

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah yang dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Jenis tanah lunak dibedakan yaitu tanah lunak anorganik (lempung dimana kadar organiknya kurang dari 25 %) dan tanah lunak organik (gambut).

Tanah lempung lunak merupakan jenis tanah yang mengandung mineral- mineral lempung dan air yang tinggi sehingga menyebabkan kuat gesernya rendah. Tanah lempung yang kandungan mineral *Mountmoroloiit* tinggi memperlihatkan kapasitas menyerap air yang tinggi, sifat kembang susut tinggi, konsolidasi tinggi, permeabilitas rendah dan kekuatan tanah yang rendah.

Berbeda dengan tanah gambut yang pembentuk utamanya dari sisa bahan organik, ada dua bentuk untuk menyatakan tanah gambut yaitu tanah organik dengan kandungan kadar bahan organik berkisar antara 25–75 %. Selain sifat tersebut di atas, tanah gambut mempunyai sifat kompresibilitas, dan permeabilitas yang tinggi. Tanah lempung termasuk jenis tanah yang kohesif, umumnya memiliki partikel halus dalam jumlah besar.

Para ahli memiliki definisi yang berbeda tentang tanah lempung, antara lain Hardiyatmo (1992) menjelaskan bahwa tanah lempung tersusun atas mineral- mineral hasil pelapukan tanah secara kimiawi yang berukuran diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, sedangkan Holtz dan Kovacs (1981) menyatakan bahwa lempung adalah tanah yang mengandung mineral-mineral lempung dan memiliki plastisitas serta kohesifitas. Dalam standart AASHTO dan ASTM, penentuan klasifikasi tanah lempung ditentukan dari ukuran butir, indek plastisitas dan batas cair. Standar

AASHTO mensyaratkan lebih dari 35 % lolos saringan nomor 200 dengan indeks plastisitas minimum 11 %, sedangkan standar *ASTM* mensyaratkan lebih dari 50 % lolos saringan nomor 200. Holtz dan Kovacs (1981) memberikan garis besar identifikasi tanah lempung yaitu berbutir halus dan tidak dapat dilihat butiran tunggalnya, bersifat kohesi dan plastis. Perilaku teknis sangat dipengaruhi oleh kadar air, perilaku teknis tidak terlalu dipengaruhi oleh distribusi ukuran butir. Tingkat kohesifitas tanah lempung sangat menentukan besaran kuat geser tanah, Tingkat plastisitasnya sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah. Kedudukan fisis tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi (Hardiyatmo, 1992). Tingkat konsistensi tanah lempung menurut Bowles (1985) disampaikan sebagai berikut ini,

1. *Liquid Limit* (batas cair / LL)

Adalah suatu nilai kadar air yang apabila tanah diatas nilai kadar air ini maka tanah akan berperilaku sebagai *viscous fluit* (campuran antara tanah dan air dengan kuat gesernya tidak terukur).

2. *Plastic Limit* (batas plastis / PL)

Adalah suatu nilai kadar air, apabila tanah dibawah nilai kadar air ini maka tanah tidak berperilaku sebagai material plastis. Tingkat keplastisan tanah antara batas cair dan batas plastis disebut Indeks Plastis.

3. *Shrinkage Limit* (batas susut / SL)

Adalah suatu nilai kadar air, apabila tanah dibawah nilai kadar air ini, maka tanah tidak mengalami perubahan volume saat dikeringkan lebih lanjut.

Bowles (1984) memberikan identifikasi lapangan yang sederhana untuk membedakan antara lempung, pasir, dan lanau yaitu :

1. Pasir dan lanau akan cepat mengering dan mudah dibersihkan dari telapak tangan, lempung cenderung mengakibatkan perubahan warna (*discoloration*) setelah mengering. Untuk membersihkannya butuh pembilasan dengan air.

2. Lempung juga cenderung menjadi halus (*smooth*) saat disentuh, juga dapat meninggalkan *smooth streak* saat *spatula blade* melewati massa tanah yang basah.

3.2 Tanah Timbunan Yang Diperkuat

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.

Fungsi perkuatan pada konstruksi timbunan adalah sebagai berikut ini,

1. meningkatkan faktor keamanan rencana,
2. menambah tinggi timbunan,
3. mencegah pergeseran timbunan selama pelaksanaan, dan
4. memperbaiki kinerja timbunan karena penurunan pasca konstruksi yang seragam.

3.3 Geosintetik

Pada dasarnya, geosintetik terbagi menjadi dua yaitu tekstil dan jaring (*web*). Berdasarkan bahannya, kedua jenis geosintetik dibagi menurut bahan sintetik dan alami. Sebagian besar geosintetik terbuat dari polimer sintetik seperti polipropilena (PP), poliester (PET) atau polietilena (PE). Material polimer tersebut sangat tahan terhadap degradasi biologis dan kimiawi.

