

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Tinjauan Umum

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan – endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat misalnya, maka tanah ini disebut *tanah residual* (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut *tanah terangkut* (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2006).

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis (Hardiyatmo, 2006).

3.1.2 Penyelidikan Tanah

Berdasarkan Hardiyatmo (2010) penyelidikan mendetail dengan pengeboran tanah yang diikuti dengan pengujian-pengujian di laboratorium dan atau di lapangan, selalu dilakukan untuk penyelidikan tanah pada proyek-proyek besar, seperti : gedung bertingkat, jembatan, bendungan, bangunan-bangunan industri, dan lain-lainnya.

Penyelidikan tanah untuk perancangan stabilisasi lereng terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. pengecoran atau penggalian *lubang uji*,
2. pengambilan contoh tanah (*sampling*),
3. pengujian contoh tanah di laboratorium atau lapangan, dan
4. analisis hasil-hasil uji tanah untuk stabilisasi lereng.

Bergantung pada tingkat ketelitian yang dikehendaki, pengambilan contoh tanah dilakukan pada setiap jarak kedalaman skitar 0,75-3 meter dengan cara menekan tabung contoh tanah (*sampler*) secara hati-hati (terutama untuk contoh tak terganggu) yang dipasang pada ujung bawah batang bor. Pada waktu pengeboran dilakukan, contoh tanah dapat diperiksa didalam pipa bor yang ditarik ke luar. Jika pada tahap ini ditemui perubahan jenis tanah, dan kemudian, contoh tanah tambahan diambil. Pada lapisan-lapisan yang dianggap penting untuk diketahui karakteristik tanahnya, kadang-kadang pengambilan contoh kontinu (*continuous sampling*) diperlukan. Bila pengeboran dilakukan pada lapisan batuan, contoh inti batu (*rock core*) diambil dengan alat bor putar (*rotary drill*).

3.1.2.1 Teori *Boring* dan *Sampling*

Pemboran disini bertujuan mendeskripsikan dan mengambil contoh pada kedalaman tertentu untuk percobaan laboratorium. Untuk menentukan dan mengklasifikasikan tanah, diperlukan pengamatan yang cermat di lapangan. Tapi cara demikian kemungkinan besar akan terjadi kesalahan yang disebabkan pengamatan perseorangan. Untuk mendapatkan hasil yang obyektif maka tanah dibagi menjadi atau tanah berbutir halus dan kasar, selanjutnya untuk berbutir halus diadakan percobaan konsentrasi. Tujuan dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. untuk mengetahui lapisan tanah di bawah yang akan menjadi pondasi,

2. menetapkan kedalaman untuk pengambilan contoh tanah, dan
3. mengumpulkan data/informasi untuk menggambarkan profil tanah, dan pengambilan contoh tanah asli dan tindak asli untuk keperluan penyelidikan lebih lanjut di laboratorium.

Alat yang digunakan untuk pengujian tersebut adalah Bor tangan yang terdiri dari, Post hole auger (Iwan Type, tanpa casing), Batang bor (Stick Apparatus), Gastrong, Tabung, dan Parafin.

Pengeboran dilakukan dengan cara menentukan titik pengeboran lalu memasang mata bor pada batang pertama, kemudian pasang tangkai pemutar. Setelah lubang terbuat dari tangkai pemutar searah jarum jam sambil ditekan pada kedalaman yang ditentukan khususnya kedalaman 1,50-2,00 meter mata bor diganti dengan tabung untuk mengambil contoh pada kedalaman yang ditentukan dengan jalan ditekan. Setelah tabung masuk 40 cm berarti tabung sudah penuh dengan contoh, kemudian dikeluarkan dengan cara memutar bor searah jarum jam sambil diangan dengan bantuan gestong. Tabung yang sudah diangkat tutup tabung dengan paraffin agar kelembapan tanah terjaga atau tidak berubah. Selain dari sampel tanah yang diambil, tanah disekitar lokasi boring tersebut juga diambil untuk percobaan atau pemeriksaan lebih lanjut di laboratorium.

3.1.3 Timbunan Di Atas Tanah Lunak

Pekerjaan timbunan mencakup pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir yang disetujui untuk pembuatan timbunan. Daerah tanah lunak atau tanah yang tidak dapat dipadatkan atau tanah rawa, dasar pondasi timbunan harus dipadatkan seluruhnya (termasuk penggemburan dan pengeringan atau pembasahan bila diperlukan) sampai 15 cm bagian permukaan atas dasar pondasi memenuhi kepadatan yang disyaratkan untuk timbunan yang ditempatkan di atasnya. Penimbunan tanah di atas tanah lunak ini dipengaruhi oleh ketebalan lapisan tanah dibawah permukaan tanah dan ketinggian yang diharapkan setelah tanah mengalami konsolidasi. Proses penimbunan berfungsi untuk meningkatkan tegangan air pori tanah yang terdapat di bawah timbunan secara

perlahan diikuti oleh kenaikan tegangan efektif pada tanah dasar. Bantuan dari drainase vertikal berfungsi untuk mempercepat disipasi air pori dengan membuat material yang bersifat permeable sehingga air pori dapat disipasi secara horizontal dan mengalir melalui drainase vertikal tersebut.

