

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah terdiri dari butiran-butiran material hasil pelapukan massa batuan *massive* dimana ukuran butirannya bias sebesar bongkahan, berangkal, kerikil, pasir, lanau, lempung, dan kontak butirannya tidak tersementasi termasuk bahan organik (K. Terzaghi). Istilah kerikil, pasir, lanau dan lempung digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan.

Pada kenyataan di lapangan, kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Sebagai contoh terdapat istilah *gravelly sand*, berarti tanah tersebut termasuk tanah pasir berkerikil. *Sandy clay* berarti tanah tersebut termasuk tanah lempung berpasir. Ukuran partikel tanah bervariasi, pada **Tabel 2.1** terdapat klasifikasi ukuran butiran tanah berdasarkan MIT, USDA, AASHTO dan USCS.

Tabel 2.1 Klasifikasi Ukuran Butiran Tanah

Sistem Klasifikasi	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	> 2	2 - 0,06	0,06 - 0,002	< 0,002
U.S Departement of Agriculture (USDA)	> 2	2 - 0,05	0,05 - 0,002	< 0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 - 2	2 - 0,075	0,075 - 0,002	< 0,002
Unified Soil Classification System (USCS)	76,2 - 4,75	4,75 - 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung)	< 0,0075

(Sumber: Braja M. Das, 1993)

2.2 Timbunan

Timbunan yang digunakan sebagai pondasi dasar yang mendukung lapisan pondasi bawah dan apabila lapis pondasi bawah tidak ada, maka lapisan tanah dasar digunakan sebalai lapisan yang mendukung langsung timbunan diatasnya, setiap timbunan jalan mempunyai kekuatan dan keawetan tertentu.

Dalam penentuan tebal timbunan nilai CBR dapat dikorelasi terhadap daya dukung tanah (DDT). Tinggi timbunan harus dipertimbangkan terhadap adanya bahaya longsor, sebaiknya pada lahan mencukupi dibuat kelandaian lereng alami dan apabila tidak mencukupi harus dibuat konstruksi penahan tanah. Timbunan harus dipadatkan lapis demi lapis sesuai ketentuan kepadatan lapisan.

Persyaratan utama timbunan adalah sebagai berikut:

- Harus mempunyai kemampuan untuk menyebarluaskan beban lalu lintas yang berulang tanpa mengalami deformasi atau penurunan yang berarti akibat beban lalu lintas dan beban timbunan itu sendiri.
- Harus mempunyai stabilitas yang cukup terhadap faktor perusak seperti curah hujan, air rembesan dan gempa.

2.3 Perkuatan Menggunakan *Rock fill*

Rock fill merupakan bahan perkuatan yang tersusun dari bongkahan-bongkahan batu yang saling mengunci. *Rock fill* memiliki kuat geser (*shear strength*) yang sangat tinggi, sehingga apabila digunakan sebagai bahan perkuatan pada timbunan, akan menambah nilai faktor keamanan. Pada skripsi ini, berikut parameter desain untuk material *rock fill* dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Parameter Material *Rock Fill*

Material	Model Material	γ_{unsat} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	c' kN/m ²	ν	ϕ' °	ψ	k_x m/hari	k_y m/hari
Rock Fill	<i>Mohr Coulomb</i>	20	21	5	0,15	43	13	86400	86400



Gambar 2.1 Pengerajan Timbunan Menggunakan Bahan Rockfill

(Sumber: SpringerLink, 2019)

2.4 Teori Analisis Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsorinya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti: jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya. Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah (Hardiyatmo).

Analisis stabilitas lereng dimaksud untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor. Faktor keamanan dapat diartikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan seperti persamaan dibawah ini:

Dimana:

τ = Tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah (kN/m^2)

τ_d = Tegangan geser akibat gaya dorong tanah yang mengakibatkan longsor (kN/m²)

