

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pasir

##### 2.1.1 Pengertian Pasir

Pasir dan kerikil adalah agregat tak terkohesi yang tersusun dari fragmen-fragmen sub-*angular* atau *angular* yang berasal dari batuan atau mineral yang belum mengalami perubahan. Pasir merupakan partikel yang berukuran kurang dari 1/8 inch, sedangkan kerikil berukuran 1/8 sampai dengan 6 atau 8 inch. (Terzaghi & Peck, 1987:5).

Kerikil termasuk fraksi sangat kasar, yang terdiri atas pecahan-pecahan batuan yang tersusun dari satu atau lebih mineral. Pecahan pecahan tersebut mungkin berbentuk *angular*, sub-*angular*, bulat atau datar. Dapat berada dalam keadaan baik atau dalam keadaan yang menunjukkan tanda-tanda pelapukan berat. Dapat bersifat kokoh atau rapuh.

Pasir merupakan fraksi kasar. Biasanya butiran utama penyusun pasir yaitu kuarsa. Bentuk butiran penyusun pasir dapat memiliki bentuk *angular*, sub-*angular*, atau bulat. Sebagian pasir memiliki kandungan serpihan mika dalam persentase yang tinggi sehingga menyebabkan pasir tersebut bersifat elastis atau lenting (Terzaghi & Peck, 1987:8).

##### 2.1.2 Klasifikasi Pasir Berdasarkan *Unified* (U.S.C.S.)

Sistem klasifikasi tanah *Unified* awalnya diusulkan pada tahun 1948 oleh A. Casagrande. Kemudian dilakukan revisi pada sistem klasifikasi tersebut oleh *Corps of Engineers* dan *U.S. Bureau of Reclamation* pada tahun 1952. Setelah revisi tersebut, sistem klasifikasi tanah *unified* ini mulai banyak digunakan oleh berbagai organisasi dan insinyur geoteknik dalam bisnis konsultasi pribadi. Pada awalnya terdapat dua divisi utama dalam sistem klasifikasi ini yaitu tanah kasar dan tanah berbutir halus. Tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tanah tersebut tertahan pada saringan no. 200. Tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika 50% atau lebih dari tanah tersebut dapat lolos saringan no. 200 (Das, B.M., 2007:40-41). Klasifikasi *Unified* (U.S.C.S.) untuk tanah pasir ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi *Unified* untuk Pasir**

PROSEDUR KLASIFIKASI		SYMBOL	NAMA JENIS	IDENTIFIKASI LAB	
Tanah Berbutir Kasar (Lebih dari 50% tertahan pada ayakan no. 200 ( $\Phi$ 0,075 mm))	Kerikil (lebih dari 50 % tertahan pada ayakan no. 4 ( $\Phi$ 4,75 mm))	Kerikil Murni	GW	Kerikil bergradasi baik, kerikil bercampur sedikit pasir tanpa ada butiran halus	CU = D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> = 1-4 CC= D <sub>30</sub> <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> =1-3
			GP	Kerikil bergradasi buruk, kerikil bercampur pasir mengandung sedikit butiran halus	Tidak memenuhi syarat CU maupun CC untuk GW
		Kerikil Berbutir Halus	GM	Kerikil berlanau, kerikil mengandung pasir-lanau bergradasi buruk	IP < 7
			GC	Kerikil berlempung, kerikil mengandung pasir dan lempung bergradasi buruk	IP > 7
	Kerikil (lebih dari 50 % lolos pada ayakan no. 4 ( $\Phi$ 4,75 mm))	Pasir bersih	SW	Pasir bergradasi baik, pasir dengan sedikit pasir tanpa butiran halus	CU = D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> $\geq$ 6 CC= D <sub>30</sub> <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> =1-3
			SP	Pasir bergradasi buruk, dengan sedikit butiran halus	Tidak memenuhi syarat CU maupun CC untuk SW
		Pasir berbutir halus	SM	Pasir berlanau, pasir bercampur lanau lanau bergradasi buruk	IP > 7 serta PI, LL < 2,25
			SC	Pasir berlempung, pasir bercampur lempung bergradasi buruk	IP > 7, PI, LL > 2,25

(Sumber: J.E. Bowles, 1997: 32-33)

### 2.1.3 Kepadatan Relatif Pasir

Kepadatan relatif lapisan pasir dapat berpengaruh pada sudut gesekan dalam pasir, daya dukung akhir dan penurunan telapak bangunan yang bertumpu di atas pasir. Apabila pasir yang terbenam berada dalam keadaan sangat lepas, maka sebuah kejutan mendadak bisa mengubahnya sementara menjadi suspensi pasir yang memiliki sifat-sifat seperti cairan viskous. Dalam keadaan padat, pasir yang sama seperti di atas bersifat tidak peka terhadap kejutan dan cukup sempurna sebagai dasar pondasi untuk struktur yang sangat berat sekalipun. Karena alasan ini, kepadatan relatif suatu pasir akan jauh lebih penting daripada sifat sifatnya yang lain, kecuali permeabilitasnya (Terzaghi & Peck, 1987:281).

