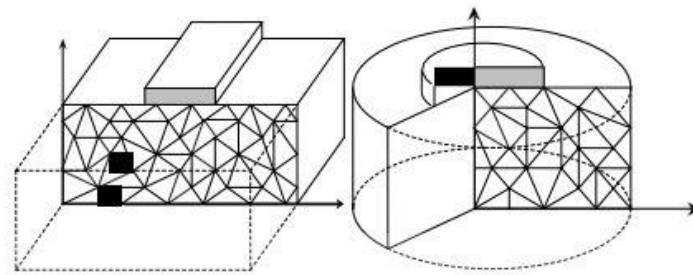
4. Pemadatan Agregat

Agregat yang sudah dihamparkan di atas lapisan geotekstil, selanjutnya dipadatkan menggunakan alat berat, mesin giling, dan lain-lain.

2.7 Program Plaxis 2D

Plaxis merupakan program computer *finite element* yang digunakan untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai kasus pada geoteknik. Kondisi yang sebenarnya bisa digambarkan baik dengan model *plane strain* maupun dengan model *axisymmetric*.

Model *plane strain* digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang seragam, dengan kondisi tegangan dan pembebanan yang terjadi cukup panjang dalam arah tegak lurus penampang. Sedangkan untuk model *axisymmetric* digunakan untuk struktur geoteknik dengan bentuk lingkaran yang memiliki bidang penampang radial cukup seragam dan kondisi pembebanan memiliki sumbu aksial.



Gambar 2.5 Model *Plane Strain* dan *Axisymmetric* dalam Plaxis 2D

(Sumber: Manual Plaxis, 2006)

Tugas akhir ini memodelkan lereng yang diperkuat geotekstil dengan Plaxis. Plaxis secara bertahap akan melakukan analisis dengan data yang diperlukan, seperti data tanah dan data geotekstil. Plaxis akan mengeluarkan beberapa *output* dari hasil analisis yang telah dilakukan, yaitu nilai faktor keamanan, gaya-gaya yang bekerja, dan bidang gelincir lereng.

2.8 Program Soilvision Svslope 2D

Soilvision dikenal sebagai pemimpin pasar dalam stabilitas lereng, rembesan tak jenuh, tegangan/deformasi, pembekuan/pencarian, dan perangkat lunak database property tanah. Perangkat lunak ini digunakan dalam industry pertambangan, infrastruktur, energi, kutub, dan nuklir untuk merancang bendungan besar di bumi, konsolidasi tailing tambang, stabilitas lereng batuan sisa, dinding penahan, dan fondasi di lingkungan yang gersang dan kutub. Perangkat lunak kami menawarkan analisis lanjutan dengan mempertimbangkan iklim dan aliran tak jenuh.

Pada program Soilvision metode yang digunakan untuk pemodelan lereng yaitu Svslope 2D. Svslope adalah program analisis stabilitas lereng yang dikembangkan oleh Soilvision System Ltd. Perangkat lunak ini dirancang untuk

menganalisis lereng menggunakan “metode irisan” klasik serta metode berbasis tegangan yang lebih baru. Program ini digunakan di bidang teknik sipil untuk menganalisis tanggul, bendungan tanah, lereng alami, bendungan tailing, tumpukan pelindian, tumpukan batuan sisa, dan di mana saja yang ada kekhawatiran akan pemborosan massal. Svslope menemukan *safety factor* atau kemungkinan kegagalan lereng. Perangkat lunak ini menggunakan metode pencarian lanjutan untuk menentukan permukaan kegagalan kritis.

2.9 Referensi Penelitian Terkait

Dalam memperluas tinjauan pustaka yang dibutuhkan pada penelitian ini maka digunakan beberapa referensi penelitian. Dari penelitian tersebut terdapat beberapa inti penting dari perkuatan lereng dan geotekstil. Berikut adalah penelitian yang terkait dengan penelitian ini.