FK = Faktor keamanan

2.4.1 Teori Keruntuhan Mohr Coulomb

Coulomb pada tahun 1776 memperkenalkan teori geser maksimum (the maximum shear theory), yaitu bahwa keruntuhan (failure), nilai tekanan pada saat terjadinya perubahan bentuk tetap, terjadi jika tekanan geser yang diberikan mencapai nilai kritis dari kemampuan tanah. Teori ini kemudian disempurnakan oleh Mohr, sehingga kemudian dikenal dengan hukum Mohr-Coulomb. Hukum Mohr-Coulomb menyatakan bahwa kekuatan geser tanah, τ , mempunyai hubungan fungsional dengan kohesi tanah, c , dan friksi antar partikel yang dikemukakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

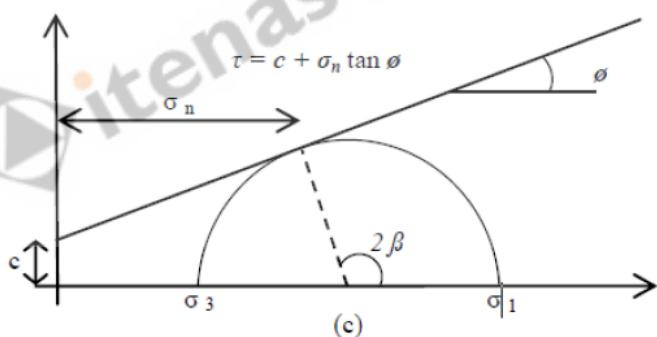
Dimana:

τ = Tegangan geser (kN/m²)

$$c = \text{Kohesi (kN/m}^2\text{)}$$

σ_n = Tegangan normal (kN/m²)

$\tan \phi$ = Koefisien geser dalam batuan



Gambar 2.2 Keruntuhan *Mohr Coulomb*

(Sumber: Das, B.M., 1995)

2.4.2 Metode Shear Strength Reduction

Metode *shear strength reduction* atau yang biasa disebut *phi – c reduction* dan *initial stress* adalah suatu metode yang dimanfaatkan untuk menentukan suatu nilai SF dan umumnya pada pendekatan elemen hingga. Metode ini menentukan nilai faktor keamanan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

2.5 Parameter Tanah

Pada permodelan stabilitas timbunan tinggi dengan perkuatan rock fill menggunakan plaxis 2D ini membutuhkan parameter-parameter tanah. parameter tanah yang digunakan pada skripsi ini adalah modulus elastisitas, *poisson ratio*, sudut geser, kohesi dan *dilatancy angle*.

2.5.1 Modulus Elastisitas

Nilai *modulus young* menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai modulus elastisitas menurut jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Nilai Modulus Elastisitas Menurut Jenis Tanah

Soil Type	Es	
	Ksf	Mpa
Clay		
Very Soft	50 – 250	2 – 15
Soft	100 – 500	5 – 25
Medium	300 – 1000	15 – 50
Hard	1000 – 2000	50 – 100
Sandy	500 – 5000	25 – 250
Glacial till		
Loose	200 – 3200	10 – 153
Dense	3000 – 15000	144 – 720
Very dense	10000 – 30000	478 – 1440
Loess	300 – 1200	14 – 57
Sand		
Silty	150 – 450	7 – 21
Loose	200 – 500	10 – 24
Dense	1000 – 1700	48 – 81
Sand & gravel		
Loose	1000 – 3000	48 – 144
Dense	2000 – 4000	96 – 192

Shale	3000 – 3000000	144 – 14400
Silt	40 – 400	2 – 20

(Sumber: Hadihardaja, 1997)

2.5.2 Poisson Ratio

Nilai *poisson's ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai *poisson ratio* menurut jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Nilai *Poisson Ratio* Menurut Jenis Tanah

Type of Soil	μ
Clay saturated	0,4 – 0,5
Clay unsaturated	0,1 – 0,3
Sandy clay	0,2 – 0,3
Silt	0,3 – 0,35
Sand (dense)	0,2 – 0,4
Coarse (void ratio = 0,4 – 0,7)	0,15
Fined – grained (void ratio = 0,4 – 0,7)	0,25
Rock	0,1 – 0,4 (depends somewhat on type of rock)
Loess	0,1 – 0,3
Ice	0,36
Concrete	0,15

(Sumber: Hadihardaja, 1997)

2.5.3 Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam (*friction angle*) adalah sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya. Hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