Dalam operasi pemadatan di lapangan dimana penambahan air tidak akan merusak tanah disekitarnya, pasir yang dilimpahi air akan sangat membantu dalam menambah berat isi tanah. Kepadatan optimum dari tanah berbutir akan menghasilkan berat isi yang terbesar dan angka pori yang minimum. Sebaliknya, kepadatan minimum akan menghasilkan keadaan yang paling lepas, berat isi minimum, dan angka pori (e)

maksimum. Kepadatan relatif dapat juga dinyatakan sebagai perbandingan antara  $\gamma_{d \text{ lap}}$  yang dihasilkan dari *sand cone test* dengan  $\gamma_{d \text{ lab}}$  yang dihasilkan dari uji proktor standar pada uji laboratorium (ASTM D1556-90). Berikut adalah Tabel 2.2 yang menjelaskan identifikasi lapangan untuk kepadatan relatif:

**Tabel 2.2** Istilah dan Identifikasi lapangan untuk kepadatan relatif

<b>Keadaan Tanah</b>	<b>Dr (%)</b>	<b>Identifikasi Lapangan</b>
Sangat Lepas	0-20	Mudah ditandai dengan jari
Lepas	20-40	Mudah disekop
Agak padat (kompak)	40-70	cukup sukar untuk disekop
Padat	70-90	Membutuhkan garpu untuk memisahkan tanah sehingga dapat disekop
Sangat padat	90-100	Memerlukan ledakan atau alat berat untuk memisahkan

(Sumber: *Bowles (1993:149)*)

## 2.2 Pondasi Dangkal

### 2.2.1 Definisi Pondasi Dangkal

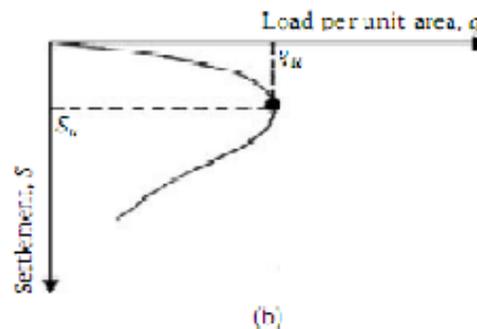
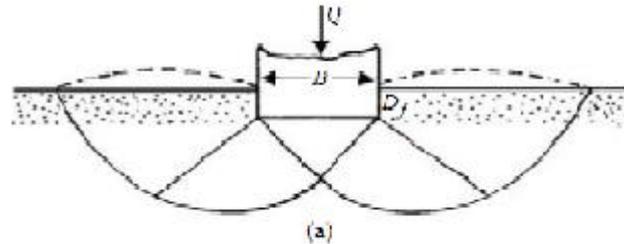
Pondasi dangkal adalah struktur bangunan paling bawah yang berfungsi meneruskan (mendistribusi) beban bangunan ke lapisan tanah yang berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Yang termasuk dalam kategori pondasi dangkal adalah pondasi setempat (*spread footings*) dan pondasi plat penuh (*mat foundations*). Pada awalnya yang dikategorikan dalam pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki kedalaman (D) lebih kecil atau sama dengan dimensi lebar pondasi (B). Namun dalam perkembangannya, pondasi masih dianggap dangkal meskipun kedalaman pondasi mencapai tiga sampai empat kali lebar pondasi (Budi, 2011).

### 2.2.2 Pola Keruntuhan

Apabila pondasi diberi suatu beban maka pondasi tersebut akan meneruskan beban yang ditahannya ke lapisan tanah yang ada di bawahnya. Hal ini menyebabkan adanya deformasi vertikal dan horisontal pada tanah di bawah pondasi tersebut. Tanah harus mampu menahan beban yang berada di atasnya tanpa mengalami kegagalan geser (*shear failure*). Jika beban ini bertambah terus maka tegangan geser yang ditimbulkan dapat melampaui kekuatan geser tanah. Hal ini dapat menyebabkan penurunan tanah dan deformasi plastis pada tanah yang berakibat pada keruntuhan daya dukung dari pondasi. Berdasarkan hasil uji model, Vesic (1963) membagi mekanisme keruntuhan pondasi menjadi tiga, yaitu:

### 1. Keruntuhan Geser Umum ( *General Shear Failure* )

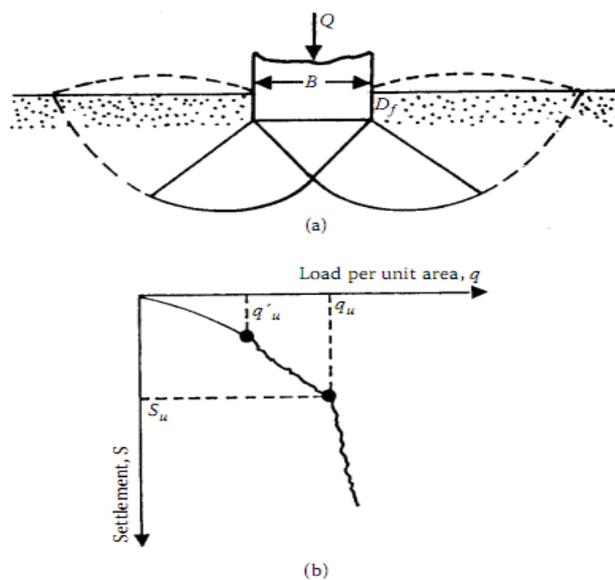
Tipe keruntuhan ini terjadi pada tanah yang relatif padat dan tidak mampu mampat (*incompressible*). Keruntuhan ini terjadi dalam waktu yang mendadak. Bidang longsoran yang terjadi berbentuk lengkungan dan garis yang lurus yang menembus hingga mencapai permukaan tanah.



**Gambar 2.1** *General Shear Failure*  
(Sumber: Das, 2009)

### 2. Keruntuhan Geser Lokal ( *Local Shear Failure* )

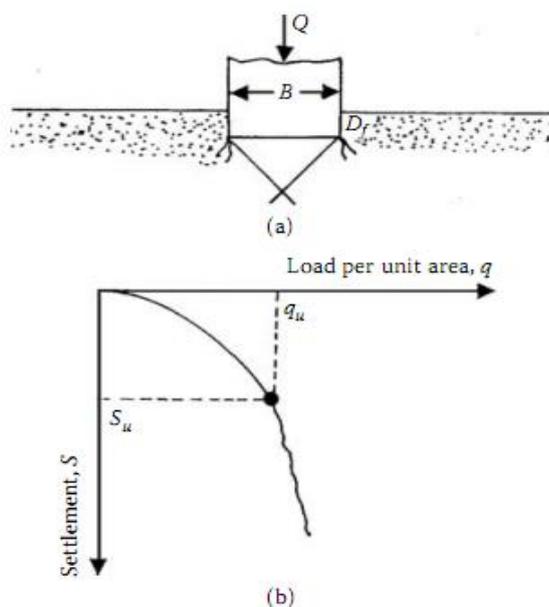
Tipe keruntuhan ini terjadi pada tanah yang relative padat dan mampu mampat (*compressible*). Garis longsoran tampak jelas tapi penyebarannya hanya pada jarak pendek dalam massa tanah dan tidak mencapai permukaan.



**Gambar 2.2** *Local Shear Failure*  
(Sumber: Das, 2009)

### 3. Keruntuhan Penetrasi ( *Punching Shear Failure* )

Pada tipe keruntuhan ini, dapat dikatakan tidak ada keruntuhan geser tanah yang terjadi, sehingga pondasi hanya menembus dan menekan tanah ke samping. Pemampatan tanah akibat penetrasi pondasi ini hanya terbatas pada daerah yang berada tepat di dasar dan di sekitar tepi pondasi.



**Gambar 2.3** *Punching Shear Failure*  
(Sumber: Das, 2009)

Berdasarkan pada apa yang telah didapatkan dilapangan, keruntuhan sangat dipengaruhi oleh *density* dari tanah dan juga dipengaruhi oleh rasio kedalaman-lebar pondasi D/B seperti yang ditunjukkan oleh Vesic (1973).