2.9.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis, Daerah Istimewa Jogjakarta)

Jurnal ini ditulis oleh Radhitya Pradana dan Muhammad Rifqi Abdurozak yang merupakan mahasiswa program studi teknik sipil Universitas Islam Indonesia. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa kerusakan tebing terjadi dikarenakan erosi dan DAS yang mengakibatkan pengikisan tebing sehingga dapat menyebabkan kehilangan kekuatan dan kestabilan tanah. Pemakaian perkuatan tanah kiranya sangat cocok untuk digunakan pada lereng timbunan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan perkuatan tebing baik dengan cara konvensional maupun dengan geotekstil. Beberapa metode perkuatan yang dapat dilakukan dengan material geotekstil adalah dengan menggelar lembaran *geocell*, dengan *strip reinforcement* dan dengan *sheet reinforcement geotextile*.

Jurnal ini bertujuan untuk menganalisis sistem perkuatan struktur tebing Kali Code dengan menggunakan sistem perkuatan geotekstil. Penelitian ini dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak Geoslope yang bertujuan untuk mempermudah dalam menganalisis pola keruntuhan pada lereng. Dari analisis stabilitas lereng dengan menggunakan perangkat lunak Geoslope ini, dapat mengetahui pengaruh kemiringan lereng, panjang geotekstil, dan jarak antar geotekstil (S_v) terhadap angka kemandirian lereng yang dilakukan dengan

membandingkan dua perhitungan, yaitu perhitungan manual, dan program Geoslope.

Hasil analisis penelitian ini menunjukkan perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan perhitungan manual dan program, solusi peningkatan nilai SF dengan menghemat geotekstil sesuai besaran bidang longsornya dengan menggunakan program Geoslope.

2.9.2 Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga

Jurnal ini ditulis oleh Ichsan Prasetyo, Bambang Setiawan, dan Raden Harya Dananjaya yang merupakan mahasiswa program teknik sipil dari Universitas Sebelas Maret. Penelitian ini membahas tentang analisis stabilitas lereng alami dan lereng bertingkat dengan perkuatan geotekstil. Lereng alami adalah lereng yang terbentuk secara alami yang sudah ada dan lereng bertingkat adalah lereng buatan. Angka kemanan lereng existing dibahas menurut teori yang digunakan kemudian menganalisis kembali angka keamanan setelah diperkuat menggunakan geotekstil. Maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan kelongsoran. (Binkgreve dan Broere, 2002).

Bowles (1989) menjelaskan beberapa variasi nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsor lereng maupun pada penerancangan. Kelongsoran bisa terjadi bila nilai angka keamanan (SF) kurang dari 1.07, kelongsoran pernah terjadi bila nilai (SF) diantara 1.07 dan 1.25 dan kelongsoran jarang terjadi bila nilai (SF) lebih dari 1.25.

Menurut Suryolelono (2000), Geosintetik adalah bahan tiruan (sintetis) atau bahan yang bukan merupakan bahan alami yang digunakan dilingkungan tanah. Bahan sintetis ini dapat berupa bahan-bahan yang berasal dari polimerisasi hasil industri-industri kimia (minyak bumi), bahan baja, semen, serat-serat sintetis, kain dan lain-lain. Secara umum, geosintetik ini dapat dikatakan sebagai bahan serat-serat asli atau buatan yang digunakan didalam pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan tanah, batuan, atau lingkungan tanah/batuan, tetapi arti dari

yang sekarang berkembang, geosintetik adalah bahan sintetis berupa serat-serat sintetis yang dianyam, nir-anyam, atau bentuk lain (mat, web, dll.) yang digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan tanah.

Parameter pendektan untuk geotekstil yang digunakan sebagai input pada Plaxis untuk penelitian ini adalah kekakuan axial elastis (EA). Parameter kekakuan axial elastis didapatkan dari spesifikasi geotekstil yaitu *tensile strength* (F) dan *elongation*. (EA) adalah hasil dari *tensile strength* dibagi *elongation*.