3.1.5 Perkuatan Pada Konstruksi Timbunan Di Atas Tanah Lunak

Timbunan yang dibangun di atas tanah lunak memiliki kecenderungan untuk menyebar secara lateral akibat tekanan tanah horizontal yang bekerja di dalam timbunan. Tekanan tanah ini menimbulkan tegangan geser horizontal pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah pondasi. Apabila tanah pondasi tidak memiliki tahanan geser yang cukup, maka akan terjadi keruntuhan.

Pemasangan geotekstil atau geogrid berkekuatan tinggi yang direncanakan dengan tepat akan berfungsi sebagai perkuatan untuk meningkatkan stabilitas serta mencegah keruntuhan. Geotekstil atau geogrid juga akan mengurangi pergeseran horizontal dan vertikal tanah di bawahnya, sehingga dapat mengurangi penurunan diferensial.

3.2 Lereng

Lereng merupakan suatu kondisi permukaan tanah dimana terdapat perbedaan elevasi antara satu daerah dengan daerah yang lain dan membentuk kemiringan tertentu. Berdasarkan asal pembentukannya lereng terbagi menjadi dua macam yaitu lereng yang terbentuk oleh alam dan lereng yang terbentuk akibat ulah manusia.

1. Lereng Alam

Lereng alam yang telah stabil beberapa tahun mungkin tiba-tiba longsor akibat perubahan topografi, aliran air tanah, gempa, kehilangan kuat geser, perubahan tegangan dan pelapukan. Peck (1967) dalam Hardiyatmo (2012) menyatakan bahwa prediksi stabilitas lereng alam mungkin dapat dilakukan dengan baik, hanya jika area yang diteliti adalah zona longsor lama yang telah dipelajari sebelumnya, yang mungkin telah berubah kondisinya oleh kegiatan manusia, seperti penggalian di kaki lereng. Dengan mengetahui keberadaan

bidang longsor lama pada lereng alam, maka lereng akan lebih mudah dipahami dan diprediksi kelakuannya.

2. Lereng Buatan

Lereng buatan manusia umumnya terdiri dari struktur galian atau timbunan yang banyak digunakan dalam bangunan-bangunan gedung, jalan raya, tanggul sungai, lereng bendungan dan lain-lain.

a. Galian

Maksud dari perancangan lereng galian adalah untuk menentukan tinggi dan kemiringan lereng yang ekonomis dan stabil. Perancangan kedalaman dan kemiringan lereng galian akan dipengaruhi oleh kondisi geologi, sifat-sifat material di tempat, kedudukan air tanah, tekanan rembesan dan lain-lain (Hardiyatmo, 2012).

b. Timbunan

Timbunan umumnya dibangun dengan menggunakan tanah-tanah yang dipadatkan. Timbunan tersebut misalnya timbunan badan jalan raya, timbunan jalan rel, tanah urug, bendungan urugan dan tanggul. Sifat-sifat teknis material yang digunakan dalam timbunan sangat bergantung pada sifat-sifat material dari lokasi bahan pengambilan (misalnya: distribusi butiran, kepadatan, kuat geser dan sebagainya).

Analisis stabilitas timbunan umumnya lebih mudah dibandingkan dengan analisis stabilitas lereng alam dan galian. Hal ini, karena material timbunan berupa tanah yang relatif homogen dengan sifat-sifat mekanis yang sudah diketahui dari uji laboratorium (Hardiyatmo, 2012).

3.2.1 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas tanah pada permukaan tanah yang tidak horisontal (miring) disebut dengan analisis stabilitas lereng. Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian dan lereng urugan tanah.

Analisis stabilitas lereng tidak mudah karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungannya. Faktor-faktor tersebut seperti, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lain (Hardiyatmo, 1994).

3.2.2 Teori Analisis Stabilitas Lereng

Maksud dari analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial (Hardiyatmo, 1994). Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan telah dibuat yaitu:

1. kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang dua dimensi,
2. massa tanah yang longsor dianggap berupa benda masif,
3. tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau kuat geser tanah dianggap isotropis, dan
4. faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor.