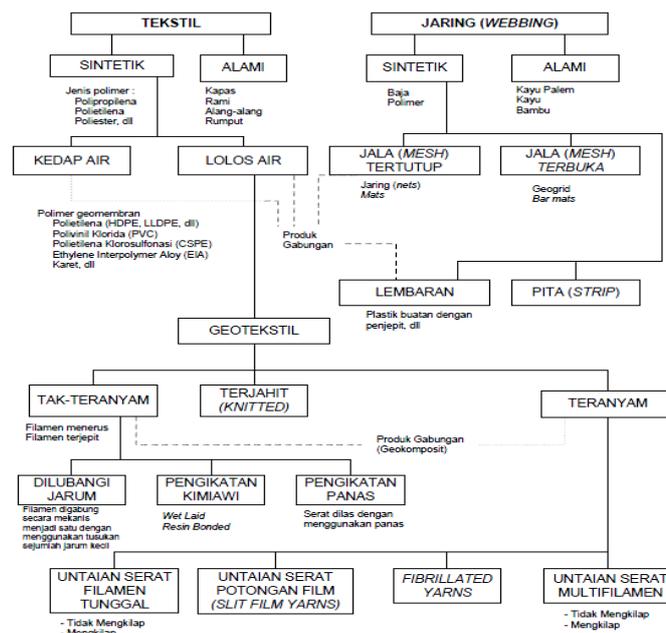
## 2.3 Geosintetik

### 2.3.1 Pengertian Geosintetik

Pengertian dari *Geo* yaitu *earth* (tanah atau bumi), sedangkan *Synthetic* berarti *human-made product* atau material (produk atau bahan buatan manusia). *Geosynthetic* sendiri diartikan oleh *The American Society for Testing and Materials* (ASTM) dalam terminologi D4439 sebagai produk planar yang dibuat dari bahan polimer, yang digunakan pada tanah, batuan, atau materi geoteknik lainnya, sebagai pelengkap dalam sebuah proyek, struktur maupun sistem buatan. (Dirjen Bina Marga, 2009b).

### 2.3.2 Klasifikasi Geosintetik

Secara sederhana, geosintetik didefinisikan sebagai produk buatan dari bahan polimer yang berfungsi untuk memperbaiki perilaku tanah. Hingga saat ini beberapa jenis geosintetik telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan antara lain *Geotextile*, *Geosynthetics Clay Liner*, *Geopipe*, *Geogrid*, *Geocomposites*, *Geomembrane*, *Geofoam*, *Geo-otter*, *Geonet* dan *Geocell*. Klasifikasi geosintesis yang lebih lengkap dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.4** Klasifikasi geosintetik

(Sumber: Hotlz dkk, 1998 dalam Dirjen Bina Marga 2009b)

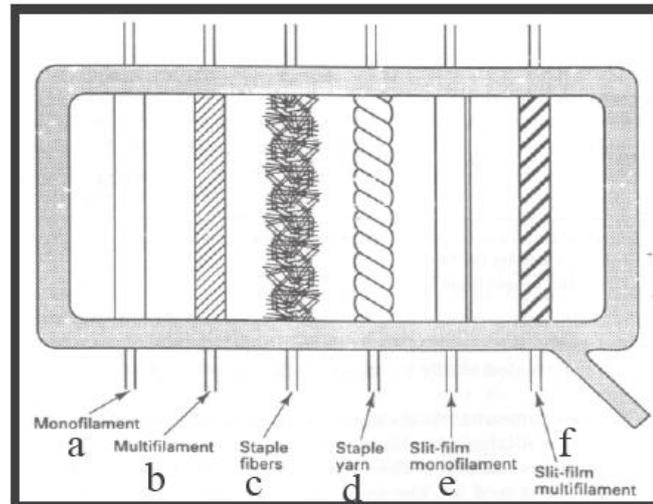
Secara umum geosintetik memiliki 5 fungsi utama yaitu sebagai pemisah (*separation*), perlindungan (*protection*), perkuatan (*reinforcement*), filtrasi (*filtration*) dan drainasi (*drainage*). Berikut ini terdapat beberapa contoh tipe geosintetik beserta fungsinya:

**Tabel 2.3** Fungsi - fungsi bermacam jenis Geosintetik

Tipe Geosintetik	Fungsi Dasar					Lapisan Kedap
	Separasi	Proteksi	Perkuatan	Filtrasi	Drainasi	
Geotekstil	✓	✓	✓	✓	✓	
Geogrid			✓			
Geonet					✓	
Geomembran						✓
Geosynthetic Clay Liner						✓
Geocell		✓				
Geopipe					✓	
Geofoam	✓					
Geocomposite	✓	✓	✓	✓	✓	✓