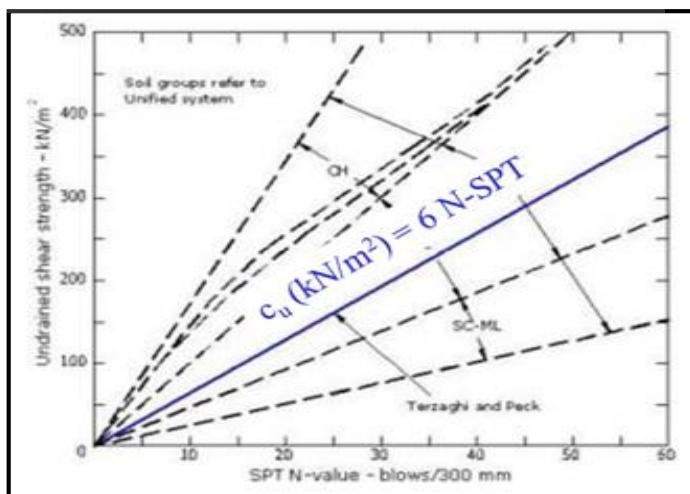
Tabel 2.5 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Tipe Tanah	θ (deg)
Pasir : butiran bulat	
Renggang/lepas	27-30
Menengah	30-35
Padat	35-38
Pasir : butiran bersudut	
Renggang/lepas	30-35
Menengah	35-40
Padat	40-45
Kerikil bercampur pasir	34-48
Lanau	26-35

(Sumber: Das, 1994)

2.5.4 Kohesi

Kohesi (*cohesion*) adalah gaya tarik menarik antara partikel yang dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi disebut juga sebagai lekatan antara butiran tanah. Nilai kohesi dapat diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (*direct shear strength test*) dan pengujian triaxial (*triaxial test*). Nilai kohesi juga dapat di korelasi terhadap nilai N-SPT yang ditentukan pada **Gambar 2.3**.

**Gambar 2.3** Korelasi nilai N-SPT dan kohesi

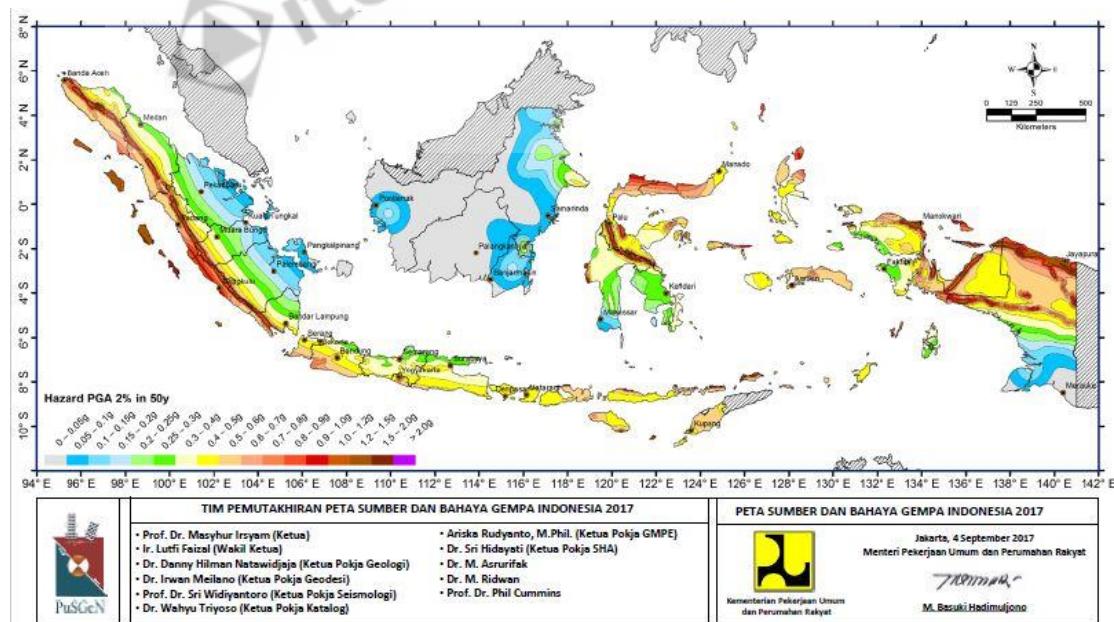
(Sumber : Modifikasi dari Terzaghi and Peck, 1987)

