

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Konsep Perkuatan**

Tanah yang dikenai gaya luar maka bagian dalam tanah akan mengalami deformasi gaya geser (*shear deformation*). Deformasi ini terjadi sebelum ketidakstabilan disepanjang bidang geser timbul. Deformasi gaya geser akan menyebabkan meningkatnya kemampatan dan regangan tarik. Adanya gesekan partikel, bentuk partikel dan tegangan pemampatan menimbulkan tahanan geser yang akan menstabilkan tanah. Tahanan geser ini harus mampu menahan gaya yang menyebabkan longsor, apabila terjadi peningkatan tegangan pada bidang gelincir. Untuk mengimbangi deformasi pada bidang geser, perkuatan ditempatkan pada arah bidang tarik yang akan menghasilkan gaya tarik pada perkuatan.

#### **3.2 Jenis-jenis Perkuatan**

Pada umumnya ada dua jenis perkuatan :

1. Perkuatan dengan menggunakan material rigid, seperti jangkar, paku tanah (*soil nailing*) dan tiang cerucuk Dimana material yang rigid ini mempunyai kemampuan tarik, tekan, geser, lentur bahkan puntir.

2. Perkuatan dengan menggunakan material yang fleksibel seperti metal strip dan bahan geotekstil. Material ini mempunyai kemampuan tarik dan geser, tidak mempunyai kemampuan lentur maupun tekan..

Jenis-jenis material fleksibel :

1. Material strip; misalnya: *aluminium alloy, copper, galvanized steel, stainless steel, glass-fibre-reinforced plastic*, dan lain-lain.
2. Geosintetis, misalnya: *polypropylene, polyester, nylon, polyetyene*.

Menurut konfigurasi dan fungsinya geosintetis dapat dibedakan atas :

1. Geotekstil, berfungsi sebagai:
  - a. Separator
  - b. Perkuatan
  - c. Filter
  - d. Drainasi
  - e. Proteksi
  - f. *Sealing*
2. *Geogrids*, berfungsi sebagai:
  - a. Perkuatan
  - b. Separator
3. *Geomembran*, berfungsi sebagai :
  - a. *Lining*
  - b. *Liquid barrier*
  - c. *Vapor barrier*

#### 4. Geocomposite

Merupakan kombinasi dari *geotextile* dan *geogrid* atau *geogrid* dan *geomembran*. Bahan ini mempunyai fungsi yang sama dengan geotekstil.

### 3.3 Tinjauan Umum Geotekstil

Geotekstil terdiri dari dua bagian , yaitu *natural fibres* dan *syntetic fibres*. *Natural fibres* merupakan bahan alami yang biasanya berupa jerami dahan dan ranting pepohonan yang dalam istilah asingnya *jute grids*, *paper strips* dan *wood shaving*. Geotekstil fibres terdiri dari dua macam yaitu *convensional geotextile* dan geotekstil *related products*.

*Convensional geotextile* ada tiga jenis yaitu *non-woven* , *knitted* dan *woven*. *Non woven* dibuat dari *mechanically bonded*, *chemically bonded* dan *thermally bonded*. Kemudian *woven* terbuat dari *mono filament*, *multi filament* dan *slit film*. Hasil dari produksi *mechanically bonded* adalah *needlepunched* sedangkan hasil dari produksi jenis *thermally bonded* ada tiga yaitu *calenderedsingle polymer*, *melled* dan *calendered-multy-polymer* .

Jenis yang kedua dari *synthetic fibres* adalah *geotextile related product*. Produk ini terdiri tiga macam yaitu *one dimensional* menghasilkan jenis geotekstil *strips-ties*.. Kemudian *two dimensional* dibagi dalam dua bagian: *open mesh* dan *close mesh*. *Open mesh* menghasilkan geotekstil *grid-mesh* sedangkan *close mesh* menghasilkan geotekstil *webs*. Macam yang ketiga adalah *three dimensional* yang menghasilkan geotekstil *mats*.

Tabel 3.1 Kuat Tarik dan Regangan Geotekstil

Sumber : Publikasi pabrik

Uraian	Arah panjang		Arah lentur		Tipe
	$\sigma_a$	$\varepsilon$	$\sigma_a$	$\varepsilon$	
	kg / m <sup>2</sup>	%	kg / m <sup>2</sup>	%	
1. <i>HATE</i> 305130	1.650	14,70	1.900	19,20	Anyam
305105	2.260	10,30	2.650	16,00	Anyam
305250 T	3.760	21,30	4.240	16,50	Anyam
2. <i>STABILEHKA</i>					
150 / 45	15.000	9	4.500	20	Anyam
400 / 100	40.000	10	10.000	10	Anyam
1000 / 100	100.000	10	10.000	10	Anyam
3. <i>BIDIM</i> U 14	700	7	)*	)*	Nir - anyam
U 34	1.460	70	)*	)*	Nir - anyam
U 64	3.300	70	)*	)*	Nir - anyam
4. <i>TYPAR</i> 3207	200	30	)*	)*	Nir - anyam
3407-2	660	33	)*	)*	Nir - anyam
3707-4	1.520	42	)*	)*	Nir - anyam

)\* Harga arah lebar sama dengan arah panjang

Tabel 3.2 Rentang Harga-harga dari Beberapa Karakteristik Teknik

*Geosynthetics* yang ada di pasaran

( Sumber : Ici Fibres,1986 )