Menurut Hardiyatmo (1994) faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, yang dapat dilihat dalam Persamaan 3.1.

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (3.1)$$

keterangan:

τ = tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah (kN/m²),

τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m²), dan

F = faktor aman

Menurut teori Mohr-Coulomb dalam Hardiyatmo (1994), tahanan terhadap tegangan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsornya, dapat dinyatakan pada Persamaan 3.2.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \emptyset \quad (3.2)$$

keterangan:

- τ = tegangan geser (kN/m²),
- c = kohesi (kN/m²),
- \emptyset = sudut gesek dalam tanah (derajat), dan
- σ = tegangan normal (kN/m²)

Dengan cara yang sama, dapat dituliskan persamaan tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsornya seperti pada Persamaan 3.3.

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \emptyset_d \quad (3.3)$$

keterangan:

- τ_d = tegangan geser (kN/m²),
- c_d = kohesi (kN/m²),
- \emptyset_d = sudut gesek dalam yang terjadi (derajat), dan
- σ = tegangan normal (kN/m²)

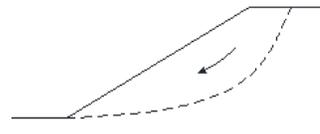
3.2.3 Analisis Stabilitas Lereng dengan Bidang Longsor Lingkaran

Pengamatan longsoran lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) dalam Hardiyatmo (1994) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa longsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Sebab terjadinya longsoran adalah karena tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan tanah longsor ke bawah pada bidang longsornya.

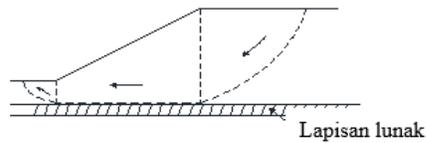
Lengkungan bidang longsor dapat berupa bentuk bidang lingkaran, bukan lingkaran dan kombinasi dari keduanya. Bentuk-bentuk bidang longsor dapat dilihat pada Gambar 3.1.



(a) Bidang longsor lingkaran



(b) Bidang longsor bukan lingkaran



(c) Bidang longsor komposit

Gambar 3.1 Bentuk-bentuk Bidang Longsor

(Sumber: Hardiyatmo, 1994)

Bentuk anggapan bidang longsor berupa lingkaran dimaksudkan untuk mempermudah hitungan analisis stabilitasnya secara matematik dan di pertimbangkan mendekati bentuk sebenarnya dari bidang longsor yang sering terjadi di alam. Menurut Bowles (1984) dalam Hardiyatmo (1994) kesalahan analisis stabilitas lereng tidak banyak disebabkan oleh bentuk anggapan bidang longsonya, akan tetapi kesalahan banyak disebabkan pada penentuan sifat-sifat tanah dan pencarian lokasi longSORan kritisnya.

Dalam menentukan kestabilan atau kemantapan lereng dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*) yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan gerakan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut dianggap stabil, bila dirumuskan sebagai berikut.

Faktor Kemanan (FK) = Gaya Penahan / Gaya Penggerak

Dimana untuk keadaan :

FK > 1,0 : lereng dalam keadaan bagus, tak terjadi longsor

FK = 1,0 : lereng dalam keadaan seimbang, kemungkinan terjadi longsor

FK < 1,0 : lereng tidak kuat, akan terjadi longsor

Jadi dalam menganalisa kemantapan lereng akan selalu berkaitan dengan perhitungan untuk mengetahui angka faktor keamanan dari lereng tersebut. Analisis stabilitas lereng ini ada beberapa metode, yang sering digunakan diantara lain :

1. Metode Fellenius

Metode ini mengasumsikan bahwa, untuk setiap irisan gaya-gaya antar irisan adalah nol. Penyelesaian tersebut meliputi penyelesaian ulang untuk gaya-gaya pada setiap irisan yang tegak lurus terhadap dasar, yaitu dengan menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 berikut :

$$N' = (W \times \cos \alpha) - (u \times l) \tag{3.4}$$

$$SF = \frac{c' \cdot L_a + \tan \phi' \sum N'}{\sum W \cdot \sin \alpha} \tag{3.5}$$

dengan:

- N' = gaya normal efektif
- W = berat total irisan
- α = sudut geser singgung masing-masing irisan
- u = tekanan air pori pada pusat dasar
- l = panjang dasar
- La = panjang busur
- ϕ = sudut gesek dalam
- c' = kohesi tanah efektif