2.5.4 Dilatancy Angle

Sudut dilatansi (*dilatancy angle*) dinyatakan dalam derajat. Bolton 1986, dalam kaitannya dengan plaxis, merekomendasikan korelasi sudut gesekan dengan sudut dilatansi untuk tanah kohesif $\psi = \phi - 30$. Untuk tanah kohesif yang cenderung memiliki dilatansi yang kecil, maka nilai $\psi = 0$ akan realistik untuk digunakan dalam kasus umum.

2.6 Persyaratan Spektrum Respons Desain

Bila lereng timbunan direncanakan dibangun dengan kondisi tidak boleh mengalami keruntuhan atau terputusnya lajur transportasi setelah terjadi gempa rencana, maka pengaruh beban gempa harus diperhitungkan. Gempa rencana untuk lereng timbunan ditetapkan dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur rencana 50 tahun adalah 2% atau setara dengan periode ulang 500 tahun dengan mengacu pada peta gempa yang terdapat pada surat edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 12/SE/M/2010 (SNI 8460:2017). Besaran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang digunakan dalam pada analisis ini didapatkan dari Peta Zona Gempa Indonesia yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (S_b)

(Sumber: SNI 8460:2017)

Pada analisis ini beban gempa disimulasikan dengan metode *pseudo-static*, pengaruh gempa digambarkan dengan percepatan horizontal dan atau vertikal. Untuk menggunakan medel *pseudo-static*, faktor keamanan minimum yang disyaratkan adalah lebih besar dari 1,1 ($FK \geq 1,1$) dengan menggunakan koefisien seismik yang didapatkan dari percepatan puncak di permukaan (PGA) dengan penentuan kelas situs dan faktor amplifikasi.

Menurut SNI 8460:2017 penentuan spektrum respons desain harus ditentukan berdasarkan klasifikasi situs proyek dengan menggunakan kriteria pada **Tabel 2.6.**

Tabel 2.6 Klasifikasi Situs

Klasifikasi Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N}_{SPT} atau \bar{N}_{SPTch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1.500	N/A	N/A
SB (batuan dasar)	750 sampai 1.500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut:		
	<ol style="list-style-type: none"> Indeks Plastisitas, $PI > 20$, Kadar air, $(w) \geq 40\%$, dan Kuat geser niralir, $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan penyelidikan geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifikasi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan, $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas tinggi (ketebalan, $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa 		

Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI 8460:2017)

Keterangan:

- \bar{N}_{SPT} = nilai rata rata tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata;
 \bar{N}_{SPTch} = nilai rata rata kecepatan gelombang geser (m/detik);
 \bar{v}_s = nilai rata rata kecepatan gelombang geser (m/detik);
 \bar{s}_u = nilai rata rata kuat geser niralir lapisan (kPa).

Setelah mendapatkan klasifikasi situs dan hasil PGA, maka dapat menentukan faktor amplifikasi pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik (F_{PGA} dan F_a)

Kelas Situs	PGA ≤ 0,1 Ss ≤ 0,25	PGA ≤ 0,2 Ss ≤ 0,5	PGA ≤ 0,3 Ss ≤ 0,75	PGA ≤ 0,4 Ss ≤ 1,0	PGA ≤ 0,5 Ss ≤ 1,25
Batuan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

(Sumber: SNI 8460:2017)

Berdasarkan rumus Choukeir et all, nilai koefisien percepatan gempa arah horizontal (K_h) adalah:

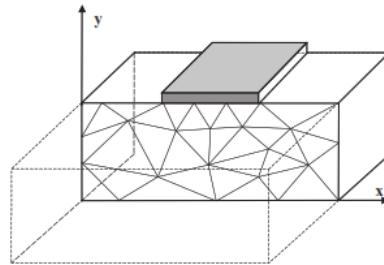
Rumus besaran percepatan gempa pseudo-static yang dimasukkan dalam program PLAXIS 2D adalah sebagai berikut:

$$a = F_{PGA} \times K_h \times PGA \quad \dots \dots \dots \quad (2.8)$$

2.7 Metode Elemen Hingga (*finite element method*)

Metode elemen hingga yang digunakan dalam skripsi ini dikerjakan dengan bantuan program Plaxis yang merupakan aplikasi komputer yang menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*). Metode elemen hingga merupakan cara pendekatan solusi analisis struktur secara numerik. Plaxis (*Finite Element Code For Soil and Rock Analyses*) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (soil properties) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan fasilitas output tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan.