<i>Geosynthetic</i>	<i>Tensile Strength</i> kN/m	<i>Maximum Extention</i> %	<i>Apparent opening size (AOS) mm</i>	<i>Volume Water Permeability</i> litres / m <sup>2</sup> / s*	<i>Unit weight</i> g / m <sup>2</sup>
<i>Geotextiles</i>					
<i>Wovens</i>	8 - 800	5 - 35	0.05 - 2.50	5 - 2000	100 - 1300
<i>Nonwoven</i>	3 - 90	20 - 80	0.01 - 0.35	20 - 300	70 - 2000
<i>Knitteds</i>	2 - 120	12 - 600	0.1 - 1.2	60 - 800	
<i>Stitch-Bonded</i>	15 - 800	15 - 30	0.04 - 0.4	30 - 80	250 - 1200
<i>Geomembrans</i>					
<i>Nonreinforced</i>	10 - 50	100 - 500	zero	zero	300 - 1500
<i>Reinforced</i>	20 - 200	10 - 30	zero	zero	600 - 2000
<i>Geo - Linear Elements</i>	50 - 500	3 - 15	zero	zero	Not Applicable
<i>Geogrids</i>	10 - 200	3 - 25	25 - 75	v. high	150 - 900

\* ) Arah tegak lurus bidang *geosynthetics* dengan *constant head* sebesar 10 cm

kepada bahan bangunan, selalu ditinjau tegangan tarik dan desak serta adanya regangan sebagai akibat muatan/beban yang diperhitungkan. Demikian pula dengan pemenuhan masalah tersebut pabrik yang memproduksi geotekstil memberikan kemampuan dari geotekstil yang produksi berupa kuat tarik dan regangan. Berdasarkan perhitungan yang ada di dalam ilmu teknik sipil pemakaian geotekstil dapat ditentukan dari tabel tegangan dan regangan yang ada.

### 3.4 Perkuatan Tanah dengan Geotekstil

Secara umum pemanfaatan bahan tersebut dalam konstruksi dinding penahan tanah yang berarti memberikan perkuatan pada massa tanah, memperbesar stabilitas timbunan dibelakang dinding penahan tanah. Perkuatan ini juga mengurangi potensi gaya lateral yang menimbulkan perpindahan ke arah horisontal daripada dinding tersebut sebagai akibat adanya beban vertikal yang dipindahkan menjadi tekanan horizontal yang bekerja di belakang dinding penahan tanah atau biasa dikenal sebagai tekanan tanah aktif.

Sebenarnya konstruksi ini, merupakan salah satu alternatif dari suatu konstruksi yang didasarkan pada berat konstruksi (*gravity*) atau *cantilever wall*, yang banyak sekali manfaatnya pada konstruksi-konstruksi teknik sipil. Pemakaian geotekstil jelas akan mengurangi kebutuhan akan beton, baja, biaya konstruksi dinding penahan tanah dan mengurangi biaya angkutan kebutuhan elemen-elemen konstruksi. Selain itu juga penghematan waktu pelaksanaan, tidak menimbulkan masalah korosi dan yang jelas biaya total dapat ditekan. Tipe

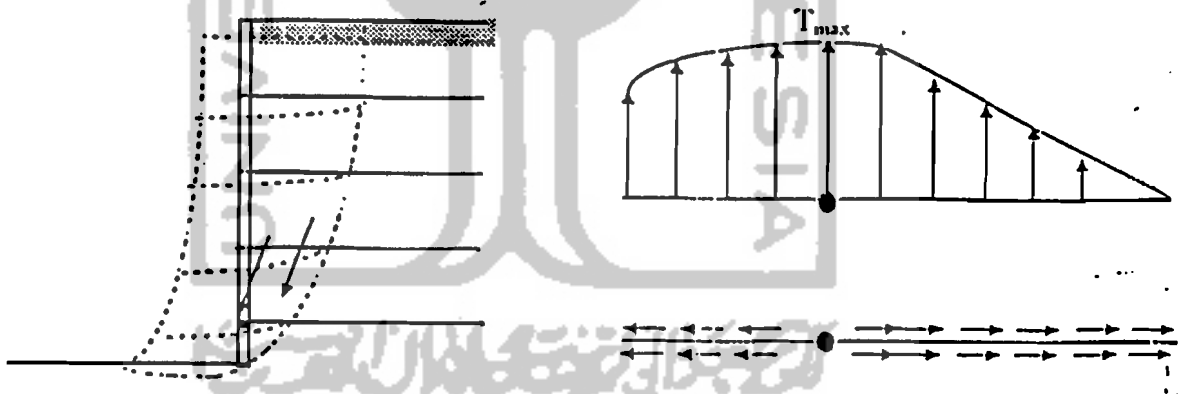
konstruksi perkuatan ini mengandalkan pada reaksi gesekan antara tanah dan geotekstil yang digunakan.

### 3.4.1 Perhitungan Perencanaan Perkuatan Tanah Untuk Timbunan

Dalam mendesain perkuatan tanah ada tiga metode pendekatan yang umum digunakan, yaitu :

1. Berdasarkan kondisi saat runtuh

Pendekatan ini banyak dipakai dalam mendesain perkuatan tanah. Pendekatan didasarkan atas *limit analysis* (analisis pada bidang longsor). Dari hasil di laboratorium menunjukkan *Logaritmik spiral failure surface* memberikan lokasi tegangan tarik maksimum ( $T_{max}$ ) *reinsforcement* pada bidang runtuh.