Berdasarkan sifat permeabilitas, geosintetik terbagi menjadi kedap air dan lolos air. Geotekstil adalah jenis geosintetik yang lolos air yang berasal dari bahan tekstil. Geomembran merupakan jenis geosintetik kedap air yang biasa digunakan sebagai penghalang zat cair.

Pada umumnya geosintetik dapat diidentifikasi berdasarkan berikut ini,

1. tipe polimer (definisi deskriptif, misalnya polimer berkepadatan tinggi, polimer berkepadatan rendah),
2. tipe elemen (misalnya filamen, tenunan, untaian, rangka, rangka yang dilapis),
3. proses pembuatan (misalnya teranyam, tak teranyam dan dilubangi dengan jarum, tak teranyam dan diikat dengan panas, diperlebar atau ditarik, dijahit, diperkeras, diperhalus),
4. tipe geosintetik primer (misalnya geotekstil, geogrid, geomembran), dan
5. massa per satuan luas (untuk geotekstil, geogrid, geosynthetic clay liner, dan geosintetik penahan erosi) dan atau ketebalan (untuk geomembran).

3.4 Geosintetik Untuk Perkuatan Timbunan

Geosintetik untuk perkuatan timbunan dapat berupa geotekstil *woven*, *non woven* dan dalam bentuk geogrid. Fungsi geotekstil ini tidak sebagai tulangan, tetapi sebagai *separator* (pemisah) antara tanah lunak dengan timbunan. Bila timbunan terletak pada tanah lunak, terjadi *deformasi* yang berlebihan yang menyebabkan timbunan menjadi melengkung kebawah. Melengkungnya timbunan ini merusak struktur di atasnya, prinsipnya timbunan berperilaku sama seperti balok yang dibebani, dimana jika timbunan melengkung terlalu tajam akan timbul keretakan-keretakan lapis perkerasan/aspal, dan jika penurunan tidak merata maka jalan akan bergelombang.

Analisa mekanika tanah dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi tanah timbunan. Dari analisa akan dihasilkan kekuatan geotekstil yang dibutuhkan agar timbunan tidak terdeformasi secara berlebihan. Geosintetik yang berada dibawah timbunan jalan dapat mengurangi tegangan yang terjadi pada lapisan tanah bagian bawah ketika lapisan ini mengalami tarikan akibat beban yang bekerja. Digunakannya

geotekstil struktur timbunan dapat lebih terjaga, sehingga beban timbunan disebarkan merata secara luas, dengan demikian maka geotekstil dapat mengurangi besarnya tekanan ke tanah dibagian bawahnya.

Beban maksimum yang ditumpu perkuatan geogrid pada umumnya dalam satu arah yaitu sepanjang lebar timbunan. Oleh sebab itu dalam arah lebar harus mempunyai kuat tarik maksimum. Dalam arah memanjang kebutuhan beban tarik hampir minimal, ini cukup menahan beban yang disebabkan perbedaan tinggi timbunan selama konstruksi.

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 diatas tanah. Muatan tersebut dapat berupa tanah atau konstruksi bangunan yang berdiri diatas tanah. Bila lapisan tanah mengalami beban diatasnya, maka air pori akan mengalir keluar dari lapisan tersebut dan volumenya akan berkurang atau dengan kata lain akan mengalami konsolidasi (Wesley, 1997). 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:

1. Besarnya penurunan yang akan terjadi, yang ditentukan:
 - a. Kompresibilitas tanah
 - b. Tebal tanah kompresibel
 - c. Besarnya tambahan tekanan efektif
2. Laju konsolidasi, dipengaruhi oleh:
 - a. Permeabilitas tanah
 - b. Tebal tanah kompresibel

- c. Kondisi drainase diatas dan dibawah lapisan tanah kompresibel

3.6 Geotekstil

Geotekstil adalah material yang saat ini populer dalam proyek konstruksi di Indonesia terutama dalam pembangunan jalan di atas tanah lunak seperti di pulau Sumatera dan Kalimantan yang banyak terdapat tanah gambut. Selain itu geosintetik juga diaplikasikan sebagai filter pada konstruksi penahan gelombang baik di tepian pantai maupun lepas pantai. Istilah geosintetik mengacu pada material sintetik yang digunakan dalam permasalahan geoteknik. Material sintetik merupakan hasil polimerisasi dari industri-industri kimia atau minyak bumi.

Penggunaan bahan sintetik ini berkaitan dengan sifat ketahanan (durability) material sintetik terhadap senyawa-senyawa kimia, pelapukan, keausan, sinar ultra violet dan mikroorganisme. Polimer utama yang digunakan untuk pembuatan geosintetik adalah Polyester (PET), Polyamide (PM), Polypropylene (PP), dan Polyethylene (PE).