Permodelan pada timbunan ini menggunakan model *plane strain*. Model *plane strain* merupakan bentuk pemodelan yang digunakan untuk menganalisis struktur dengan potongan melintang geometri yang relatif seragam. Bentuk pemodelan *plane strain* dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Bentuk *Plane Strain*

(Sumber: Brinkgreve, dkk, 2016)

Pada *software* Plaxis 2D ini terdapat 2 pilihan *nodes* (titik), yaitu 6 *nodes* dan 15 *nodes*. Pada pemodelan Tugas Akhir ini menggunakan 15 *nodes*, karena semakin banyak jumlah *nodes* yang digunakan maka akan semakin akurat hasil perhitungannya.

2.7.1 Model Material

Pada skripsi ini, model material yang digunakan adalah model Mohr-Coulomb. Permodelan tanah Mohr-Coulomb ini paling umum digunakan, karena model ini merupakan salah satu jenis pemodelan tanah yang hanya memodelkan sejumlah fitur terbatas dari perilaku tanah pada kenyataannya. Pemodelan ini dapat digunakan untuk analisis pertama yang relatif cepat dan sederhana dari masalah yang dipertimbangkan. Terdapat lima *input* parameter yang digunakan dalam permodelan Mohr-Coulomb, yaitu:

1. Modulus elastisitas (E).
2. *Poisson's ratio* (μ).
3. Kohesi (c).
4. Sudut geser dalam (ϕ).
5. *Dilatancy angle* (ψ).

Kondisi leleh Mohr-coulomb secara penuh terdiri dari enam buah fungsi leleh saat diformulasikan dalam konteks tegangan utama dan dipengaruhi oleh parameter c dan f. (Smith & Griffith, 1982). Enam buah fungsi leleh tersebut adalah:

$$f_{1a} = \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 + \sigma'_3) \cdot \sin \phi - c \cdot \cos \phi \leq 0$$

$$f_{1b} = \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_2) + \frac{1}{2}(\sigma'_3 + \sigma'_2) \cdot \sin \phi - c \cdot \cos \phi \leq 0$$

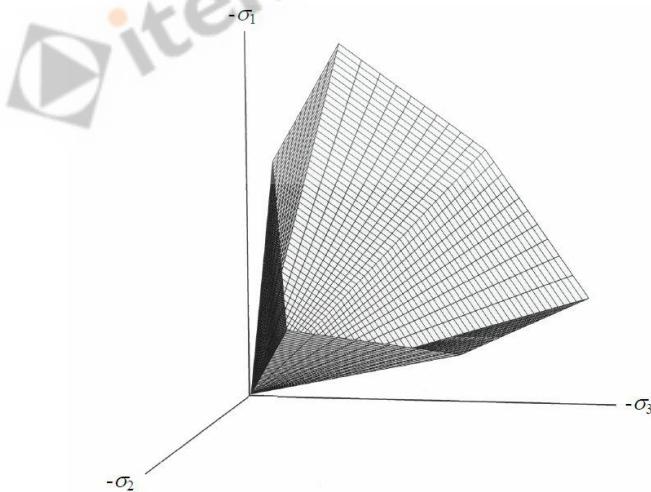
$$f_{2a} = \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_1) + \frac{1}{2}(\sigma'_3 + \sigma'_1) \cdot \sin \phi - c \cdot \cos \phi \leq 0$$

$$f_{2b} = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) \cdot \sin \phi - c \cdot \cos \phi \leq 0$$

$$f_{3a} = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_2) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_2) \cdot \sin \phi - c \cdot \cos \phi \leq 0$$

$$f_{3b} = \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_1) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 + \sigma'_1) \cdot \sin \phi - c \cdot \cos \phi \leq 0$$