Gambar 3.1 *Logaritmik Spiral Failure Surface*

(Sumber : M.Irsyad,1994)

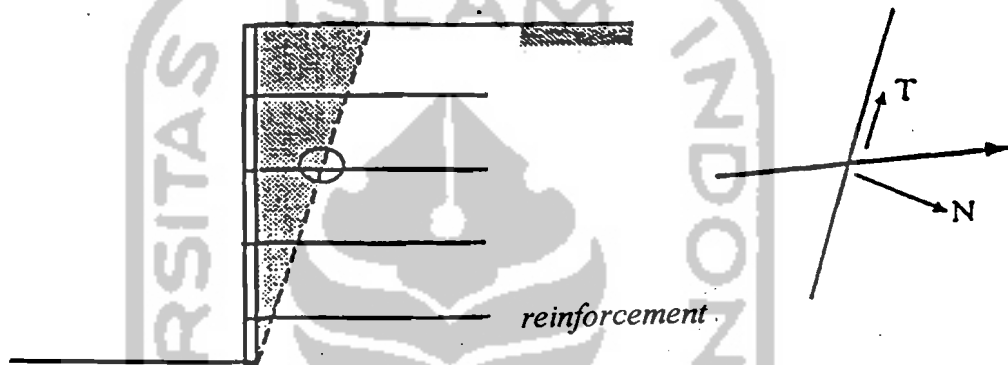
Pada pendekatan ini terdapat tiga bentuk kemungkinan bidang runtuh yang umum digunakan dalam analisis yaitu :

a. *Single Plane Failure Surface*

Digunakan oleh U.K. Dept. of Transport, T dan N ditambahkan dalam memobilisir *shear strenght*. Dari beberapa bidang runtuh (*trial-error*) digunakan bidang runtuh yang memerlukan reinforcement terbesar.

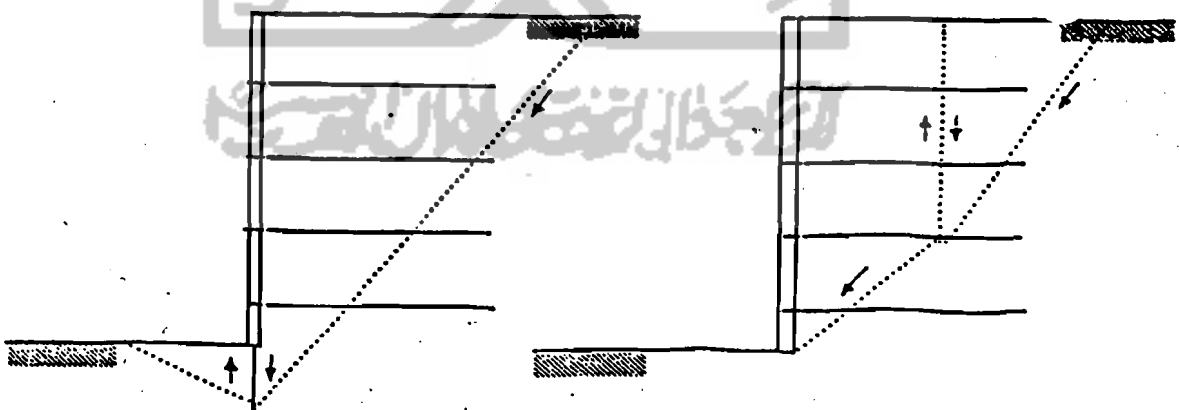
b. *Two Part Wedge Failure Surface*

c. *Circular Failure Surface*



Gambar 3.2 Model Keruntuhan *Single Plane Failure Surface*

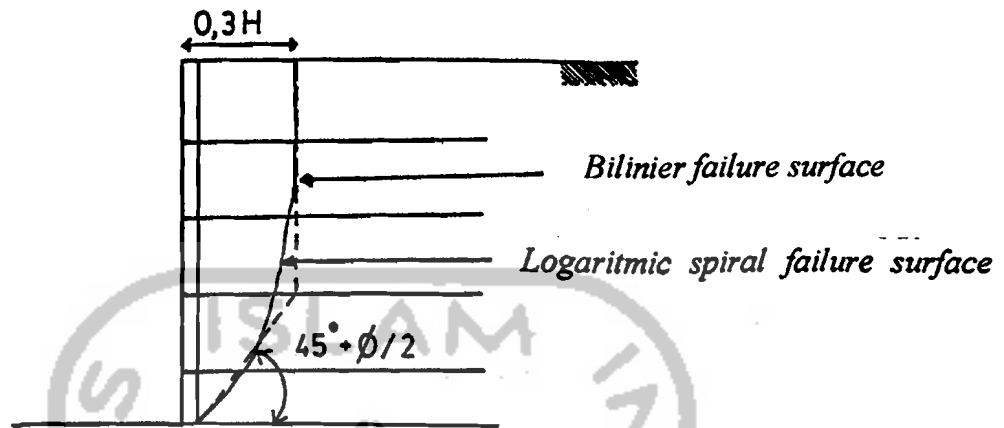
(Sumber : M.Irsyad,1994)



Gambar 3.3 Model Keruntuhan *Two Part Wedge Failure Surface*

(Sumber : M.Irsyad,1994)





Gambar 3.4 Model Keruntuhan *Circular Failure Surface*

(Sumber : M.Irsyad,1994)

Perbedaan utama dari masing-masing analisis didasarkan atas asumsi bidang runtuh dan besarnya kontribusi *reinsforcement*.