3.6.1 Jenis-Jenis Geotekstil

Geotekstil meliputi woven (tenun) dan non woven (tanpa tenun). Tenun dihasilkan dari 'interlaying' antara benang-benang melalui proses tenun, sedangkan non woven dihasilkan dari beberapa proses seperti : heat bonded (dengan panas), needle punched (dengan jarum), dan chemical bonded (menggunakan bahan kimia). Baik woven maupun non woven dihasilkan dari benang dan serat polimer terutama : polypropylene, poliester, polyethylene dan polyamide.

1. Geotextile woven Geotextile woven merupakan salah satu turunan produk geosynthetic yang berbentuk anyaman, biasanya dua arah atas dan bawah. Geotextile woven diproduksi dengan mengadopsi teknik seperti tenun tekstil pakaian biasa. Geotextile woven terbuat dari silt film tape polypropylene yang penggunaannya kini tengah beredar luas di Indonesia. Geotextile Woven memberikan kuat tarik maksimal pada berat tahan minimal. Hal ini memberikan

keuntungan ekonomi yang besar untuk mendapatkan tingkat keamanan struktur yang diharapkan. Geotextile Woven 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 Geotextile Woven yang sangat unik memberikan koefisien geser (pull out resistance) besar ketika dipasang pada tanah kohesif sekalipun. Hal ini akan berpengaruh terhadap panjang penjangkaran yang diperlukan untuk aplikasi perkuatan. Semakin kasar permukaan, maka panjang penjangkaran semakin pendek demikian juga sebaliknya. Maka ini akan memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan. Geotextile woven 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. Geotextile woven bersifat permeabel dan memiliki Tensile Strength (TS) atau kuat tarik yang tinggi. Geotextile woven mempunyai tensile strength lebih tinggi jika dibandingkan dengan geotekstil jenis non woven. Fungsi dari material ini sendiri yaitu diaplikasikan sebagai material stabilisasi (stabilisator) untuk tanah dasar, khususnya pada tanah lunak. Selain itu dapat juga diaplikasikan pada jalur rel kereta api, pada lahan yang akan ditimbun atau reklamasi, pada pembuatan atau konstruksi jalan, dan lain sebagainya untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Geotekstil Woven

2. Geotextile Non Woven Geotextile Non Woven adalah salah satu jenis geotekstil yang terbuat dari bahan polypropylene dan polyester. Bentuk dari geotextile non woven tidak teranyam seperti karpet kain. Geotextile non woven dirancang untuk memberikan kinerja yang optimal persatuan berat. Ketahanan mekanik dan hidrolik yang sangat baik menjadikan Geotextile Non Woven 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. Geotextile Non Woven sebagai produk unggulan geotekstil tipe non woven, telah didesain dan diproduksi melalui pengalaman panjang. Dukungan pengetahuan teknologi produksi dan pengetahuan bidang geoteknik yang sangat memadai telah menghasilkan produk geotekstil yang unggul. Produk yang dikeluarkan telah sesuai dengan peruntukkan/aplikasi lapangan di bidang mekanika tanah dalam standar uji ASTM D / ISO. Selain itu, Geotextile Non Woven memiliki bukaan pori yang relatif kecil namun memiliki permeabilitas yang tinggi. Hal ini berfungsi sebagai penahan butiran tanah yang baik, namun tetap memungkinkan aliran air tidak terganggu. Kriteria ini sangat penting saat diaplikasikan untuk drainase yang menuntut tidak terjadinya penyumbatan (clogging) pada media drainasenya karena akumulasi lolosnya butiran tanah

dalam jumlah besar. Demikian juga pada saat diaplikasikan pada konstruksi filter di bawah riprap. Geotextile Non Woven dengan baik menahan butiran tanah atau pasir, namun tetap memungkinkan aliran air sama sekali tidak terganggu, sehingga tidak akan terjadi peningkatan tekanan hidrostatik dan hidrodinamis air yang mengganggu stabilitas timbunan. Geotextile non woven memiliki beberapa fungsi sebagai berikut:

- a. sebagai lapisan proteksi geomembran,
- b. sebagai pemisah dan lapisan perkuatan di bagian bawah jalan raya baru, area parkir, unit industri, dan lain-lain,
- c. sebagai separator untuk mencegah pencampuran atau intermixing antara lapisan tanah yang berbeda, dan
- d. sebagai filter pada saluran drainase.