2. Metode Bishop

Bishop mengasumsikan bahwa resultan gaya pada sisi irisan adalah horizontal, yaitu $X1-X2 = 0$. Dengan menyelesaikan kembali gaya-gaya ke arah vertikal, didapatkan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 berikut :

$$W = N' \cdot \cos \alpha + u \cdot \cos \alpha - \frac{c'}{SF} \cdot \sin \alpha - \frac{N'}{SF} \cdot \tan \phi' \cdot \sin \alpha \tag{3.6}$$

$$N' = \frac{(W \cdot \frac{c'}{SF} \cdot \sin \alpha - u \cdot l \cdot \cos \alpha)}{\cos \alpha + \frac{\tan \phi' \cdot \sin \alpha}{SF}} \tag{3.7}$$

Dengan substitusi nilai $l = b \cdot \sec \alpha$, maka didapat Persamaan 3.8 untuk *safety factor* sebagai berikut :

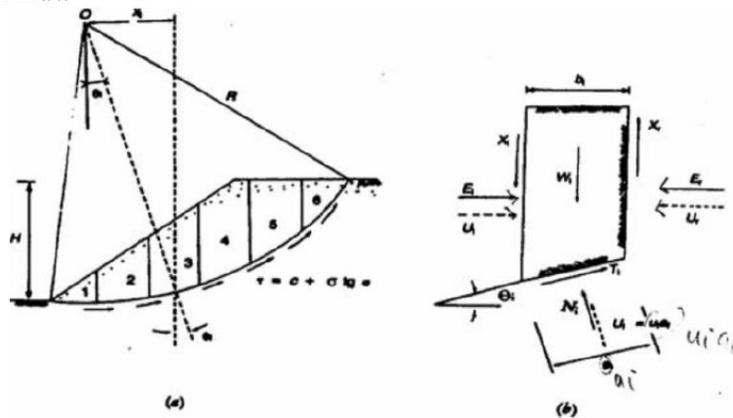
$$SF = \frac{1}{\sum W \cdot \sin \alpha} \sum \left[(c' \cdot b + (W - u \cdot b) \cdot \tan \phi') \cdot \frac{\sec \alpha}{1 - \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi'}{SF}} \right] \quad (3.8)$$

dengan:

- N' = gaya normal efektif
- W = berat total irisan
- A = sudut geser singgung masing-masing irisan
- u = tekanan air pori pada pusat dasar
- l = panjang dasar
- ϕ = sudut gesek dalam
- c' = kohesi tanah efektif

3. Metode Irisan

Gaya norma yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, terutama dipengaruhi oleh berat tanah di atas titik tersebut. Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Irisan

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Faktor keamanan merupakan rasio kekuatan geser yang ada (τ) terhadap kekuatan geser (τ_m) yang harus dikerahkan untuk mempertahankan syarat batas keseimbangan. Untuk menghitung faktor aman dapat digunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$SF = \frac{\tau}{\tau m} \quad (3.9)$$

Dengan meninjau momen terhadap titik O, jumlah momen akibat gaya-gaya geser pada busur keruntuhan AC harus sama dengan momen akibat massa tanah ABCD. Untuk setiap irisan, lengan momen $W = r \cdot \sin \alpha$ sehingga dapat dibentuk Persamaan 3.10, Persamaan 3.11, dan Persamaan 3.12 berikut :

$$\sum Tr = \sum W \cdot r \cdot \sin \alpha \quad (3.10)$$

$$T = \frac{\tau}{SF} \cdot l \quad (3.11)$$

$$SF = \frac{\sum \tau \cdot l}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (3.12)$$

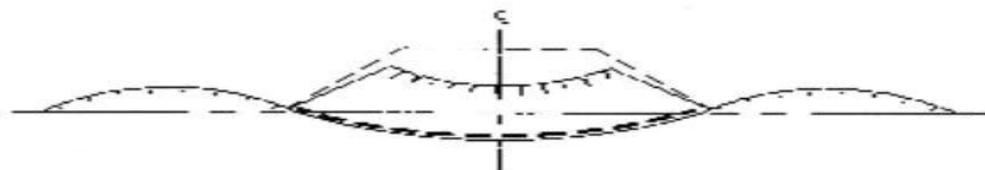
Untuk menganalisis yang menggunakan tegangan efektif dapat digunakan Persamaan 3.13 berikut.

$$SF = \frac{c' \cdot La - \tan \phi' \sum N'}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (3.13)$$