2. Didasarkan atas dasar *working stress condition*

Tidak seperti pada analisa yang didasarkan pada saat runtuh, disini diasumsikan tegangan horisontal  $\sigma_v \cdot k_0$ , dimana  $k_0$  = koefisien tanah diam.

Deformasi yang terjadi didasarkan atas respon tanah yang koheren terhadap beban luar. Hasilnya lebih kuat dari analisa yang didasarkan saat runtuh.

3. Didasarkan atas metode elemen hingga (*Finite Element Methode*)

Pada pendekatan ini analisis tegangan dan deformasi dihitung dengan menggunakan metode elemen hingga.

### 3.4.2 Kapasitas Daya Dukung Tarik dari *Reinforcement*

Metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung tarik dari *reinforcement* secara umum ada tiga pendekatan yaitu :

- a. Analisis yang menganggap friksi saja,

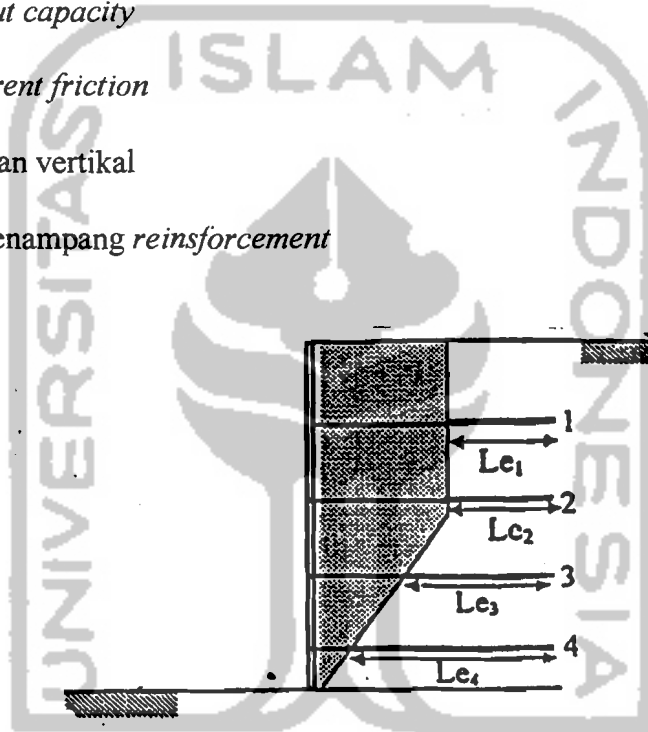
$$P_f = \mu^* \cdot \gamma z \cdot A_s = \mu^* \cdot \sigma_v \cdot A_s$$

$P_f$  = *pullout capacity*

$\mu^*$  = *apparent friction*

$\sigma_v$  = tegangan vertikal

$A_s$  = luas penampang *reinforcement*

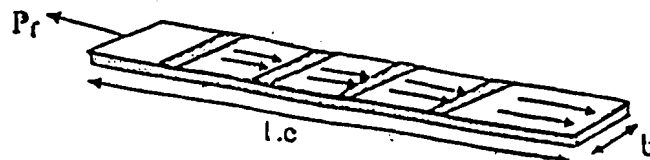


Gambar 3.5 Model Keruntuhan dan Panjang Geotekstil

*Strip Reinforcement*

$$P_f = \mu^* \cdot \gamma z \cdot L_e \cdot 2b$$

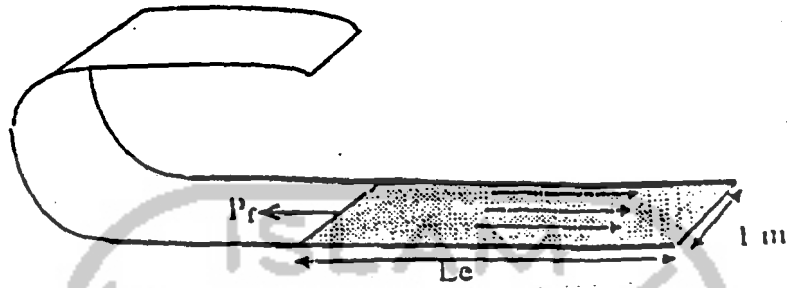
$$0,5 < \mu^* < 1,5$$



Gambar 3.6 *Strip Reinforcement*

*Sheet reinforcement*

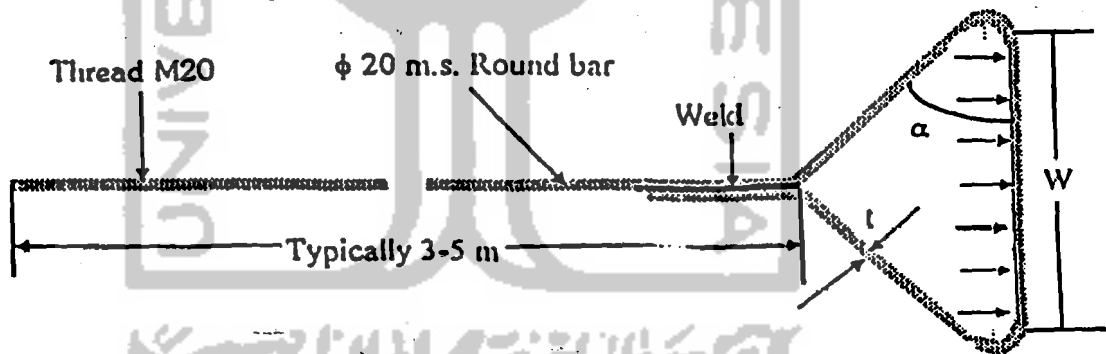
$$P_f = 2 \cdot L_e \cdot \gamma z \cdot \tan 2/3 \cdot \phi$$