2.9.3 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Tiang Menggunakan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus Jalan Diponegoro KM.2 Pasir Pengaraian)

Jurnal ini ditulis oleh Yarvis Syahwaner, M. Yusa, dan Syawal Satibi yang merupakan mahasiswa program pascasarjana studi teknik sipil dari Universitas Kampus Bina Widya. Penelitian ini membahas tentang analisis stabilitas lereng dengan perkuatan tiang menggunakan metode elemen hingga. Analisis stabilitas lereng bertujuan untuk mendapatkan desain lereng yang aman dan ekonomis. Dalam suatu pekerjaan perancangan yang sangat penting untuk diketahui dan dipahami secara mendalam.

Nilai angka keamanan biasanya diambil melalui proses identifikasi yang diperoleh melalui data-data yang didapat di lapangan ataupun dalam perhitungan di laboratorium. Jika variabel ketidakpastian atau kesalahan didapatkan dan diprediksi besar nilainya, maka dibutuhkan suatu angka keamanan yang tinggi agar mampu mendapatkan suatu kondisi yang cukup aman untuk dapat dibangunnya suatu lereng yang telah dipersiapkan untuk di desain.

Besar faktor keamanan dalam aplikasinya sangat tergantung pada kualitas hasil penyelidikan tanah, fungsi lereng, dan pengalaman perencana. Semakin rendah kualitas penyelidikan tanah dan pengalaman perencana, maka semakin besar faktor keamanan yang diambil. Secara teoritis, faktor keamanan digunakan untuk mendefinisikan stabilitas lereng. Nilai faktor keamanan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara kuat geser dari tanah (*Shear Strength*) dan tegangan geser (*Shear Stress*) yang bekerja pada tanah atau bidang longsor.

Metode kesetimbangan batas telah menjadi metode utama yang digunakan dalam mengestimasi stabilitas kemiringan. Prosedur didasarkan pada penentuan

faktor keamanan lereng yang didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya yang menggerakkan. Menurut Abramson (1955), metodologi membagi massa geser menjadi beberapa irisan, momen, dan kekuatan keseimbangan yang dijumlahkan untuk seluruh massa geser adapun beberapa metode tersebut dapat dirangkum berikut:

1. Metode Irisan

Metode irisan merupakan salah satu metode yang paling sederhana, stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah untuk memenuhi kesetimbangan massa tanah, baik seluruh ataupun irisan individu. Metode ini sangat nyaman untuk perhitungan tangan tetapi kurang akurat dari metode lain.

2. Metode Bishop

Metode ini pada dasarnya sama dengan metode swedia, tetapi metode ini memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada. Metode ini mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran. Pertama yang harus diketahui adalah geometri dari lereng dan juga titik pusat busur lingkaran bidang lurus, serta letak rekahan, untuk menentukan titik pusat busur lingkaran bidang lurus dan letak rekahan pada longsor busur, dipergunakan grafik metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode sangat populer dalam analisis kestabilan lereng dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti.

Metode elemen hingga memberikan potensi besar untuk menangani permasalahan geoteknik karena kemampuannya untuk memodelkan perilaku ketegangan nonlinear tanah. Tanah yang sangat kompleks, sehingga perilaku elastis linear biasanya tidak cukup untuk menangkap perilaku masalah geoteknik. Untuk mendapatkan faktor keamanan lereng dapat dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga dan metode kesetimbangan batas.

Keuntungan utama dibandingkan dengan membatasi metode keseimbangan menurut Griffiths dan Lane (1999), yaitu:

1. Tidak ada asumsi yang harus dibuat mengenai bentuk atau lokasi permukaan lereng yang longsor.
2. Karena tidak ada konsep irisan dalam pendekatan elemen hingga, tidak ada kebutuhan untuk asumsi tentang kekuatan bidang gelincir lereng. Metode elemen hingga memenuhi kesetimbangan sampai kegagalan tercapai.
3. Jika kompresibilitas tanah data tersedia, solusi elemen hingga akan memberikan informasi tentang deformasi pada tingkat tegangan yang bekerja.