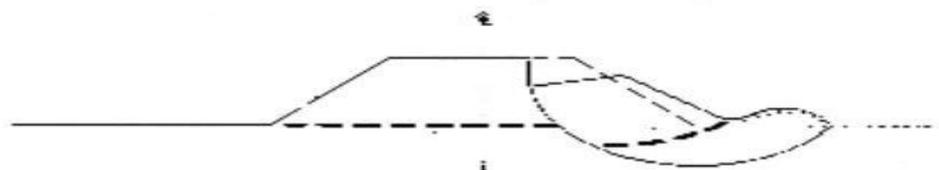
3.2.4 Klasifikasi Stabilitas Lereng

Tanah timbunan yang diperkuat dengan lapisan geosintetik mengandalkan kemampuan mekanis bahan. Sifat mekanis ini sangat dipengaruhi faktor umur layan dan ketahanan. Tidak seperti struktur sipil lainnya, elemen pendukung beban dari struktur perkuatan tanah sulit diperiksa dan dirawat, terlebih lagi aplikasi bahan tersebut digunakan dalam kondisi tertimbun tanah. Kondisi fisik dan kimia dari lingkungan yang kompleks sangat beragam dari satu titik ke titik yang lain (Kaliakin dan Dechasakulsom, 2001).

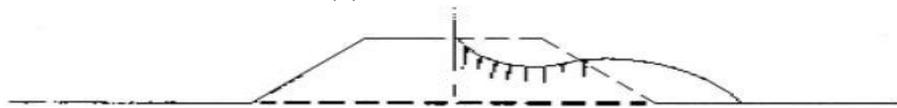
Konsep dasar penggunaan perkuatan geosintetik pada timbunan yang terletak di atas tanah lunak dapat digambarkan pada Gambar 3.3 berikut ini :



(a) Keruntuhan daya dukung



(b) Keruntuhan rotasional



(c) Keruntuhan akibat pergerakan lateral

Gambar 3.3 Konsep Perkuatan Geosintetik, (a), (b), dan (c) Perilaku Keruntuhan Timbunan

(Sumber: Holtz dkk, 1998)

Gambar 3.3 (a) memberikan gambaran kegagalan yang disebabkan oleh peningkatan tegangan air pori tanah dasar akibat beban timbunan. Hal ini menyebabkan tegangan efektif menurun, sehingga kapasitas dukung tanah dasar menjadi rendah, sehingga penurunan berlebih terjadi. Gambar 3.3 (b) menunjukkan perilaku keruntuhan lereng akibat ketidakstabilan lereng timbunan serta permasalahan kapasitas dukung tanah dasar bagian tepi yang rendah (kegagalan rotasional). Perilaku keruntuhan yang lain seperti dalam Gambar 3.3 (c), keruntuhan akibat sebaran tanah timbunan arah lateral. Keruntuhan arah lateral disebabkan oleh permasalahan ketahanan geser tanah timbunan dengan tanah dasar. Ketiga tipe keruntuhan tanah timbunan tersebut memberikan gambaran perilaku keruntuhan yang mungkin terjadi pada tanah timbunan setelah dilakukan pemasangan geosintetik. Beberapa kemungkinan keruntuhan ini digunakan sebagai pertimbangan untuk mengetahui tingkat stabilitas tanah timbunan yang diperkuat (Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik, DPU 2009).

3.3 Geotekstil

Geotekstil merupakan salah satu jenis geosintetik atau produk buatan dari polimer yang berfungsi untuk memperbaiki kinerja tanah. Dalam proses pembuatan geotekstil, elemen tekstil seperti serat-serat atau beberapa untaian serat yang dikombinasikan menjadi struktur tekstil lembaran. Jenis geotekstil kemudian

dibagi berdasarkan metode yang digunakan untuk mengkombinasikan filamen atau pita menjadi struktur lembaran. Jenis geotekstil yang utama adalah tak-teranyam dan teranyam.

3.3.1 Geotekstil Teranyam (*Woven Geotextile*)

Geotekstil teranyam merupakan salah satu produk geosintetik yang berbentuk anyaman, biasanya dua arah atas dan bawah. Geotekstil teranyam terbuat dari *silt film tape polypropylene* yang penggunaannya kini tengah beredar luas di Indonesia. Geotekstil teranyam memberikan kuat tarik maksimal pada berat tahan minimal. Hal ini memberikan keuntungan ekonomis yang besar untuk mendapatkan tingkat keamanan struktur yang diharapkan.

Geotekstil teranyam tidak akan mudah koyak atau robek pada saat dipasang di lapangan. Struktur anyaman yang kekar (*double twist*) dari *Geotextile Woven* menjamin kekuatan tekanan hingga 40 kN/m saat digunakan sebagai separator atau lapisan pemisah. Karena jika material pemisah ini sudah koyak pada saat pemasangan, maka fungsi separator akan terganggu.