Gambar 3.7 Sheet Reinforcement

b. Analisis yang menganggap pasif saja,

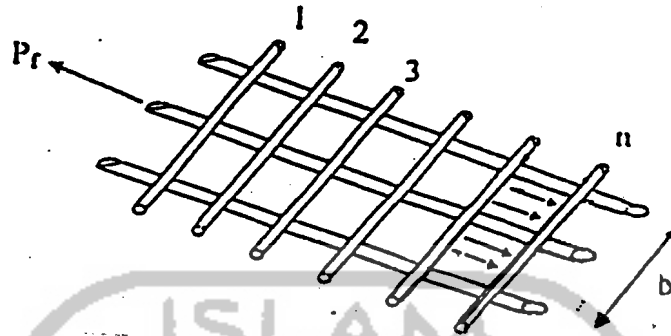
*Rod Reinforcement (Anchored Earth)*



Gambar 3.8 Rod Reinforcement

$$P_f = \frac{K_p \cdot \sigma_v \cdot W l}{\cos \alpha_1} \cdot e^{2(\pi - \alpha_1) \tan \phi}$$

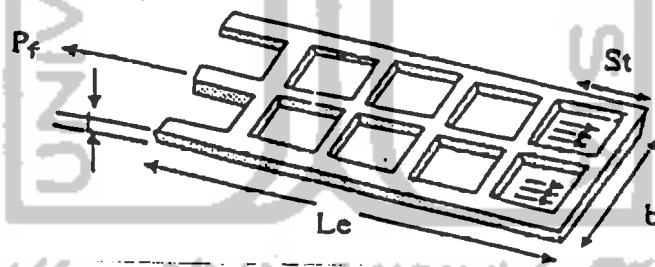
VSL Retained Earth



Gambar 3.9 VSL Retained Earth

$$P_f = N_p \cdot \gamma z d \cdot b \cdot n$$

c. Analisis yang menganggap pasif + friksi.



Gambar 3.10 Gabungan Analisis Pasif + Friksi

$$P_f = L_e \cdot b \cdot \gamma z \cdot \{(2 \cdot \alpha_s \cdot \tan(\delta))\} + N_p \cdot \gamma \cdot z \cdot b \cdot \frac{L_e}{S_x} \cdot t \cdot \alpha_b$$

$\alpha_s$  = fraksi dari luas permukaan geogrid yang menerima friksi

$\alpha_b$  = fraksi dari luas potongan geogrid yang menerima bearing

## Perencanaan *reinsforcement*

### 1. *External Stability*

(tanah + *reinsforcement* sebagai satu unit)

- a. *sliding along the base,*
- b. *overturning about the toe,*
- c. *bearing capacity of the foundation,*
- d. *exentrisitas,*
- e. *slope stability.*

### 2. *Internal Stability*

- a. *failure surface,*
- b. *earth pressure coefficient,*
- c. *pullout capacity,*
- d. *durabilitas.*

## 3.5 Metode Analisis

Bentuk konstruksi perkuatan tanah yang banyak digunakan dalam bidang teknik sipil adalah pengembangan bentuk dinding penahan tanah antara lain : pangkal jembatan pada jembatan layang, jalan tol, pelindung talud, dinding peredam bising dan lain-lain, yang pada umumnya tersedia lahan yang sempit dan waktu pelaksanaan dibutuhkan sangat singkat.

Bentuk-bentuk yang umum digunakan antara lain sebagai berikut :

### 1. *Sheet Reinsforced*

Konstruksi perkuatan tanah ini menggunakan geotekstil berupa lembaran-

lembaran. Konstruksi ini benar-benar memanfaatkan kuat geser bahan dengan tanah untuk melawan gaya-gaya yang bekerja. Tipe geotekstil dapat anyaman atau nir-anyam, mempunyai sifat porus dan sebagai filter.

## 2. Strip Reinforced

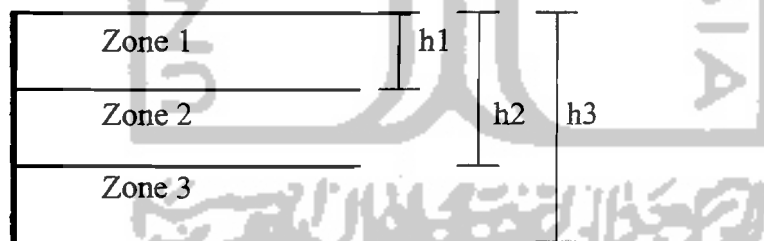
Konstruksi perkuatan tanah ini menggunakan geotekstil berupa *strip* dengan ukuran-ukuran tertentu diletakan pada sebuah facing beton dengan ukuran tertentu. Dimana satu facing beton tersebut ditahan oleh beberapa *strip*.

