

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah mempunyai peranan penting bagi kehidupan di bumi. Semua macam tanah secara umum terdiri dari 3 (tiga) bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut atau dikenal dengan istilah pori (*voids*). Apabila tanah sudah benar-benar kering, maka tidak akan ada kandungan air sama sekali dalam porinya. Keadaan semacam ini jarang ditemukan pada tanah yang masih dalam kondisi asli di lapangan.

Selain itu sering ditemukan keadaan dimana pori tanah tidak mengandung udara sarna sekali, akibanya pori tanah tersebut menjadi jenuh terisi air. Pada kondisi ini tanah disebut jenuh air (*fully saturated*). Tanah yang terdapat di bawah muka air tanah hampir selalu dalam keadaan jenuh air. Teori-teori yang digunakan dalam bidang mekanika tanah ini sebagian besar dimaksudkan untuk tanah yang jenuh air. Teori konsolidasi misalnya serta teori kekuatan geser tanah bergantung pada anggapan bahwa pori tanah hanya mengandung air, dan sarna sekali tidak mengandung udara (Wesley, L.D, 1977, Hall).

Dalam penelitian ini jenis tanah yang terdapat pada daerah Riung Gunung yaitu tanah lanau. Tanah lanau merupakan tanah dengan butiran yang berukuran diantara pasir dan lempung.

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butiran dan klasifikasi tanah berdasarkan tekstur. Penjelasan rinci klasifikasi tanah diuraikan dalam sub bab berikut di bawah ini.

1. Klasifikasi Tanah berdasarkan Ukuran Butiran
2. Klasifikasi Tanah berdasarkan Tekstur

2.2.1 Berdasarkan Ukuran Butiran

Istilah kerikil, pasir, lanau atau Lempung tergantung dari ukuran partikel paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menggambarkan tanah berdasarkan ukuran partikel penyusunnya, beberapa Lembaga telah mengembangkan Batasan-batasan ukuran jenis tanah seperti di tunjukkan pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
ASTM	75-4,75	4,75-0,075	0,075-0,005	0,005-0,001
MIT	>2	2-0,06	0,006-0,002	< 0,002
USDA	>2	2-0,005	0,005-0,002	< 0,002
AASHTO	76,2-2	2-0,075	0,075-0,002	< 0,002
USCS	76,2-4,75	4,75-0,075	Halus (Lanau dan Lempung)	0,0075

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir. Lanau bersifat kurang plastis dibanding lempung. Lanau memiliki permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan lempung. (Mekanika Tanah Laurence D. Wesley,2010)

Menurut SNI 6371:2015 tanah lanau adalah butiran tanah lolos ayakan No. 200 (0,075 mm), yang nonplastis atau sangat sedikit plastisitas dan dapat menunjukkan sedikit atau tidak ada kekuatan pada saat kering udara. Untuk klasifikasi, tanah berjenis lanau termasuk tanah yang berbutir halus, atau bagian tanah berbutir halus.

2.2.2 Berdasarkan Tekstur

Klasifikasi berdasarkan tekstur dalam arti umum, yang dimaksud dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. membagi tanah dalam beberapa kelompok: kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), dan lempung

(clay), atas dasar ukuran butir-butirnya. Pada umumnya, tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (sandy clay), lempung berlanau (silty clay), dan seterusnya. Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yaitu:

- Pasir: butiran dengan diameter 2 ,0 sampai dengan 0,05 mm
- Lanau: butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm
- Lempung: butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm. (Braja M Das, 1995)