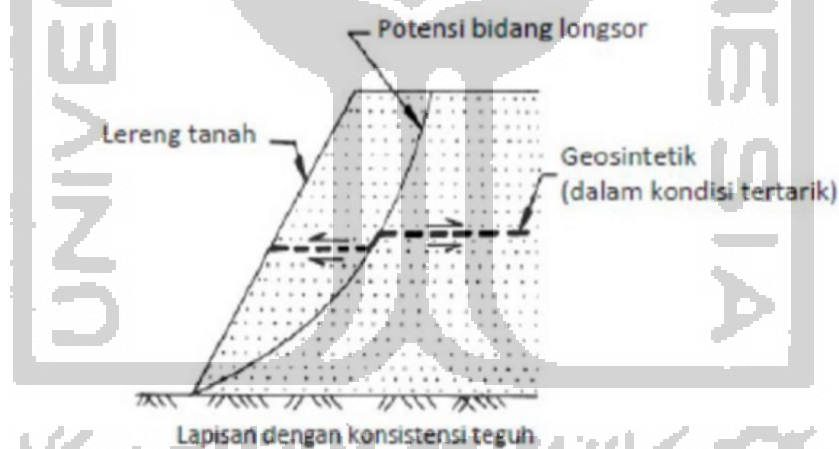
Adapun untuk gambar geotekstil non woven lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Geotekstil Non Woven

3.6.2 Mekanisme Kerja Geotekstil pada Tanah

Salah satu kegunaan geotekstil dalam rekayasa teknik sipil adalah sebagai fungsi stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat mekanis massa tanah, meningkatkan faktor keamanan lereng dan menstabilkan lereng dengan kemiringan curam ($< 70^\circ$). Lereng tanah yang diperkuat umumnya terdiri dari timbunan padat yang digabungkan dengan perkuatan geotekstil yang disusun ke arah horisontal. Ketika tanah dan geotekstil digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geotekstil berlaku sebagai bagian tahanan tarik gesekan (adhesi), saling mengikat (interlocking) atau pengurungan (confinement) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah seperti yang digambarkan pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng dengan Tanah
(Sumber: DPU, 2009)

3.7 Perkuatan Tanah Dengan *Sheet Pile*

Sheet pile atau turap merupakan dinding vertikal yang reatif tipis yang berfungsi untuk menahan tanah yang dipasang saling mengunci dan dipancang ke dalam tanah sehingga membentuk dinding vertikal menerus. Turap dibedakan menurut bahan yang digunakan. Bahan turap tersebut bermacam-macam, seperti kayu, beton bertulang, dan baja.

3.7.1 Tipe – Tipe Dinding *Sheet Pile*

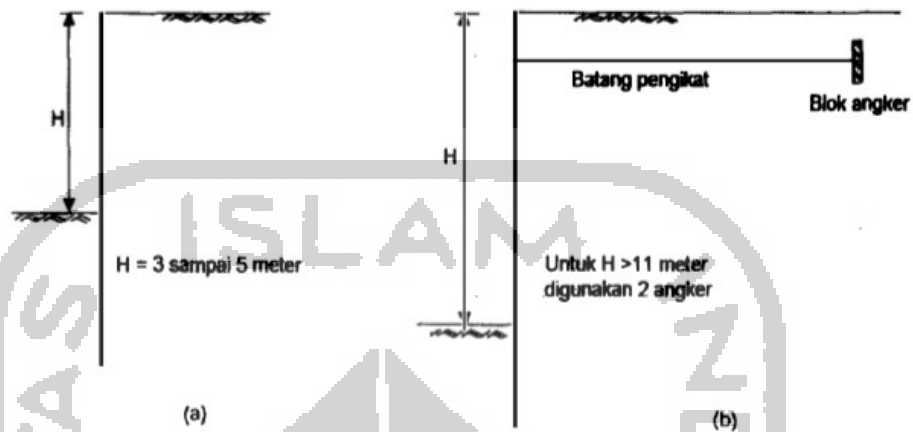
Tipe – tipe dinding *sheet pile* dibagi menjadi menjadi 4 tipe seperti berikut ini.

1. Dinding *sheet pile* kantilever

Dinding *sheet pile* tipe kantilever merupakan tipe yang mengandalkan tahanan tanah di depan dinding untuk menahan beban lateral. Tipe *sheet pile* ini cocok digunakan untuk menahan tanah dengan ketinggian sedang, karena defleksi yang terjadi relatif besar dan luas bahan yang dibutuhkan semakin besar seiring dengan ketinggian yang bertambah. Gambar *sheet pile* tipe kantilever dapat dilihat pada Gambar 3.4 a.