### 3.5.1 Sheet Reinforced

#### a. Stabilitas Eksternal

Menentukan tebal lapisan geotekstil

Lereng dibagi menjadi beberapa zone



Gambar 3.11 Pembagian Zone Pada Lereng

Keterangan gambar :

$h_1$  = kedalaman zone 1 dari permukaan

$h_2$  = kedalaman zone 2 dari permukaan

$h_3$  = kedalaman zone 3 dari permukaan

Jarak antar lembaran tiap zone

$$S_{vi} = \frac{T_a}{\sigma \cdot h_{ci} \cdot SF} \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan :  $T_a$  = gaya tarik ijin geotekstil

$S_{vi}$  = tebal lapisan geotekstil

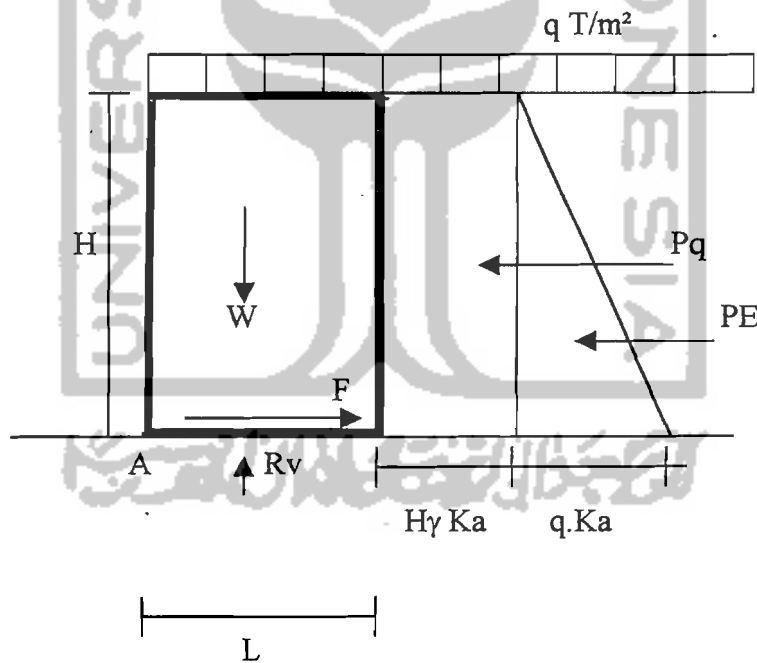
SF = angka keamanan

$\sigma \cdot h_{ci}$  = tegangan pada lapis geotekstil

Cara menentukan panjang geotekstil

Diasumsikan ada beban terbagi merata sebesar  $q \cdot T/m^2$

1. Tinjauan terhadap geser



Gambar 3.12 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Perkuatan Tanah Geotekstil

$$\text{Gaya geser} = P_a = q \cdot H \cdot K_a + 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\text{Gaya yang menahan geser} = F = W \cdot \tan \emptyset = H \cdot L \cdot \gamma \cdot \tan \emptyset \dots \dots \dots (3.3)$$

$$SF = \frac{F}{Pa} = \frac{H.L.\gamma.\tan.\varphi}{q.H.Ka + 0,5.\gamma.H^2.Ka}$$

$$L = \frac{SF.Ka.(q + 0,5.\gamma.H^2.Ka)}{\gamma.\tan.\varphi} \dots\dots\dots(3.4)$$

SF = 1,5

2. Tinjauan terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M.tahanan}{\sum M.aktif} = \frac{W.L/2}{P.q.H/2 + Pe.H/3} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$L^2 = \frac{SF.H.Ka.(q + 1/3\gamma.H)}{\gamma} \dots\dots\dots(3.6)$$

SF = 2,0

3. *Bearing Capacity* ( Kapasitas dukung tanah )

Berat tanah untuk *reinforcement* = L.H.1γ

Berat tanah dan muatan terbagi merata = L.H. γ + q.L = σv

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{H.\gamma + q} \dots\dots\dots(3.7)$$

4. Eksentrisitas

$$e = \frac{\sum M.aktif}{Rv} = \frac{Pq.\frac{H}{2} + PE.\frac{H}{3}}{W + q.L} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$e \leq \frac{1}{6}.L$$

$$\frac{1}{6}.L \geq \frac{q.Ka.\frac{H^2}{2} + \gamma.Ka.\frac{H^3}{6}}{H.L.\gamma + q.L} \dots\dots\dots(3.9)$$



H = tinggi lereng

Ka = koefisien tekanan tanah aktif

W = berat tanah dan geotekstil

L = panjang geotekstil

Pq = tekanan tanah aktif akibat beban terbagi merata

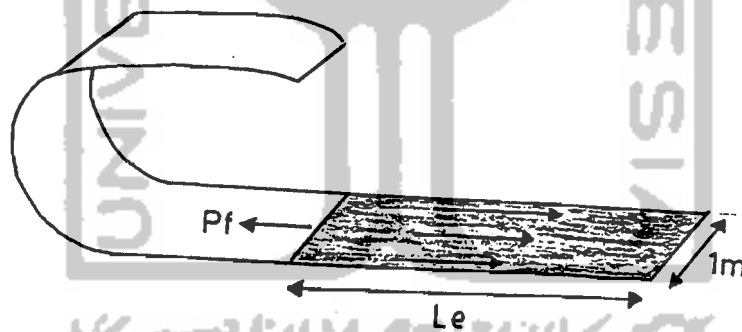
PE = tekanan tanah aktif akibat timbunan tanah

### b. Stabilitas Internal

Gaya horisontal yang bekerja pada geotekstil :

Metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tarik dari geotekstil dengan analisa yang menganggap friksi saja.