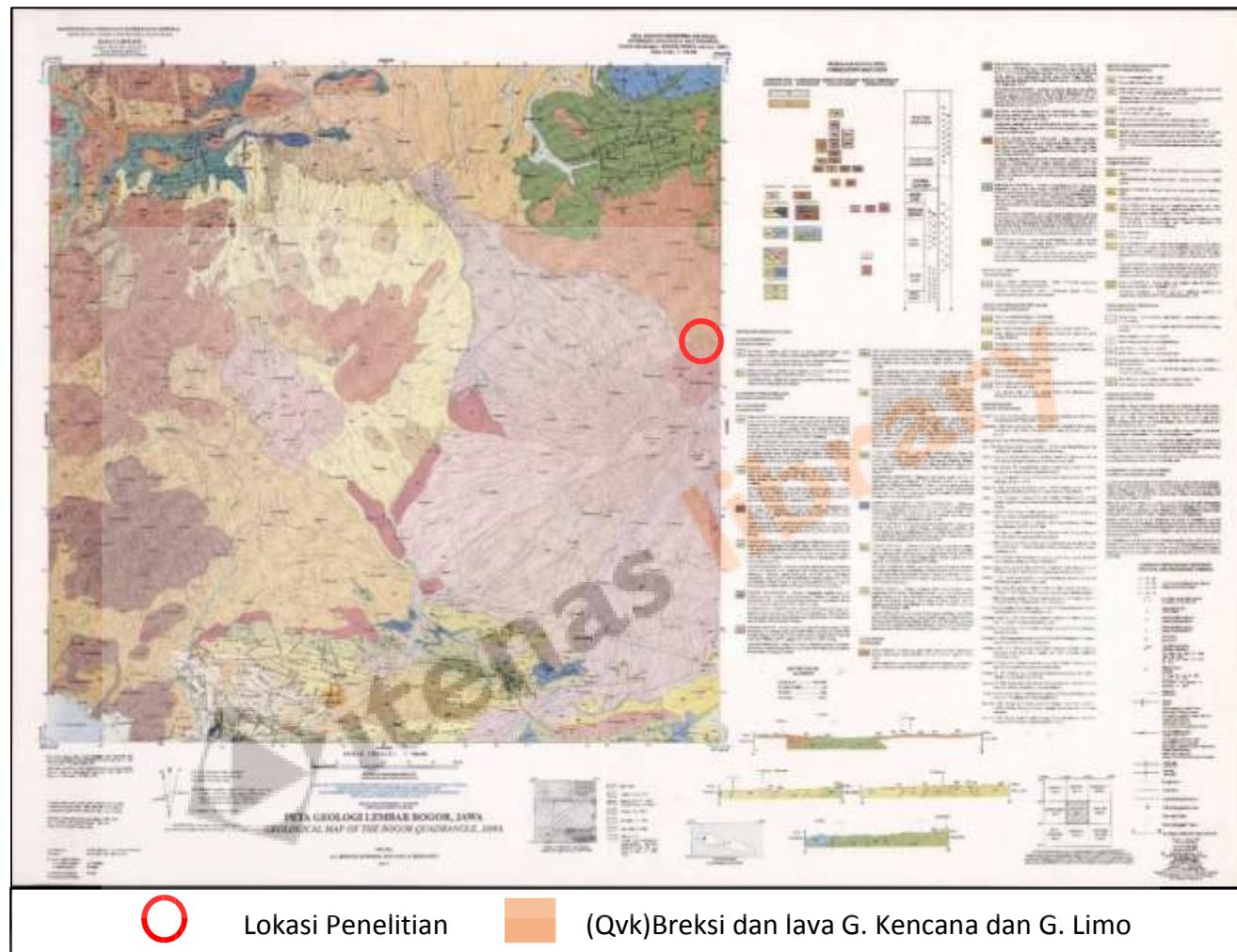
2.3 Geologi Regional

2.3.1 Fisiografi Lembar Bogor

Menurut Van Bemmelen (1949) Zona Bogor terletak di sebelah pantai utara membentang dari Rangkasbitung sampai ke Bumiayu. Zona ini disusun oleh batuan yang berumur Neogen yang terlipat kuat. Zona ini telah mengalami tektonik yang kuat sehingga terlipatkan dan membentuk anticlinorium yang cembung ke utara dan cukup rumit. Selain itu muncul tubuh-tubuh intrusi yang umumnya berelief lebih terjal. Periode tektonik tersebut menyebabkan adanya kompresi regional berarah utara-Selatan.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kondisi geologi regional dari lokasi penelitian dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat Peta Geologi Regional Lembar Bogor Skala 1:100.000 (A.C. Effendi, Kusnama dan B. Hermanto, 2011) pada **Gambar 2.1**

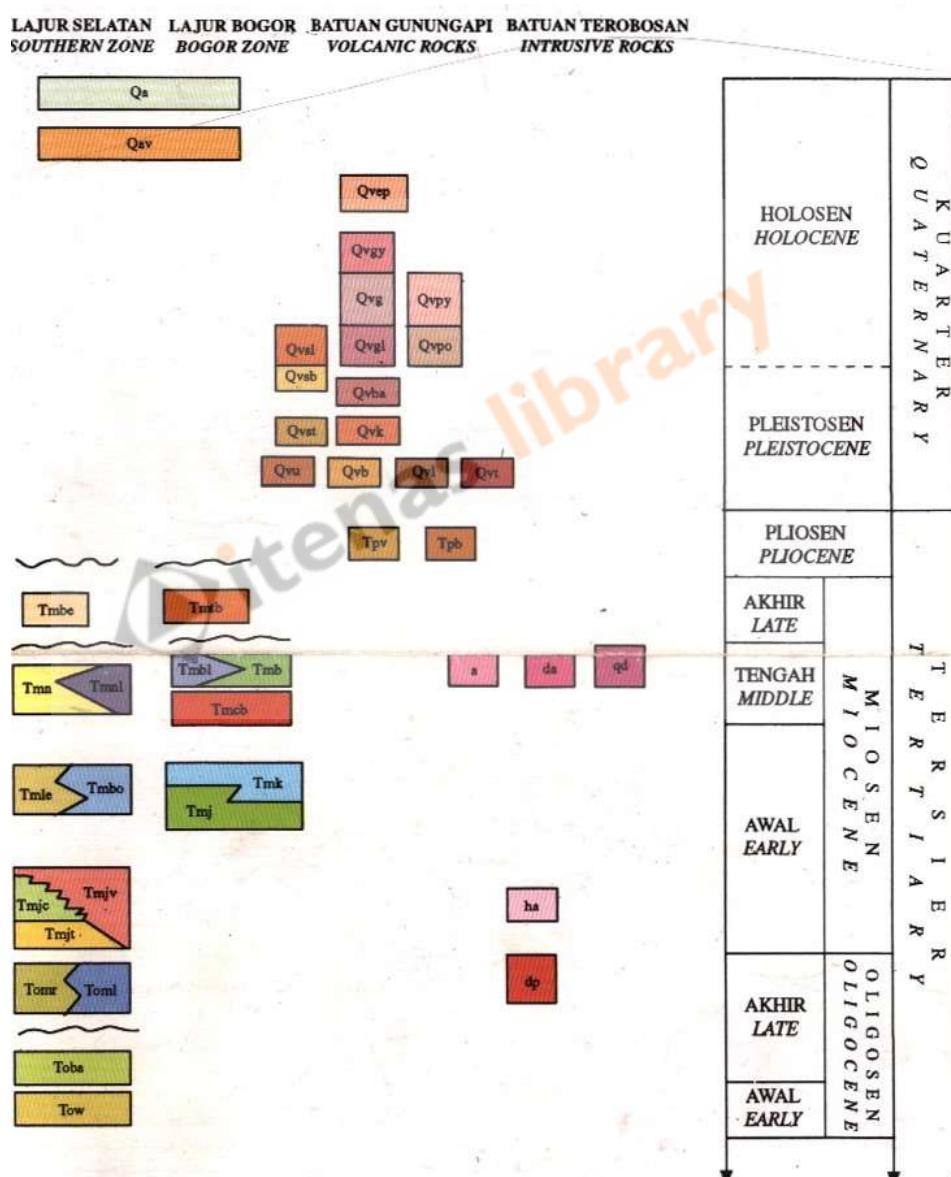
Zona pegunungan Selatan Jawa Barat, terletak di sebelah Selatan Jawa Barat. Jalur ini membentang dari Pelabuhan Ratu di sebelah Barat sampai Pulau Nusakambangan di sebelah Timur dengan lebar ± 50 km. Pada ujung sebelah Timur Pulau Nusakambangan terjadi penyempitan, sehingga lebarnya hanya beberapa kilometer saja.