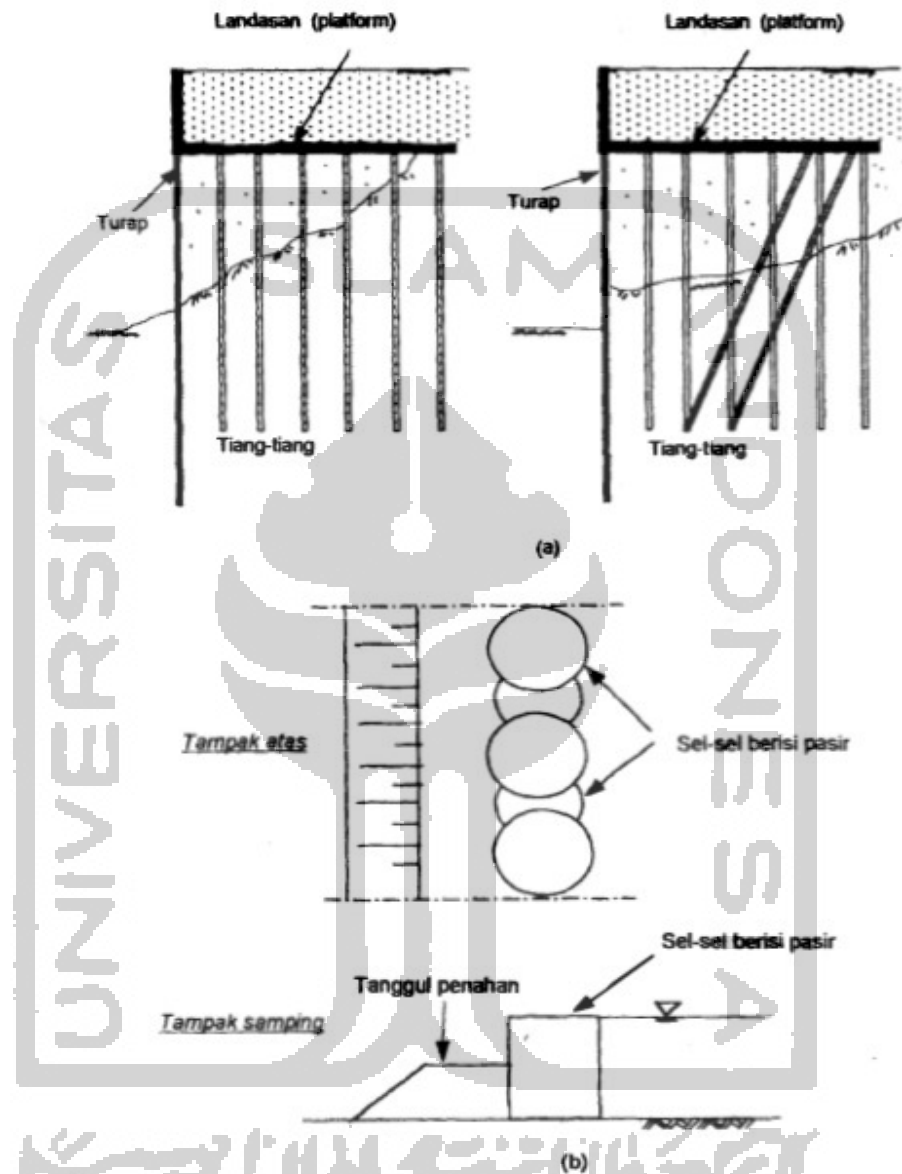
2. Dinding *sheet pile* berangkur

Dinding *sheet pile* berangkur merupakan tipe yang cocok digunakan untuk menahan tanah dengan ketinggian yang besar. Pada tipe ini mengandalkan tahanan tanah pada *sheet pile* yang dipancang ke dalam tanah serta dengan angkur yang dipasang pada bagian atas *sheet pile*. Kedalaman turap menembus tanah bergantung pada besarnya tekanan tanah. Untuk dinding turap yang tinggi, diperlukan turap baja dengan kekuatan tinggi. Gambar *sheet pile* berangkur dapat dilihat pada Gambar 3.4 b.



Gambar 3.4 (a) *Sheet Pile* Tipe Kantilever
 (b) *Sheet Pile* Berangkur
 (Sumber : Hardiyatmo, 2008)

3. Dinding *sheet pile* dengan landasan atau *platform* yang didukung tiang – tiang. Dinding *sheet pile* tipe ini dibantu dengan tiang – tiang dalam menahan tekanan tanah lateral yang dimana terdapat landasan pada atas tiang – tiang yang berguna untuk meletakkan bangunan tertentu. Tiang – tiang tersebut membantu mengurangi tekanan lateral yang terjadi pada *sheet pile*. Gambar *sheet pile* tipe ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 a.
4. Bendungan elak seluler
 Pada tipe bendungan elak seluler *sheet pile* berbentuk sel – sel yang diisi dengan pasir. Tipe ini mengandalkan beratnya dalam menahan tekanan tanah yang terjadi. Gambar *sheet pile* tipe ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 b.