Fungsi-fungsi leleh ini secara bersamaan membentuk kerucut heksagonal dalam ruang tegangan utama seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Bidang leleh Mohr-coulomb dalam ruang tegangan utama ($c = 0$)

(Sumber: PLAXIS 2D Manuals)

Selain fungsi leleh, didefinisikan enam buah fungsi potensial (g) untuk permodelan Mohr-coulomb, yaitu:

$$g_{1a} = \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 + \sigma'_3) \cdot \sin \psi$$

$$g_{1b} = \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_2) + \frac{1}{2}(\sigma'_3 + \sigma'_2) \cdot \sin \psi$$

$$g_{2a} = \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_1) + \frac{1}{2}(\sigma'_3 + \sigma'_1) \cdot \sin \psi$$

$$g_{2b} = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) \cdot \sin \psi$$

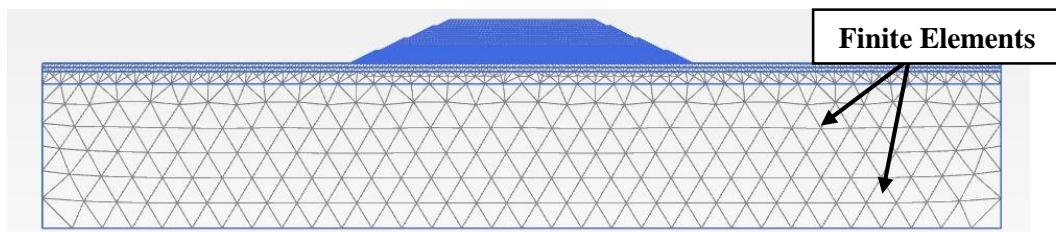
$$g_{3a} = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_2) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_2) \cdot \sin \psi$$

$$g_{3b} = \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_1) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 + \sigma'_1) \cdot \sin \psi$$

Model *Mohr Coulomb* pada fungsi fungsi potensial plaxis, dipegaruhi oleh besarnya sudut dilatansi (ψ). Parameter dilatansi (ψ) diperlukan untuk memodelkan pertambahan regangan volume plastis yang terjadi pada tanah padat.

2.7.2 Mesh Generation

Plaxis membuat bentuk *mesh* secara otomatis. Banyaknya *mesh*/ kehalusan dapat kita tentukan melalui menu *mesh* pada option *global coarsenes*. Terdapat beberapa pilihan *mesh* yang bisa kita terapkan, tetapi semakin halus *mesh* akan semakin akurat. Bentuk mesh generation dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Tampilan Mesh Generation

(Sumber: Plaxis 2D)

2.8 Analisis Tegangan Total

Analisis tegangan total (*Total Stress Analysis*) adalah kondisi jangka pendek (*short term*) dimana dalam kondisi ini tegangan air pori (μ) = 0. Kondisi ini menganalisis ketika awal pekerjaan penimbunan sampai selesai dilaksanakan.

Parameter tanah yang digunakan pada analisis tegangan total ini adalah kohesi (cu) dan sudut geser dalam (ϕ) yang diperoleh dari uji undrained test.

2.9 Analisis Tegangan Efektif

Analisis tegangan efektif (*Effective Stress Analysis*) adalah kondisi jangka panjang (*long term*) dimana dalam kondisi ini tegangan air pori (μ) ada. Kondisi ini menganalisis ketika pekerjaan penimbunan telah selesai dilaksanakan. Parameter tanah yang digunakan pada analisis tegangan efektif ini adalah kohesi efektif (c') dan sudut geser dalam efektif (ϕ') yang diperoleh dari uji CU atau drained atau *direct shear*.