Bentuk permukaan dari Geotekstil teranyam yang sangat unik memberikan koefisien geser (*pull out resistance*) besar ketika dipasang pada tanah kohesif sekalipun. Hal ini akan berpengaruh terhadap panjang penjangkaran yang melongsorkan cukup berperan, apabila bahan tersebut terpotong oleh bidang longsor. diperlukan untuk aplikasi perkuatan. Semakin kasar permukaan, maka panjang penjangkaran semakin pendek demikian juga sebaliknya. Maka ini akan memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan

Geotekstil teranyam merupakan material berbentuk lembaran yang terbuat dari serat atau benang *polymer* yang berbahan dasar *polypropylene* atau *polyester* yang dianyam menggunakan mesin modern yang berteknologi tinggi. Geotekstil teranyam bersifat permeable dan memiliki kuat tarik yang tinggi. Geotekstil teranyam, mempunyai kuat tarik lebih tinggi jika dibandingkan dengan geotekstil jenis tak teranyam.

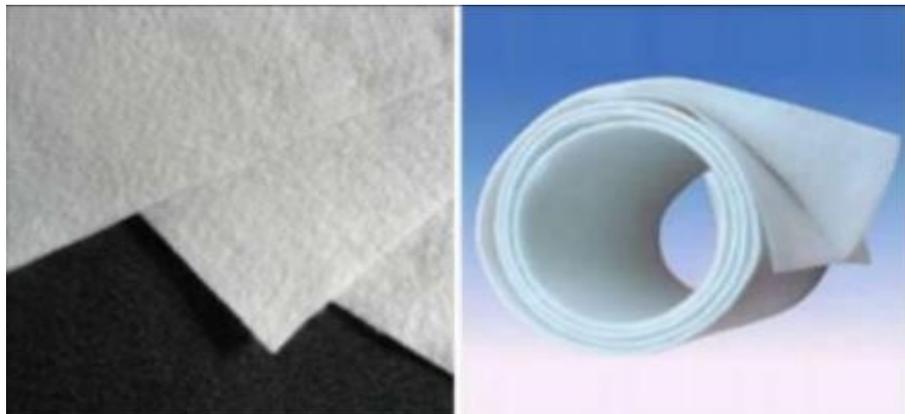
Fungsi material ini sendiri yaitu diaplikasikan sebagai material stabilisasi (stabiliator) untuk tanah dasar, khususnya pada tanah lunak. Contoh geotekstil teranyam dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Geotekstil Teranyam (*Woven Geotextile*)

3.3.2 Geotekstil Tak Teranyam (*Non Woven Geotextile*)

Geotekstil tak teranyam adalah salah satu jenis geotekstil yang terbuat dari bahan *polypropylene* dan *polyester*. Bentuk dari *geotextile non woven* tidak teranyam seperti karpet kain. Geotekstil tak teranyam dirancang untuk memberikan kinerja yang optimal per satuan berat. Ketahanan mekanik dan hidrolik yang sangat baik menjadikan Geotekstil tak teranyam ini sebagai pilihan yang tepat untuk lapisan pemisah dan penyaring. karena memiliki kekuatan jebol (*puncture resistance*) yang tinggi untuk menjamin material tidak rusak pada saat pelaksanaan. Geotekstil tak teranyam dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Geotekstil Tak Teranyam (*Non Woven Geotextile*)

3.4 Angka Keamanan (*Safety Factor*)

Zona kerentanan gerakan tanah adalah suatu zona yang mempunyai kesamaan kerentanan relatif (*relative susceptibility*) untuk terjadi gerakan tanah. Penentuan zona kerentanan gerakan tanah ini berdasarkan parameter, yaitu besarnya kemiringan lereng, jenis tanah dan batuan, curah hujan, jumlah dan luas gerakan tanah, tata guna lahan, kegempaan, nilai angka kestabilan lereng, dll. Klasifikasi zona kerentanan gerakan tanah terbagi menjadi empat, yaitu zona kerentanan gerakan tanah tinggi, menengah, rendah dan sangat rendah (SNI 13-7124-2005 “Penyusunan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah”). Klasifikasi zona kerentanan gerakan tanah terbagi menjadi empat tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.2 Kisaran Faktor Keamanan (SF)

Faktor Keamanan	Kerentanan Gerakan Tanah
$\leq 1,2$	Tinggi : Gerakan Tanah Sering Terjadi
$1,2 < \text{Safety Factor} \leq 1,7$	Menengah : Gerakan Tanah Dapat Terjadi
$1,7 < \text{Safety Factor} \leq 2,0$	Rendah : Gerakan Tanah Jarang Terjadi
$>2,0$	Sangat Rendah : Gerakan Tanah Sangat Jarang Terjadi

(Sumber : Ward. R, 1978 dalam SNI 13-7124-2005, 2005)