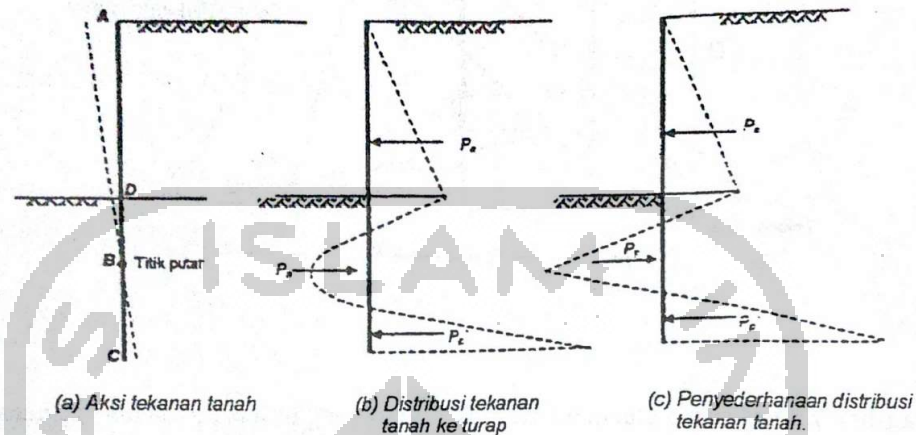


Gambar 3.5 (a) Sheet Pile Dengan Landasan
(b) Bendungan Elak Seluler

(Sumber : Hardiyatmo, 2008)

3.7.2 Prinsip Umum Perancangan Turap

Tekanan tanah yang bekerja pada turap dengan kondisi kaku sempurna dapat digambarkan pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Tekanan Tanah Pada Turap

Sumber : Hardiyatmo (2008)

Akibat dari tekanan tanah aktif di belakang turap, turap berotasi pada titik B. Tekanan tanah pada bawah turap yang tertanam berupa tanah pasif yang berada di belakang BC dan di depan BD. Sedangkan yang berada di depan BC dan di belakang BD merupakan tekanan tanah aktif. Pada titik rotasi B, tekanan tanah lateral akan sama dengan nol. Hal tersebut terjadi karena pada titik tersebut mendapatkan tekanan tanah yang sama dari depan dan dari belakang. Distribusi tekanan tanah lateral untuk tanah kohesif berbeda. Oleh karena itu perancangan dibedakan berdasarkan pada jenis tanahnya.

3.7.3 Perencanaan *Sheet Pile* Kantilever

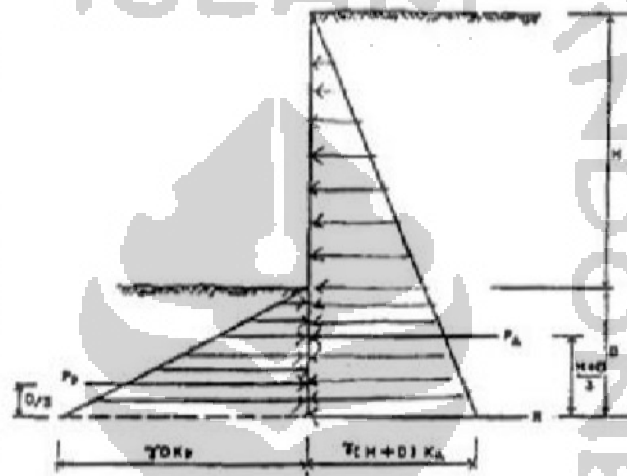
Dalam perencanaan kedalaman pemancangan *sheet pile*, dapat digunakan beberapa metode antara lain,

1. Metode Konvensional

Pada metode ini, tanah di atas maupun di bawah galian dianggap sama. *Sheet pile* mengalami defleksi dengan bentuk yang tidak diketahui dan dianggap berputar pada suatu titik putar dibawah garis galian, maka dari itu ada zona aktif dan pasif. Jika tanah keseluruhan bergerak ke kiri maka tanah dikanan dianggap aktif dan sebaliknya.

2. Metode Simplified

Pada metode ini, semua tekanan tanah baik aktif maupun pasif diperhitungkan secara utuh sampai kedasar *sheet pile*. Untuk lebih detailnya tekanan tanah lateral menggunakan metode simplified dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut,



Gambar 3.7 Tekanan Tanah Lateral Metode Simplified
(sumber : Redana, 2010)

3.8 Stabilitas Lereng

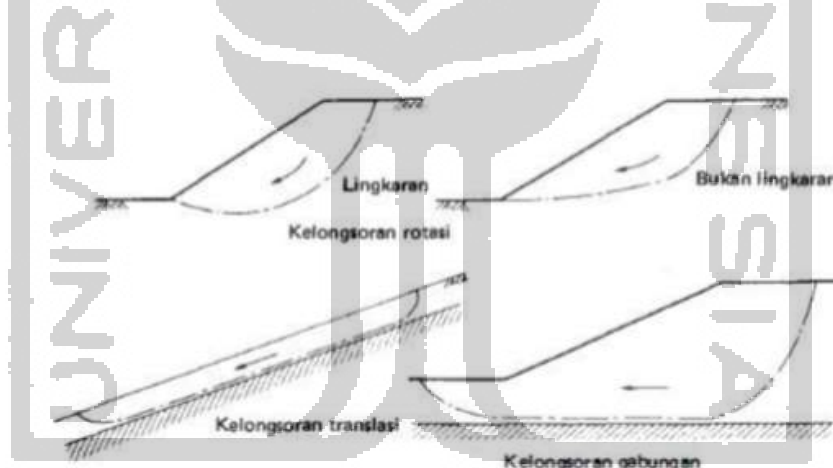
3.8.1 Umum

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, pergerakan gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika pergerakan gravitasi melampaui perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Sebab terjadinya kelongsoran lereng adalah karena tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah longsor ke bawah, pada bidang longsornya. Namun, kelongsoran lereng dapat juga terjadi dari hal-hal berikut ini,

1. penambahan beban pada lereng,
2. penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng,

3. penggalian yang mempertajam kemiringan lereng,
4. perubahan posisi muka air secara cepat,
5. kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah), dan
6. gempa bumi.