Gambar 2. 1 Peta Geologi Regional Lembar Bogor, Skala 1:100.000
(Sumber: A.C. Effendi, Kusnama dan B. Hermanto, 2011)

2.3.2 Stratigrafi Regional Lembar Bogor

Pada umumnya lembar Bogor tersusun atas batuan gunungapi, batuan terobosan dan batuan penyusun zona Bogor serta batuan penyusun zona pegunungan Selatan. Berikut satuan batuan penyusun lembar Bogor yang diurutkan dari muda ke tua. (Sumber : A.C. Effendi, Kusnama dan B. Hermanto, 2011). Kolom Stratigrafi Geologi Lembar Bogor dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Kolom Stratigrafi Geologi Lembar Bogor

(Sumber: A.C. Effendi, Kusnama dan B. Hermanto, 2011)

2.4 Metode Penyelidikan Lapangan

Penyelidikan tanah di lapangan dimaksudkan untuk memperoleh gambaran tentang bentuk susunan lapisan tanah/batuan dan letak/kedalaman muka air tanah pada suatu lokasi penelitian. Penyelidikan lapangan terdiri dari 2 (dua) metode, yaitu metode yang sifatnya tidak merusak (*non-destructive tester*) dan yang sifatnya merusak (*destructive tester*). Untuk tujuan tertentu diperlukan contoh-contoh tanah atau batuan pada lokasi penelitian yang dapat diperoleh dengan cara pemboran tangan, pemboran mesin serta sumur uji (*test pit*).

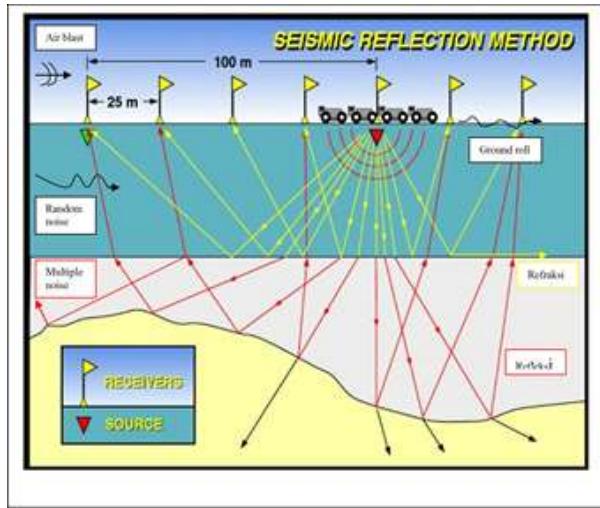
2.4.1 Sifatnya Tidak Merusak (Non-Destructive Tester)

Metode-metode pengujian untuk mengetahui parameter tanah yang sifatnya tidak merusak diantaranya sebagai berikut:

1. Seismik Refraksi

Metode seismik refraksi (seismik bias) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan. Metode seismik bias menghasilkan data yang bila digunakan bersama-sama dengan data geologi dan perhitungan dengan konsep fisika dapat menampilkan informasi tentang struktur bawah permukaan dan distribusi tipe batuan. Metode seismik refraksi merupakan metode yang umum digunakan dalam bidang geoteknik, seperti perencanaan pendirian bangunan, gedung, pabrik, bendungan, jalan raya, landasan bandara dan sebagainya.(Sismanto, 1999)

Konsep dari metode seismik refraksi ini dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Pengujian Seismik Refraksi

2. Georadar (*Ground Penetrating Radar*)

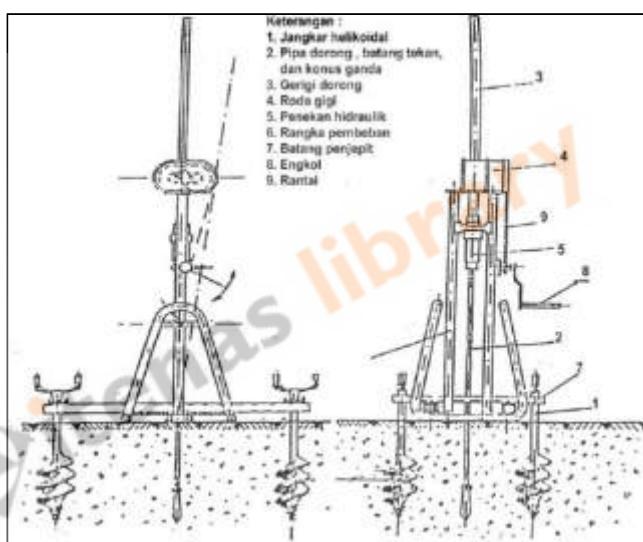
Ground Penetrating Radar (GPR) adalah salah satu metode survei untuk soil, bangunan utilitas dan kondisi bawah permukaan (dalam interval beberapa centimetre hingga kedalaman 60 meter). Metode GPR ini menggunakan analisis refleksi/pantulan dari gelombang elektromagnetik yang dihasilkan akibat dari perbedaan sifat/konstanta dielektrik benda-benda di bawah permukaan. Secara umum peralatan GPR terdiri dari dua komponen utama, yaitu peralatan pemancar gelombang radar (*transmitter*) dan peralatan penerima pantulan/refleksi gelombang radar (*tranceiver*). Sistem yang digunakan adalah merupakan sistem aktif, dimana dilakukan ‘penembakan’ pulsa-pulsa gelombang elektromagnetik (pada interval gelombang radar) untuk kemudian dilakukan perekaman intensitas gelombang radar yang berhasil dipantulkan kembali ke permukaan tanah (Quan dan Haris, 1997).