Ditinjau tiap lapisan



Gambar 3.13 Gaya Horisontal yang Terjadi pada Lembaran

Geotekstil

$$P_f i = 2 \cdot L_e \cdot \gamma \cdot z_i \cdot \tan \left( \frac{2}{3} \phi \right)$$

Gaya horisontal yang bekerja pada geotekstil :

$$F_{hi} = S_{vi} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot z_i$$

$$SF = \frac{P \cdot f}{F \cdot H} \geq 1,5$$

Panjang geotekstil *overlapping*

$$L_o = \frac{\sigma \cdot h_{ci} \cdot S_{vi} \cdot SF}{2 \cdot z_i \cdot \gamma \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \phi\right)} \dots \dots \dots (3.10)$$

Pf = gaya tahanan tarik pada geotekstil

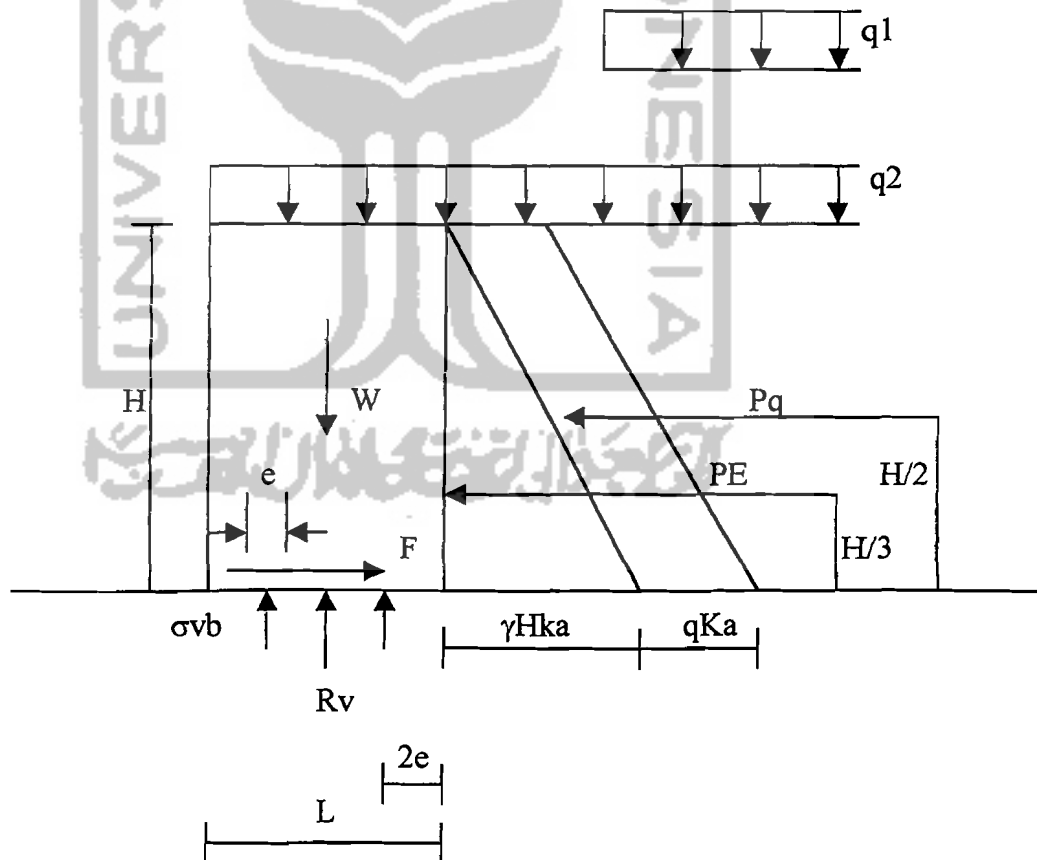
Le = panjang efektif geotekstil

z = kedalaman lembar geotekstil

FH = gaya horisontal yang terjadi pada geotekstil

### 3.5.2 Strip Reinforced

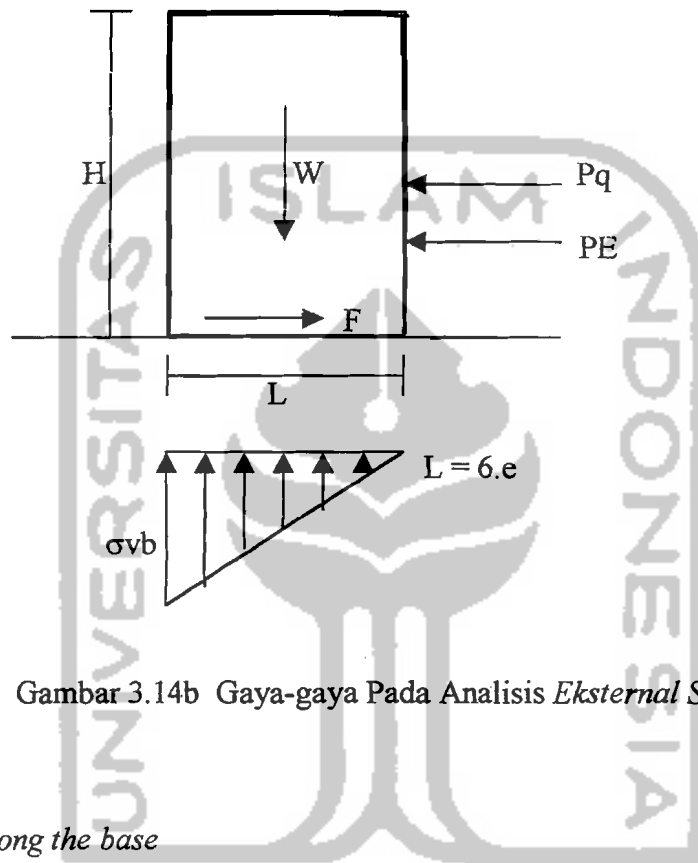
#### a. Stabilitas Eksternal



Gambar 3.14a Gaya-gaya Pada Analisis *Eksternal Stability*

q1 = untuk asumsi stabilitas *overturning + pullout*

q2 = untuk mencari maksimum horisontal stress



Gambar 3.14b Gaya-gaya Pada Analisis *Eksternal Stability*

1. *Sliding along the base*

$$F = W \cdot \tan \phi \geq SF \cdot (Pq + PE) \dots \dots \dots (3.11)$$

$$H \cdot L \cdot \gamma \cdot \tan \phi \geq SF \cdot (q \cdot H \cdot Ka + 1/2 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot Ka) \dots \dots \dots (3.12)$$

$$L = \frac{SF \cdot Ka \cdot (q + \gamma \cdot \frac{H}{2})}{\gamma \cdot \tan \phi} \dots \dots \dots (3.13)$$