2.10 Kriteria Faktor Keamanan

Nilai faktor keamanan yang disyaratkan pada timbunan ini mengacu pada SNI Geoteknik 8460 tahun 2017. Kriteria faktor keamanan untuk kondisi jangka pendek, jangka panjang, dan kondisi gempa dapat dilihat pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Kriteria Faktor Keamanan

Kondisi	Nilai Faktor Keamanan
Jangka Pendek	> 1.3
Jangka Panjang	> 1.5
Gempa	> 1.1

(Sumber: SNI 8460:2017)

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dimaksud untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Hasil – hasil penelitian terdahulu antara lain:

1. Hasil Penelitian Brenda Mardwista Gati

Penelitian Brenda Mardwista Gati, berjudul “*Analisis Stabilitas Lereng timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan yang Terjadi Menggunakan Program PLAXIS*” penelitian tersebut memodelkan variasi

tinggi timbunan dengan perkuatan geotekstil untuk mendapatkan *safety factor* yang memenuhi syarat menggunakan program Plaxis 8.5.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti, didapat kesimpulan. hasil analisis stabilitas lereng pada timbunan badan jalan dengan perkuatan geotekstil mendapatkan safety factor yang aman tetapi dengan replacement dan lapisan geotekstil penuh saat konstruksi tanpa beban gempa pada timbunan 3 meter sebesar 1,5573 dengan beban gempa sebesar 1,5276 dan pada paska konstruksi tanpa gempa sebesar 1,3251 dengan beban gempa 1,3198. Timbunan 5 meter saat konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,4280 dengan beban gempa sebesar 1,4278 dan pada paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2631 dengan beban gempa sebesar 1,2618. Timbunan 8 meter mendapatkan safety factor pada saat konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,4045 dengan beban gempa sebesar 1,3251 dan paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2943 dengan beban gempa sebesar 1,2893 timbunan ini termasuk dalam kategori aman. Analisis penurunan pada timbunan didapat bahwa semakin baik variasi permodelan maka penurunan yang terjadi selama 200 hari semakin kecil dan juga semakin tinggi timbunan maka penurunan yang terjadi akan semakin besar.

2. Hasil Penelitian Ferra Fahriani (2016)

Penelitian Ferra Fahriani (2016), berjudul “*Analisis Pengaruh Ketinggian Timbunan terhadap Kestabilan Lereng*”. Penelitian tersebut menganalisis pengaruh ketinggian timbunan terhadap stabilitas timbunan menggunakan program PLAXIS dengan memodelkan ketinggian timbunan 1 m – 5 m.

Kesimpulan yang didapat pada penelitian tersebut adalah meningkatnya ketinggian tanah timbunan mengakibatkan menurunnya angka keamanan lereng yang menunjukkan penurunan kestabilan tanah. Persentase penurunan angka keamanan lereng tiap 1 meter semakin menurun, sampai ketinggian 5 meter dengan persentase penurunan angka keamanan lereng sebesar 2,47% terhadap ketinggian 4 m.

3. Hasil Penelitian Abdurrahman Zuhri, dkk (2020)

Penelitian Abdurrahman Zuhri, dkk (2020), berjudul “*Pengaruh Variasi Muka Air Tanah pada Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik, Shear Key, dan Tiang Pancang di atas Tanah Lunak*”. Penelitian tersebut memvariasikan kedalaman muka air tanah pada timbunan di atas tanah lunak menggunakan perkuatan tanah dengan PLAXIS 2D. variasi kedalaman muka air tanah dalam penelitian tersebut yaitu: -25,000 m, -20,000 m, -15,000 m, -10,000 m, -5,000 m, dan 0,000 m.

Kesimpulan yang didapat pada penelitian tersebut adalah Kenaikan nilai SF terhadap penambahan perkuatan pada timbunan di atas tanah lunak terbesar terjadi pada model perkuatan tiang pancang sebesar 79,61%, sedangkan kenaikan nilai SF terkecil terjadi model perkuatan shear key sebesar 5,66% dan perkuatan geosintetik diantara keduanya yaitu sebesar 12,44%.

Pengaruh kenaikan elevasi MAT terhadap nilai SF pada timbunan di atas tanah lunak yaitu semakin tinggi elevasi MAT maka nilai SF yang terjadi akan semakin kecil. Rata-rata penurunan nilai SF terkecil terhadap kenaikan elevasi MAT terjadi pada model perkuatan shear key sebesar 0,018; sedangkan rata-rata penurunan nilai SF terbesar terjadi pada model perkuatan tiang pancang sebesar 0,065 dan perkuatan geosintetik diantara keduanya dengan rata-rata penurunan nilai SF sebesar 0,027.