2.4.2 Sifatnya Merusak (Destructive Tester)

Metode penyelidikan tanah yang sifatnya merusak mempunyai tujuan untuk mengetahui/mengidentifikasi parameter tanah yang terletak di bawah permukaan tanah.

1. Sondir

Menurut Braja M Das (1985) Di masa lampau, alat Sondir lebih banyak digunakan di Eropa daripada di Amerika Serikat. Tetapi, belakangan ini alat tersebut mulai banyak dipakai di Amerika Serikat. Salah satu keuntungan utama dari alat ini ialah bahwa tidak perlu diadakan pemboran tanah untuk penyelidikan tanah. Tetapi, tidak seperti uji penetrasi baku, dengan alat sondir. Sampel tanah tidak dapat diperoleh untuk penyelidikan langsung (observasi mata) atau untuk uji laboratorium. Adapun peralatan sondir disajikan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Rangkaian Alat Penetrasi Konus (Sondir Belanda)

Interpretasi hasil sondir didapat dengan mengorelasikan nilai-nilai tahanan konus (q_c) dengan konsistensi tanah lempung dan kohesi (*undrained*) seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Hubungan Antar Konsistensi Dengan Tekanan Konus

Konsistensi Tanah Lempung	Tekanan Konus qc (kg/cm ²)	<i>Undrained Cohesion</i> (T/m ²)
Very Soft	<2,50	<1,25
Soft	2,5-5,0	1,25-2,5
Medium Stiff	5,0-10,0	2,5-5,0
Stiff	10,0-20,0	5,0-10,0
Very Stiff	20,0-40,0	10,0-20,0
Hard	>40,0	>20,0

(Sumber: Terzaghi et al, 1996)

2. Pemboran Teknik

Pemboran teknik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*). Hasil dari pemboran inti ini dapat digunakan untuk mengorelasikan lapisan-lapisan tanah/batuhan dan mengidentifikasi sifat-sifat fisik serta karakteristik batuan dasarnya.

Maksud dilakukan pekerjaan pemboran teknik adalah untuk menentukan letak dan kedalaman lapisan keras, sehingga dapat digunakan sebagai media dalam perencanaan fondasi suatu bangunan sipil. Sampel tanah yang didapat dari pemboran teknik ini digunakan untuk menentukan atau mengidentifikasi parameter-parameter tanah melalui serangkaian pengujian laboratorium.

Selain itu juga dilakukan pekerjaan pengujian lapangan (*insitu testing*) berupa Uji Penetrasi Standar atau “*Standard Penetration Test*” (N-SPT) yang diperlukan untuk menentukan konsistensi dan tingkat kepadatan tanah di lapangan. Berikut ini hasil korelasi nilai N-SPT dan propertis tanah pasir dan lempung yang disajikan pada **Tabel 2.3** sampai dengan **Tabel 2.7**.

Tabel 2.3 Korelasi Antara N-SPT Terhadap Tanah Pasir dan Lempung

<i>Cohesionless Soil</i>				
N	0 - 10	11 - 30	31 - 50	> 50
Unit Weight γ, KN/m³	12 - 16	14 - 18	16 - 20	18 - 23
Angle of Friction (Φ)	25 - 32	28 - 36	30 - 40	> 35
State	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
<i>Cohesive</i>				
N	< 4	4 - 6	6 - 15	16 - 25
Unit Weight γ, KN/m³	14 - 18	16 - 18	16 - 18	16 - 20
Qu (kpa)	< 25	20 - 50	30 - 60	40 - 200
State	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>
				<i>Hard</i>

(Sumber: Soil Mechanics, William T., Whitman, Robert V., 1962)

Tabel 2.4 Hubungan N-SPT terhadap Modulus Elastisitas Tanah

Soil	SPT
Sand (NC)	$E_s = 500 (N + 15)$ $E_s = (15000 \text{ to } 22000) \ln N$ $E_s = (35000 \text{ to } 50000) \ln N$
Sand (saturated)	$E_s = 250 (N + 15)$
Sand (OC)	$E_s = 18000 + 750N$
Gravelly sand and gravel	$E_s = 1200 (N + 6)$ $E_s = 6000 (N + 6) \quad N < 15$ $E_s = 6000 (N + 6) + 2000 \quad N > 15$
Clayey sand	$E_s = 320 (N + 15)$
Silty sand	$E_s = 300 (N + 6)$
Soft clay	-
Clay cu	Using the undrained shear strength

(Sumber: Prakash & Sharma, 1990)

Tabel 2.5 Nilai Poisson Ratio (ν) Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Angka posisson (ν)
Lempung jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir padat	0,1 - 1,00
Batuan	0,1 - 0,4
Tanah lus	0,1 - 0,3
Es	0,36
Beton	0,15

(Sumber: Bowles, 1997)

Tabel 2.6 Hubungan antara Konsistensi tanah dengan N-SPT dan Sudut Geser dalam

Consistency	N-SPT (blows per ft)	Angle of Internal Friction (deg)
Very Loose	0 - 4	< 28
Loose	5 - 10	28 - 30
Medium	11 - 30	31 - 36
Dense	31 - 50	37 - 41
Very dense	> 51	> 41

(Sumber: Mayerhof, 1956)

Tabel 2.7 Nilai Kohesi berdasarkan jenis tanah

Subgroup	Consistency (KN/m ²)			
	Medium	Stiff	Very stiff	Hard
Silt, sandy silt, clayey silt	30	60	-	-
Sandy clay, silty clay	25	50	100	-
Clay	25	50	100	150 - 200

(Sumber: Zdenek Bazant, Methods of Foundation Engineering, 1979)

3. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dapat dilakukan pada saat penyelidikan dengan bor tangan, bor mesin dan sumur uji.

Pengambilan sample dibagi menjadi dua kelompok yaitu sampel terganggu (*disturbed sample*) yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat-sifat fisik tanah (*physical properties*) dan sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*) yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat mekanik tanah (*mechanical properties*) melalui pengujian di laboratorium.