Pada dasarnya, bentuk-bentuk atau pola keruntuhan lereng didasarkan pada jenis tanah yang terdapat pada lereng tersebut. Pengamatan longsor lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan kelongsoran lereng terjadi dengan bentuk bidang longsor berupa lengkung atau rotasi. Keruntuhan pada tanah kohesif sering terjadi karena bertambahnya kadar air. Namun, terdapat juga bentuk atau pola keruntuhan translasi. Keruntuhan pada jenis ini biasanya terjadi pada tanah dasar keras. Jenis pola keruntuhan dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pola Keruntuhan

(sumber : Craig, 1989)

Pada suatu lereng, kemungkinan untuk terjadi longsor itu ada. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pemeriksaan terhadap lereng tersebut, apakah longsor atau tidak. Analisis stabilitas lereng merupakan upaya yang dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, ataupun lereng timbunan tanah. Dalam melakukan analisis tersebut tidaklah mudah, karena banyak faktor yang bisa mempengaruhi hasil

hitungan, seperti pada jenis tanah tertentu nilai kuat geser dapat berubah-ubah tergantung iklim, terdapat aliran rembesan air dalam tanah dan lain sebagainya.

Berdasarkan Hardiyatmo (2014) faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, yang dinyatakan dengan Persamaan 3.13 berikut ini.

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

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)

F = Faktor aman

Menurut teori Mohr-Coulomb dalam Hardiyatmo (2014), tahanan terhadap tegangan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidanga longornya, dinyatakan dalam persamaan.

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

Keterangan,

τ = Tegangan geser (kN/m²)

c = Kohesi (kN/m²)

φ = Sudut gesek dalam tanah (°)

σ = Tegangan normal (kN/m²)

Hubungan beberapa varisai nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsor lereng maupun pada perancangan lereng menurut Bowles (1989) dapat dilihat pada Tabel 3.12 Berikut ini,

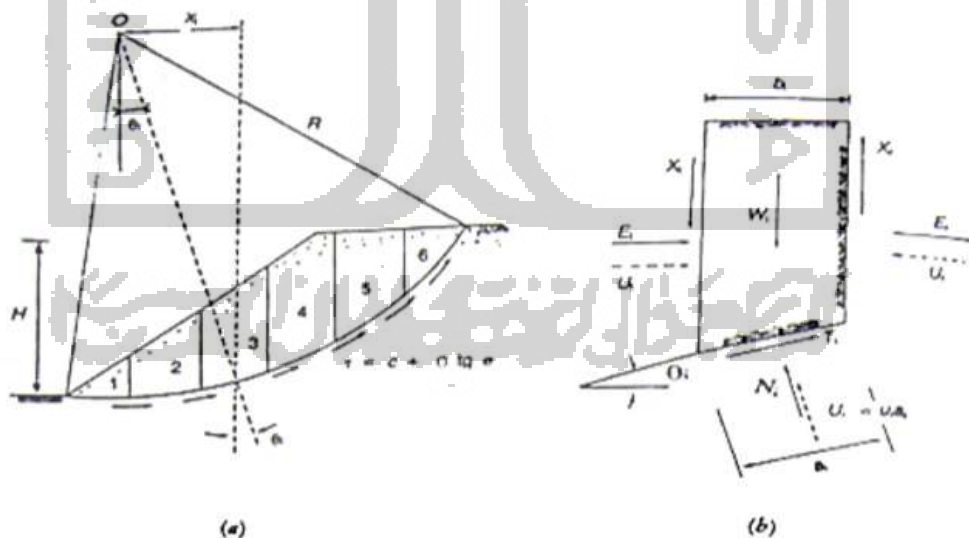
Tabel 3.1 Hubungan Nilai Safety Factor dan Kemungkinan Kelongsoran Lereng

No	Nilai <i>Safety Factor</i>	Kemungkinan Longsor
1	$< 1,07$	Kelongsoran bisa terjadi
2	$1,07 < SF < 1,25$	Kelongsoran pernah terjadi
3	$> 1,25$	Kelongsoran jarang terjadi

(sumber : Bowles, 1989) .