3.5 Konsolidasi

Konsolidasi merupakan proses keluarnya air dari dalam pori-pori tanah yang menyebabkan terjadinya perubahan volume tanah (memampat). Peristiwa konsolidasi umumnya dipicu oleh adanya beban/muatan di atas tanah. Muatan tersebut dapat berupa tanah atau konstruksi bangunan yang berdiri di atas tanah. Bila lapisan tanah mengalami beban di atasnya, maka air pori akan mengalir keluar dari lapisan tersebut dan volumenya akan berkurang atau dengan kata lain akan mengalami konsolidasi (Wesley, 1977). Pada umumnya konsolidasi akan berlangsung satu arah (*one dimensional consolidation*) yaitu pada arah vertikal saja, karena lapisan yang

mengalami tambahan beban itu tidak dapat bergerak dalam jurusan horisontal karena ditahan oleh tanah sekitarnya (*lateral pressure*).

Konsolidasi adalah peristiwa mampatnya tanah karena menderita tambahan tekanan efektif. Pada peristiwa konsolidasi ada dua hal yang penting yaitu:

1. besarnya penurunan yang akan terjadi ditentukan oleh :
 - a. kompresibilitas tanah,
 - b. tebal tanah kompresibel, dan
 - c. besarnya tambahan tekanan efektif.
2. laju konsolidasi, dipengaruhi oleh :
 - a. permeabilitas tanah,
 - b. tebal tanah kompresibel, dan
 - c. kondisi drainase di atas dan di bawah lapisan tanah kompresibel.

Untuk bisa mampat air yang ada di dalam pori tanah harus dikeluarkan. Kecepatan pemampatan dipengaruhi oleh proses keluar air dari dalam pori tanah dan sifat kompresibilitas tanah. Semua tanah yang mengalami tegangan akan mengalami regangan di dalam kerangka tanah tersebut. Regangan ini disebabkan oleh penggulingan, penggeseran, atau penggelinciran dan terkadang juga karena kehancuran partikel-partikel tanah pada titik-titik kontak, serta distorsi elastis. Akumulasi statistik dari deformasi dalam arah yang ditinjau ini merupakan regangan. Integrasi regangan (deformasi per satuan panjang) sepanjang kedalaman yang dipengaruhi oleh tegangan disebut penurunan. Metode penurunan seperti ini sebagian besar tidak dapat mengembalikan tanah pada keadaan semula apabila tegangan ditiadakan karena terjadi pengurangan angka pori yang permanen. Regangan pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus yang kering atau jenuh sebagian akan terjadi sesudah bekerjanya tegangan. Bekerjanya tegangan terhadap tanah yang berbutir halus yang jenuh akan menghasilkan tegangan yang bergantung pada waktu.

Untuk tanah lunak, air pori ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengeluarkan air keluar karena permeabilitas yang rendah (koefisien rembesan lempung sangat kecil dibanding dengan pasir). Pada umumnya, konsolidasi

berlangsung dalam satu arah saja yaitu arah vertikal. Secara umum, jenis penurunan yang terjadi akibat pembebanan dapat dibagi dalam 3 tahap yaitu:

1. penurunan seketika (*immediate settlement*), yaitu ketika proses pembebanan pada tanah dilakukan. Penurunan ini terjadi akibat deformasi tanah kering atau tanah basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air,
2. penurunan konsolidasi primer (*primary consolidation settlement*) yaitu penurunan yang ditandai dengan adanya tekanan yang besar pada tanah yang dapat menurunkan struktur tanah, dan juga penyusutan susunan dan pergerakan partikel tanah kedalam rongga tanah akibat tanah mampat dan memadat, dan
3. penurunan konsolidasi sekunder (*secondary consolidation settlement*), yaitu penurunan yang terjadi setelah semua tekanan air pori terdisipasi seluruhnya, merupakan proses pemampatan yang disebabkan penyesuaian butir-butir tanah yang bersifat plastis.

Penambahan beban vertikal di atas permukaan tanah akan menyebabkan penurunan (*settlement*). Besarnya penurunan yang terjadi pada lapisan tanah yang diakibatkan adanya beban merupakan penjumlahan dari tiga komponen penurunan dalam Persamaan 3.14 berikut ini.

$$S = S_i + S_c + S_s \quad (3.14)$$

dimana: S = Penurunan total

S_i = Penurunan segera

S_c = Penurunan akibat konsolidasi primer

S_s = Penurunan akibat konsolidasi sekunder

3.6 Plaxis

3.6.1 Teori Plaxis

Program Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa goteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga

yang rumit dapat dilakukan dengan cepat (Brinkgreve 2007), adapun model-model material dalam melakukan tahapan simulasi terhadap perilaku dari tanah, diantaranya sebagai berikut :

1. Model Linier Elastic,
2. Model Mohr Coulomb,
3. Model Jointed Rock,
4. Model Hardening soil
5. Model Soft Soil, dan
6. Model Soft Soil Creep.