2.5 Pengujian Laboratorium

Pengujian di laboratorium mekanika tanah terdiri dari: pengujian sifat-sifat fisik atau uji indeks tanah dan sifat-sifat teknik atau uji mekanik. Pengujian yang dilakukan di laboratorium untuk menentukan jenis, sifat fisik, karakteristik, dan perilaku tanah di bawah perubahan kondisi.

2.5.1 Sifat-Sifat Fisik (*Physical Properties*)

1. Kadar Air

Kadar air atau (*water content*) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah yang hasilnya persen (Sumber: Harry Cristady Hardiyatmo, 2002). Nilai kadar air dapat dicari dengan menggunakan Rumus 2.1 sebagai berikut:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (2.1)$$

Dimana:

W_w = Berat air

W_s = Berat butir tanah

2. Angka Pori

Angka pori atau biasa disebut dengan (*void ratio*) yaitu perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). angka pori dapat dicari dengan Rumus 2.2 sebagai berikut:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (2.2)$$

Dimana:

- e = Angka pori
- V_v = Volume pori
- V_s = Volume butiran padat

3. Porositas

Porositas (*porosity*) perbandingan antara volume pori (V_v) dengan volume total (V), di nyatakan dalam nilai persen maupun decimal (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). Porositas dapat dicari dengan Rumus 2.3 sebagai berikut:

$$n = \frac{V_v}{V} \quad (2.3)$$

Dimana:

- n = Porositas
- V_v = Volume pori
- V = Volume tanah total

4. Berat Isi Kering

Berat isi kering (*dry density*) (γ_d) yaitu perbandingan antara volume total tanah dengan berat butiran dengan satuan gr/cm^3 (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). Nilai berat isi kering (γ_d) dapat dicari dengan menggunakan Rumus 2.4 sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e} \quad (2.4)$$

Dimana:

γ_d = Berat isi kering

γ = Berat isi tanah

w = Kadar air

5. Berat Jenis

Berat jenis (*specific gravity*) (G_s) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). Berat jenis dapat dicari dengan Rumus 2.5 sebagai berikut:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2.5)$$

Dimana:

γ_s = berat volume butiran padat

γ_w = berat volume air

6. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (*saturated*) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, yang dinyatakan dalam persen (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). dengan Rumus 2.6 sebagai berikut:

$$S(\%) = \frac{V_w}{V_s} \times 100 \quad (2.6)$$

Dimana:

S = Derajat kejenuhan

V_w = Volume air

V_v = Volume pori

7. Berat Isi Tanah

Berat isi tanah (γ) merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volume wadah (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). berat isi tanah dapat dicari dengan Rumus 2.7 sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (2.7)$$

Dimana:

γ = Berat isi tanah

W = Berat tanah

V = Volume wadah

2.5.2 Sifat-Sifat Teknik (*Engineering Properties*)

1. Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai kuat geser tanah dengan mengubah tegangan axial (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). Kuat geser adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butiran tanah terhadap tarikan dengan Rumus 2.8 sebagai berikut:

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (2.8)$$

Dimana:

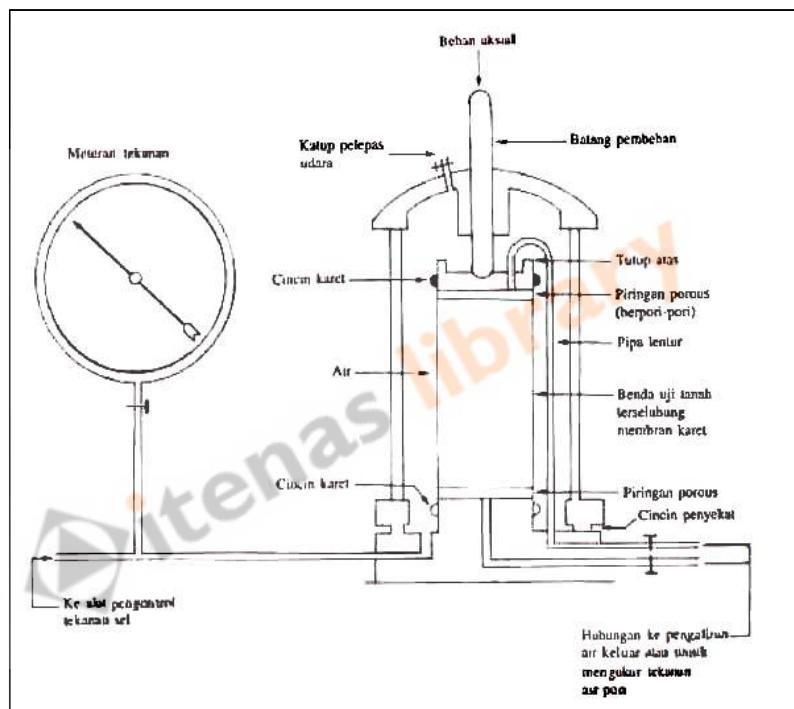
τ = Tengangan geser

P = Tekanan terbesar

A = Luas penampang

2. Uji Geser Triaksial

Menurut Bishop dan Bjerrum, (1960) uji geser triaksial adalah uji yang paling dapat diandalkan untuk menentukan parameter tegangan geser. Uji ini telah digunakan secara luas untuk keperluan pengujian umumnya ataupun untuk keperluan riset Sumber: Bishop dan Bjerrum, 1960. Gambar skematik dari uji geser triaksial ini disajikan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Skema Alat Triaxial