3.8.2 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius

Menurut Whitman dan Baily (1967) dalam buku Mekanika Tanah II (Hardiyatmo,) mengatakan bahwa metode Fellinius dalam menganalisis akan menghasilkan nilai faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat dari lingkaran. Dalam perhitungannya, massa tanah yang longsor dipecah – pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Gaya yang bekerja pada irisan dapat dilihat pada Gambar 3.9.

**Gambar 3.9 Gaya Yang Bekerja Pada Irisan**

(sumber : Hardiyatmo, 2014)

Dalam perhitungan analisis stabilitas lereng menggunakan metode fellinius menganggap bahwa gaya – gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Faktor aman pada metode ini dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$F = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

$$= \frac{c a_i + (W_i \cos \theta - u_i a_i) \tan \phi}{W_i \sin \theta_i} \quad (3.3)$$

Keterangan,

F	= Faktor aman	
C	= Kohesi tanah	(kN/m ²)
φ	= Sudut gesek dalam tanah	(°)
a _i	= Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i	(m)
W _i	= Berat irisan tanah ke-i	(kN)
U _i	= Tekanan air pori pada irisan ke-i	(kN/m ²)
θ _i	= Sudut pada irisan ke i	(°)

3.9 Plaxis

3.9.1 Pendahuluan

Plaxis adalah program analisis geoteknik yang dipilih karena dapat menganalisa stabilitas tanah dengan menggunakan metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis yang dapat mendekati perilaku sebenarnya. Plaxis menyediakan berbagai analisis tentang displacement, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, faktor keamanan lereng dan lain-lain.

Kondisi di lapangan yang disimulasikan dengan program Plaxis ini bertujuan untuk diaplikasikan dari pengerjaan program ke tahapan pelaksanaan di lapangan. Sehingga hasil dari program tersebut lebih memudahkan pada proses olah data yang

diharapkan dapat menghemat waktu namun hasilnya sesuai dengan perhitungan manual.

3.9.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Program Plaxis 8.2

Dari data-data yang ada kemudian diolah dengan memasukkan data-data dari lereng untuk dilakukan pengolahan data oleh program, maka akan diketahui perlu tidaknya lereng diberi perkuatan. Dengan program ini juga dapat dilakukan pengontrolan angka faktor keamanan (SF) terhadap lereng dengan perkuatan menggunakan geotekstil. Dalam pengoperasian program Plaxis 8.2 diperlukan langkah sebagai berikut ini,

1. buka program Plaxis 8.2 kemudian masukkan data dimensi dan title program yang akan dibuat,
2. gambar penampang lereng yang akan dianalisis, kemudian klik Standart Fixities,
3. buat jenis properties material yang akan dipakai pada lereng, dan isi data data lereng seperti γ_d , γ_b , ϕ , dan lain sebagainya. Lalu kemudian aplikasikan material yang telah dibuat ke setiap lapisan tanah,
4. kemudian ubah mesh generating setup sesuai dengan mesh dan lalu generate,
5. buat lapisan muka air tanah pada penampang dengan menggunakan initial conditions,
6. kemudian lakukan calculating dan isi setiap phase yang akan dilakukan analisis,
7. kemudian buat curve displacement, dan baru dapat dilakukan calculate, dan
8. setelah proses calculate selesai maka didapatkan output sebagai berikut.

Dari tahapan-tahapan yang telah dilakukan oleh program Plaxis 8.2 didapatkan berupa curve displacement dan juga nilai SF. Output tersebut dapat dilihat apakah lereng aman mengalami kelongsoran atau sudah aman sehingga tidak diperlukan perkuatan tambahan. Apabila lereng belum aman terhadap longsor, maka akan dilakukan analisis kembali menggunakan perkuatan geotekstil dan akan didapatkan Safety Factor yang baru setelah diberi perkuatan.

3.9.3 Model Material

Salah satu hal yang sangat penting dalam permodelan menggunakan elemen hingga adalah menentukan model material. Model material adalah sekumpulan persamaan matematika yang menjelaskan hubungan antara tegangan-regangan. Suatu material harus dimodelkan secara mekanis menggunakan persamaan konstitutif. Penentuan model suatu material dibuat sesuai dengan kondisi material yang ditinjau serta derajat keakuratan yang diinginkan .

Perilaku tanah dan batuan dibawah beban umumnya bersifat non-linier. Perilaku ini dapat dimodelkan dengan berbagai persamaan, diantaranya *Linear elastic model*, *Mohr Coulomb model*, *Hardening Soil model*, *Soft Soil model*, dan *Soft Soil Creep model*. Pada analisis ini digunakan model *Mohr-Coulomb* yang memerlukan 5 buah parameter yaitu :

E : Modulus Young [kN/m^2]

ν : Angka Poisson [-]

ϕ : Sudut geser [$^\circ$]

c : Kohesi [kN/m^2]

ψ : Sudut dilatasi [$^\circ$]