$$SF \approx 1,5$$

2. *Overturning about the toe*

$$SF = \frac{\sum M.resisting}{\sum M.driving} = \frac{W.L/2}{Pq.H/2 + PE.H/3} = \frac{\gamma.L^2}{H.Ka.(q + 1/3.\gamma.H)}$$

$$L^2 = \frac{SF.H.Ka.(q + 1/3.\gamma.H)}{\gamma} \dots\dots\dots(3.14)$$

SF = 2

3. *Bearing capacity*

$$\sigma.vb \leq \sigma.ll : SF \approx 2$$

4. Eksentrisitas

$$e = \frac{\sum M.driving}{Rv} = \frac{Pq.(H/2) + PE.(H/3)}{Rv} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$e \leq \frac{1}{6}.L \Rightarrow \frac{q.Ka.\frac{H^2}{2} + \gamma.Ka.\frac{H^3}{6}}{H.L.\gamma + q.L} \dots\dots\dots(3.16)$$

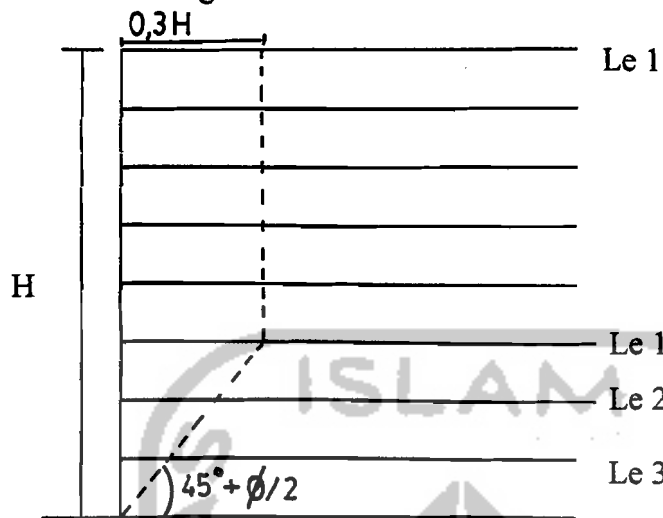
5. *Slope stability*

$$FS = \frac{\sum b.c + \sum N.tan\phi}{\sum T} \dots\dots\dots(3.17)$$

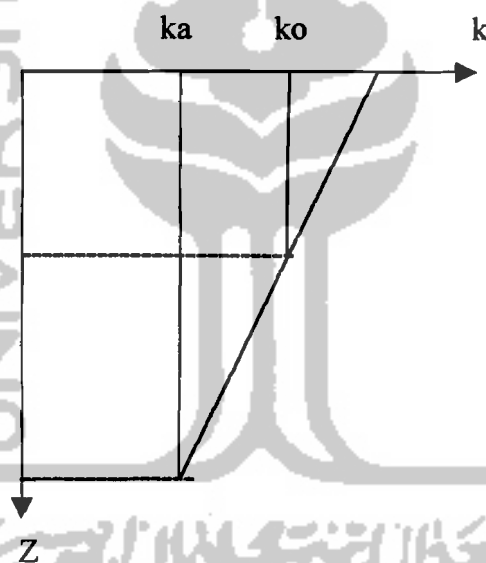
**b. Stabilitas Internal**

1. Dengan menggunakan *precast facing elemen* dipakai *spacing* (jarak antar *reinsforcement*) Ukuran SV x SH

2. Gunakan bilinear garis keruntuhan



Distribusi tegangan horisontal



$$k_o = 1 - \sin \phi ; \quad k_a = \tan^2 ( 45^\circ - \phi/2 )$$

Gaya horisontal yang dipikul :  $FH = SH \cdot SV \cdot \gamma \cdot z \cdot k \dots\dots\dots(3.18)$

Kapasitas tarik *reinsforcement* =  $FT = Ar \cdot \sigma$  ijin  $\dots\dots\dots(3.19)$

SF terhadap *rupture* =  $FT / FH$

Gaya horisontal yang ditahan tanah *reinsforcement* akibat dipegang oleh tanah :

$$Pf = 2 \cdot b \cdot \gamma \cdot z \cdot u^* \cdot Le1 \dots\dots\dots(3.20)$$

SF terhadap *pullout* =  $Pf / FH$