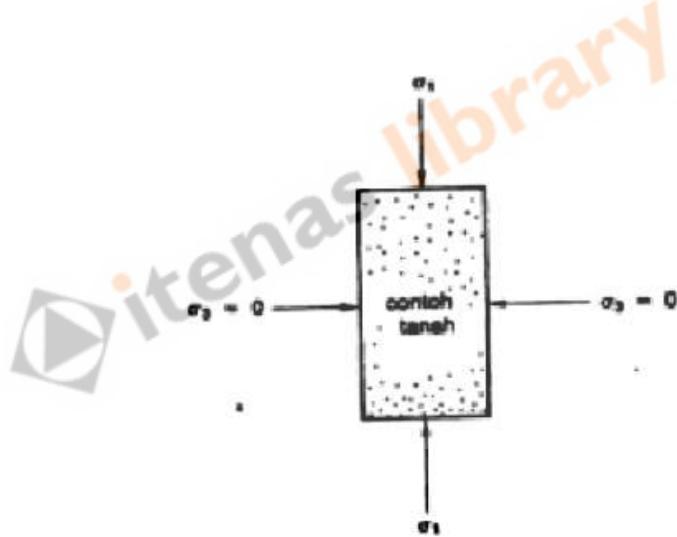
(Sumber: Bishop dan Bjerrum, 1960)

Menurut Bishop dan Bjerrum, (1960) beban aksial yang diberikan diukur dengan bantuan sebuah proving ring (lingkaran pengukur beban) yang berhubungan dengan piston vertikal. Juga alat ini dilengkapi dengan pipa-pipa untuk mengalirkan air ke dan dari dalam sampel tanah. Dimana pipa-pipa tersebut juga berguna sebagai sarana pengukur tegangan air pori (pada kondisi uji)). Ada 3 (tiga) tipe standar dari uji triaksial yang umumnya dilakukan, yaitu sebagai berikut:

- a. *Consolidated-Drained test* atau *drained test* (CD test);
- b. *Consolidated-Udrained test* (CU test); dan
- c. *Unconsolidated-Undrained test* atau *undrained test* (UU test).

3. Uji Kuat Tekan Bebas

Uji tekan bebas termasuk hal yang khusus dari uji triaksial *unconsolidated-undrained* (tak terkonsolidasi-tak terdrainase). Untuk melihat gambar skematik dari prinsip pembebanan dalam percobaan ini dapat dilihat pada **Gambar 2.6.** (Sumber: Hary Cristady Hardiyatmo, 2002).



Gambar 2.6 Skema Uji Tekan Bebas

Dari diagram lingkaran mold dapat dihitung besarnya kekuatan geser tanah tersebut, yaitu:

$$P = M \times LRC \quad \dots(2.9)$$

Dimana:

P = Gaya yang hendak dicari.

M = Pembacaan pada dial

LRC = Faktor kalibrasi alat (0,186)

$$A = \frac{A_0}{(1-\epsilon)} \quad \dots(2.10)$$

Dimana:

A_0 = Luas penampang contoh tanah mula-mula.

A = Luas penampang setelah di koreksi.

ϵ = Regangan

$$qu = \frac{P_{max}}{A} \quad \dots(2.11)$$

Dimana:

q_u = *Unconfined compression strength*.

P_{max} = Gaya maksimal.

A = Luas penampang setelah di koreksi

$$c = \frac{qu}{2} \quad \dots(2.12)$$

Dimana:

c = Kuat Geser.

q_u = *Unconfined compression strength*

Jika yang di coba adalah contoh undisturbed maka di peroleh undisturbed strength dan jika yang di coba adalah contoh remolded di peroleh remolded strength ratio dari undisturbed strength dan remolded didefiniskan sebagai sensitivity.

Dalam percobaan ini dimensi contoh harus memenuhi syarat:

$2D \leq L \leq 3D$, dimana:

D = Diameter contoh tanah.

L = Tinggi contoh tanah.

Sebab bila $L \leq 2D$, Sudut bidang runtuhnya akan mengalami overlap.

Dan bila $L \geq 3D$, berlaku sebagai kolom, akan ada bahaya tekuk.

Jadi yang ideal adalah: $L: D = 2 : 1$.

Pengujian laboratorium yang diuraikan diatas dilakukan sesuai dengan prosedur Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti tampak pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Penyelidikan Lapangan dan Pengujian Laboratorium yang Mengacu Terhadap SNI

Standar Nasional Indonesia (SNI)	
Metode Pengujian	Tabel SNI
Metode Pengujian Berat Jenis Tanah	SNI 03-1964-2008
Metode Pengujian Kadar Air Tanah	SNI 03-1965-2008
Metode Pengujian Triaxial	SNI 03-2455-1991
Tata Cara Pemetaan Geologi Teknik Lapangan	SNI 03-2849-1992
Tata Cara Uji Analisis Ukuran Butiran Tanah	SNI 03-3423-2008
Metode Pengujian Penetrasi Dengan SPT	SNI 03-4153-2008
Metode Penyiapan Benda Uji a. Penambatan tanah	SNI 13-6790-2002
Metode Uji Lapangan dengan Alat Sondir	SNI 03-2827-2008
Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif	SNI 03-3638-2012
Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dan Terdrainase	SNI 03-2813-2008
Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus dengan Cetakan Benda Uji	SNI 03-3637-1994
Metode Pengujian Analisis Ukuran Butiran Tanah dengan Hidrometer	SNI 03-3423-1994
Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung	SNI 03-2847-2013
Tata Cara Pengukuran Geolistrik Wenner Untuk Eksplorasi Air Tanah	SNI 03-2528-2012
Metode Uji Untuk Pengujian Seismik Crosshole	SNI 03-8453-2017
Tata Cara Pembuatan Sumur Uji	SNI 03-6376-2000

(Sumber: Pedoman Penyusunan Spesifikasi Teknik Pekerjaan Geoteknik, 2005)

2.6 Timbunan

SNI 8460-2017 Perancangan Geoteknik mengatakan bahwa lereng timbunan umumnya digunakan untuk badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah. Sifat teknis lereng timbunan dipengaruhi oleh jenis tanah, cara penimbunan dan derajat kepadatan tanah. Analisis secara terpisah harus dilakukan

pada lereng timbunan, yaitu pada kondisi jangka pendek (saat penimbunan selesai), kondisi jangka panjang, kondisi penurunan muka air seketika (*sudden draw-down*), dan gangguan gempa.