Dari beberapa model tersebut dalam penyelesaian tugas akhir ini saya, model yang saya gunakan adalah Model Model Mohr Coulomb. Model Mohr Coulomb adalah model elastis-plastis yang terdiri dari lima buah parameter, yaitu E dan ν untuk memodelkan elastisitas tanah dan c untuk memodelkan plastisitas tanah dan Ψ sebagai sudut dilatasi. Model Mohr – Coulomb merupakan suatu pendekatan “ordo pertama” dari perilaku tanah atau batuan. Model ini disarankan untuk digunakan dalam analisis awal dari masalah yang dihadapi. Setiap lapisan dimodelkan dengan sebuah nilai kekakuan rata-rata yang konstan. Karena kekakuan yang konstan, maka perhitungan cenderung cepat dan dapat diperoleh perkiraan awal dari bentuk deformasi dari model. Disamping kelima parameter dari model tersebut, kondisi tegangan awal dari tanah memegang peranan yang penting dalam hampir seluruh masalah deformasi tanah. Tegangan horizontal awal tanah harus ditentukan terlebih dahulu dengan menentukan nilai K_0 yang tepat (Brinkgreve, 2007).

Berdasarkan Brinkgreve (2007) untuk setiap proyek baru yang akan dianalisis, penting untuk terlebih dahulu membuat model geometri. Sebuah model geometri adalah representasi 2D (dua dimensi) dari model tiga dimensi sesungguhnya, dan terdiri komponen titik, komponen garis serta komponen klaster. Sebuah model geometri yang lengkap akan meliputi massa tanah yang dapat dibagi menjadi lapisan-lapisan tanah yang berbeda, elemen-elemen structural, tahapan-tahapan konstruksi serta pembebanan. Ukuran model harus dibuat cukup besar sedemikian rupa sehingga

batas-batas model tidak mempengaruhi hasil dari permasalahan yang dianalisis. Tiga buah komponen utama dalam model geometri dijelaskan dengan lebih detail berikut.

1. Titik
Titik-titik akan menjadi awal dan akhir dari garis. Titik-titik juga dapat digunakan untuk menempatkan jangkar, beban terpusat, jenis perletakan dan untuk penghalusan jaringan elemen secara local atau setempat.
2. Garis
Garis-garis berfungsi untuk mendefinisikan batas fisik dari suatu geometri, perbatasan model dan diskontinuitas yang mungkin terdapat dalam model seperti dinding atau pelat, batas dari lapisan tanah yang berbeda atau batas dari tahapan-tahapan konstruksi.
3. Klaster
Klaster merupakan suatu bidang yang dibatasi oleh beberapa garis dan membentuk suatu polygon tertutup. Plaxis secara otomatis akan mengenali klaster berdasarkan posisi dari garis-garis geometri yang dibuat.

3.6.2 Tahapan Analisis Program Plaxis

Pada tahap analisis menggunakan program Plaxis terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan, diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. *Input data*
Dalam tahapan input data ini dilakukan pemodelan berupa data geometri dinding penahan tanah dan lereng yang akan dianalisis, material tanah, pembebanan, meshing, dan *initial condition*. Sehingga model yang dihasilkan dapat menggambarkan kondisi nyata yang ada di lapangan.
2. *Calculation*
Setelah dilakukan pemodelan pada tahap input, tahap selanjutnya adalah tahap *calculation*. Pada tahap calculation ini, analisis dilakukan sesuai dengan kebutuhan terhadap model yang telah didefinisikan dalam input data. Terdapat beberapa *type calculation* yang disediakan, yaitu *type plastic, consolidation, phi/c reduction, dan dynamic analysis*.
3. *Output*
Hasil dari analisis pada tahap *calculation* sebelumnya dapat dilihat pada tahap *output* ini. Hasil analisis pada tahap *output* dapat ditampilkan dalam bentuk angka,

gambar, dan kurva. *Output* yang dikeluarkan dan akan ditinjau dalam penelitian kali ini berupa *total displacement*, potensi kelongsoran, *safety factor*, dan *total stresses*.

4. *Curve*

Selain dari *output* hasil dari analisis juga dapat berupa *curve*. *Curve* menggambarkan hasil dari semua tahapan perhitungan, dan menampilkan 2 parameter untuk melihat perbandingan dari masing2 tahap perhitungan. *Curve* yang akan diambil sebagai perbandingan dalam penelitian ini adalah *curve* dari *safety factor* dan *curve vertical displacement*.