Menurut SNI 8460-2017 faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng timbunan yaitu sebagai berikut:

- a) Terjadinya overstressing pada fondasi timbunan tanah kohesif setelah masa konstruksi. Biasanya pada lereng timbunan, stabilitas jangka pendek pada tanah kohesif lunak lebih penting daripada stabilitas jangka panjang, karena fondasi timbunan mendapatkan kekuatan yang merupakan hasil disipasi air pori. Perlu pemeriksaan stabilitas pada beberapa kondisi tekanan air pori;
- b) Penurunan muka air cepat dan erosi buluh. Pada timbunan bendungan, penurunan muka air cepat menyebabkan meningkatnya beban efektif timbunan tanah yang dapat menyebabkan ketidakstabilan suatu lereng. Penyebab lain dari ketidakstabilan lereng timbunan adalah erosi bawah permukaan atau erosi buluh (lihat Pasal 13 untuk panduan pencegahan erosi buluh);
- c) Gaya-gaya dinamis. Getaran dapat dipicu oleh gempa bumi, peledakan, pemancangan tiang, dan lainnya.

2.7 Longsoran

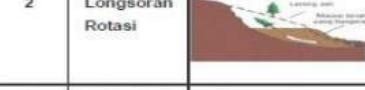
Suripin (2002) mendefinisikan tanah longsoran adalah merupakan suatu bentuk erosi, dimana pengangkutan atau gerakan massa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Ditinjau dari segi gerakannya, maka selain erosi longsoran masih ada beberapa erosi yang diakibatkan oleh gerakan massa tanah, yaitu rayapan (creep), runtuhan batuan (rock fall) dan aliran lumpur (mud flow). Massa yang bergerak dalam longsoran merupakan massa yang besar, maka seringkali kejadian tanah longsoran akan membawa korban, berupa kerusakan lingkungan, lahan pertanian, permukiman dan infrastruktur serta harta bahkan hilangnya nyawa manusia.

2.7.1 Jenis-Jenis Longsoran

Menurut Subowo (2003), ada 6 (enam) jenis tanah longsoran, yaitu: longsoran translasi, longsoran rotasi, pergerakan blok, runtuhan batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan seperti pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Jenis-Jenis Tanah Longsoran

Sumber: Subowo (2003)

No	Jenis Longsoran	Sketsa	Keterangan
1	Longsoran Translasi		Longsoran translasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
2	Longsoran Rotasi		Longsoran rotasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk oekung.
3	Pergerakan Blok		Pergerakan blok adalah bergeraknya batuan pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut longsoran translasi blok batu
4	Runtuhan Batu		Runtuhan batu adalah runtuhan sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung.
5	Rayapan Tanah		Rayapan tanah adalah jenis gerakan tanah yang bergerak lambat. Jenis gerakan tanah ini hampir tidak dapat dikenali. Rayapan tanah ini bisa menyebabkan tiang telepon, pohon, dan rumah runting.
6	Aliran Bahan Rombakan		Gerakan tanah ini terjadi karena massa tanah bergerak di dorong oleh air. Kecepatan aliran dipengaruhi kemiringan lereng, volume dan tekanan air, serta jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ribuan meter.

2.7.2 Faktor-Faktor Penyebab Longsoran

Menurut Direktorat Geologi Tata Lingkungan (1981), faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsoran antara lain adalah sebagai berikut :

1. Topografi atau lereng;
2. Keadaan tanah/batu;
3. Curah hujan atau keairan;
4. Gempa/gempa bumi;
5. Tata guna lahan; dan

6. Keadaan vegetasi/hutan dan penggunaan lahan.

Faktor-faktor penyebab tersebut satu sama lain saling mempengaruhi dan menentukan besar dan luasnya bencana tanah longsoran. Kepekaan suatu daerah terhadap bencana tanah longsoran ditentukan pula oleh pengaruh dan kaitan faktor-faktor ini satu sama lainnya.

2.8 Analisis Stabilitas Lereng

2.8.1 Umum

Menurut Hary Cristady Hardiyatmo pada bukunya Mekanika Tanah II mengatakan bahwa analisis stabilitas lereng di sasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*Limit plastic equilibrium*) dan Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial.

2.8.2 Faktor Keamanan (FK)

Dalam menentukan kestabilan lereng dikenal istilah Faktor Keamanan (FK) yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan gerakan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut dianggap aman.

Mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi tingkat kestabilan lereng maka hasil perhitungan Faktor Keamanan (FK) = 1.00 belum dapat menjamin bahwa lereng tersebut dalam keadaan aman. Ada beberapa faktor yang perlu diperhitungkan dalam perhitungan FK lereng, seperti kekurangan dalam pengujian, contoh di laboratorium serta contoh tanah yang diambil belum mewakili keadaan sebenarnya di lapangan, tinggi muka air tanah pada lereng tersebut, getaran akibat kegiatan peledakan, beban alat mekanis yang beroperasi, gempa, dan lain-lain. Berdasarkan SNI 8460-2017 dalam Persyaratan Perancangan Geoteknik syarat minimum nilai FK dapat dilihat pada **Tabel 2.10** di bawah ini.

Tabel 2.10 Nilai Faktor Keamanan (FK) untuk lereng tanah

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

(SNI 8460-2017 Perancangan Geotek)

2.9 Dinding Penahan Tanah (*Retaining wall*)

Dinding Penahan Tanah (DPT) gravitasi terbuat dari pasangan batu kali atau beton tidak bertulang, yang mengandalkan bobotnya sendiri untuk menjaga stabilitasnya. DPT tipe gravitasi ini tidak ekonomis untuk menahan tanah yang tinggi. Pada banyak kasus, sejumlah kecil pemberian diberikan untuk meminimalkan ukuran DPT ini. DPT dengan dimensi yang lebih kecil, dan dengan sedikit pemberian ini lazim disebut DPT semi gravitasi (Sumber: SNI 8460-2017 Perancangan Geotek).

DPT harus dirancang untuk tetap aman terhadap:

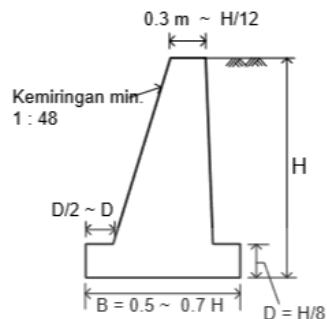
1. Stabilitas Terhadap Guling;
2. Stabilitas Terhadap Geser; dan
3. Stabilitas Terhadap Keruntuhan Daya Dukung.

Berdasarkan pengetahuan umum ada beberapa tipe DPT sesuai dengan kegunaannya, jenis DPT pada penelitian ini berupa DPT tipe gravitasi dengan penjelasan sebagai berikut:

a. DPT Tipe Gravitasi (*Gravity Wall*)

Dinding penahan tanah gravitasi terbuat dari pasangan batu kali atau beton tidak bertulang, yang mengandalkan bobotnya sendiri untuk menjaga stabilitasnya.

Dinding penahan tanah tipe gravitasi ini tidak ekonomis untuk menahan tanah yang tinggi. Pada banyak kasus, sejumlah kecil pembesian diberikan untuk meminimalkan ukuran dari dinding penahan tanah ini. Dinding penahan tanah dengan dimensi yang lebih kecil, dan dengan sedikit pembesian ini lazim disebut dinding penahan tanah semi gravitasi pada **Gambar 2.7** (Sumber: SNI 8460-2017:Perancangan Geoteknik).



Gambar 2.7 Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*gravity wall*) (Sumber: SNI 8460-2017 Perancangan Geotek).

2.10 Tiang bor (*Bored Pile*)

Menurut SNI 8460-2017 berdasarkan metode pelaksanaannya, tiang yang ada di Indonesia dibedakan atas tiang panjang dan tiang bor. Saat ini mulai dikenal juga pushed-in atau jack-in pile; namun jenis tiang ini tidak dibahas dalam SNI ini.

Material tiang bor berupa beton bertulang dan dapat dibedakan antara tiang bor berdiameter kecil dan tiang bor berdiameter besar. Pelaksanaan tiang bor dengan menggunakan pengeboran bilas tidak diizinkan.

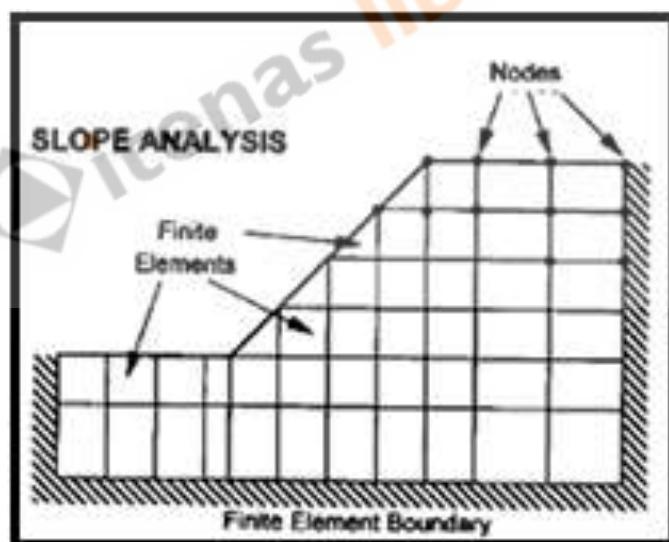
2.11 PLAXIS 2D (FEM)

PLAXIS adalah Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method = FEM*) untuk aplikasi geoteknik, dimana digunakan model-model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku dan kinerja tanah.

Pada PLAXIS untuk menghitung nilai FK menggunakan metode *phi/c reduction*, dimana mencari nilai FK dilakukan dengan cara mereduksi nilai phi dan nilai c sampai kondisi/titik dimana tersebut runtuh.

Metode elemen hingga adalah prosedur perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan pendekatan dari permasalahan matematis yang sering muncul pada rekayasa teknik inti dari metode tersebut adalah membuat persamaan matematis dari berbagai pendekatan dan rangkaian persamaan aljabar yang melibatkan nilai-nilai pada titik-titik diskrit pada bagian yang dievaluasi.

Metode elemen hingga umumnya membagi tanah menjadi unit-unit terpisah yang disebut elemen hingga (*finite element*). Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2.8**. Unsur – unsur ini saling berhubungan pada titik simpulnya (*nodes*) dan batas yang sudah ditentukan (*boundary*). Perumusan elemen hingga umumnya digunakan untuk aplikasi geoteknik yang menghasilkan bentuk penurunan, tekanan, dan tegangan pada titik simpul. Banyak program komputer yang berbasis metode elemen hingga, salah satunya adalah perangkat lunak PLAXIS 2D.



Gambar 2.8 Definisi hubungan yang digunakan Metode Elemen Hingga (Lee W. Abramson. 2002)

2.12 Penelitian Sejenis

Fadli Triaji meneliti longsoran yang terjadi pada ruas jalan Bogor - Cianjur STA 16+500 yang dimana lokasi ini dikenal sebagai daerah wisata pegunungan dan kebun teh dengan judul: **Studi Efektivitas Penanggulangan Longsoran Tebing Jalan Antara Dinding Penahan Tanah (DPT) dan Tiang Pancang Baja (Studi Kasus: Ruas Jalan Bogor- Cianjur STA 16+500)**. Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi dan analisis stabilitas lereng yang di perkuat dengan kombinasi DPT dan Tiang pancang baja menggunakan PLAXIS 2D. Setelah dilakukannya analisis diperoleh kesimpulan bahwa faktor utama penyebab longsor yaitu penjenuhan tanah dasar di bawah badan jalan sebagai akibat ruas jalan yang longsor merupakan cekungan jalan tempat titik berakumulasinya air hujan. Penanganan yang dilakukan dengan menggunakan kombinasi DPT dan Tiang Pancang mampu meningkatkan nilai FK pada titik tersebut, sehingga lereng pada lokasi longsoran dalam kondisi aman.