### 2.3.3 Definisi Geotekstil

Geotekstil merupakan jenis geosintetis yang terdiri dari bahan tekstil yang umumnya lolos air yang dipasang bersama pondasi, tanah, batuan atau material geoteknik lainnya sebagai suatu kesatuan dari sistem struktur, atau suatu produk buatan manusia. Dalam proses pembuatan geotekstil, elemen tekstil seperti serat-serat atau beberapa untaian serat (*yarn*) dikombinasikan menjadi struktur tekstil lembaran. Elemen tersebut dapat berupa filamen (serat menerus) berbentuk benang polimer tipis dan panjang atau serabut serat (*staple fiber*) berbentuk filamen pendek dengan panjang antara 20-150 mm. Elemen tekstil tersebut juga dapat dibuat dengan memotong suatu lembaran plastik atau film untuk membentuk pita tipis datar. Pada filamen dan potongan film (*slit film*), proses pengeluaran atau penarikan akan memanjangkan polimer dalam arah penarikan sehingga meningkatkan kekuatan filamen. (Dirjen Bina Marga, 2009b). Berikut ini adalah beberapa pilihan cara dalam menenun atau menganyam serat pada pembuatan geotekstil, yaitu:



**Gambar 2.5** Tipe tipe serat polimer yang digunakan pada pembuatan geotekstil  
(Sumber: Koerner, 1994 dalam Endrayana 2008)

Dalam pembuatan serat untuk geotekstil, susunan dari material polimernya adalah (Endrayana, 2008):

- Polypropylene (83%)
- Polyester (14%)
- Polyethylene (2%)
- Polyamide (nylon) (1%)

Karakteristik fisik dari bahan – bahan ini dapat bervariasi tergantung dari komposisi yang dipakai sebagai tambahan dan metode yang digunakan untuk mengubah bahan tersebut menjadi filamen. Pembagian jenis geotekstil berdasarkan metode yang digunakan untuk mengkombinasikan filamen atau pita menjadi struktur lembaran adalah sebagai berikut (Dirjen Bina Marga, 2009b):

1. Geotekstil teranyam (*woven*)

Jenis ini terbuat dari monofilamen, multifilamen, *fibrillated yarns* atau dari potongan film dan pita. Proses penganyaman untuk geosintetik teranyam sama dengan pembuatan tekstil biasa.

2. Geotekstil tak-teranyam (*non woven*)

Pembuatan jenis ini dilakukan dengan teknologi canggih dimana serat polimer atau filamen didesak keluar dan dipuntir secara menerus, ditiup atau ditempatkan pada suatu sabuk berjalan. Kemudian massa filamen atau serat tersebut disatukan dengan proses mekanis dengan tusukan jarum-jarum kecil

atau disatukan dengan panas dimana serat tersebut “dilas” oleh panas dan tekanan pada titik kontak serat dengan massa teksil tak-teranyam.

#### 2.3.4 Fungsi Geotekstil

Geotekstil dapat memiliki satu lebih dari beberapa fungsi dasar yaitu filtrasi (*filtration*), drainasi (*drainage*), sebagai pemisah (*separation*), *erosion control*, sedimen control, perkuatan (*reinforcement*). Berikut ini adalah penjelasan dari fungsi-fungsi tersebut (McCarthy, 1995):

a) Filtrasi

Penggunaan geotekstil sebagai alat filtrasi adalah fungsi yang paling banyak diterapkan. Air dan partikel apa pun yang lebih kecil dari ukuran penyaring dapat mengalir melalui geotekstil. Partikel tanah yang ukurannya lebih besar akan terhenti sehingga tidak akan ikut terbawa aliran. Lubang geotekstil harus dirancang agar dapat mencegah masuknya partikel tanah.

b) *Drainage*

Bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air atau gas dari dalam tanah. Geotekstil jenis *non woven* yang tebal sering digunakan untuk fungsi ini.

c) *Erosion control*

Pada kontrol erosi, geotekstil melindungi permukaan tanah dari gaya tarik air yang mengalir, angin atau hujan. Geotekstil dapat digunakan sebagai dinding pembatas parit untuk melindungi pasir halus agar tidak erosi. Geotekstil dipasang di parit, dilapisi oleh batuan agar terlindung dari sinar ultraviolet. Fungsi kontrol erosi pada kasus khusus dapat merupakan kombinasi fungsi filtrasi dan separasi.

d) *Sediment control*

Geotekstil berfungsi sebagai pengontrol sedimen dapat menghentikan partikel sehingga hanya air saja yang dapat mengalir. Selama beberapa periode, akan terbentuk kumpulan partikel yang dapat menurunkan aliran air dan meningkatkan tekanan terhadap geotekstil. Fungsi sediment control ini sebenarnya merupakan fungsi filtrasi.

e) *Reinforcement*

Pada aplikasi perkuatan yang paling sering digunakan, geotekstil berinteraksi dengan tanah melalui gaya gesek atau gaya adhesi untuk

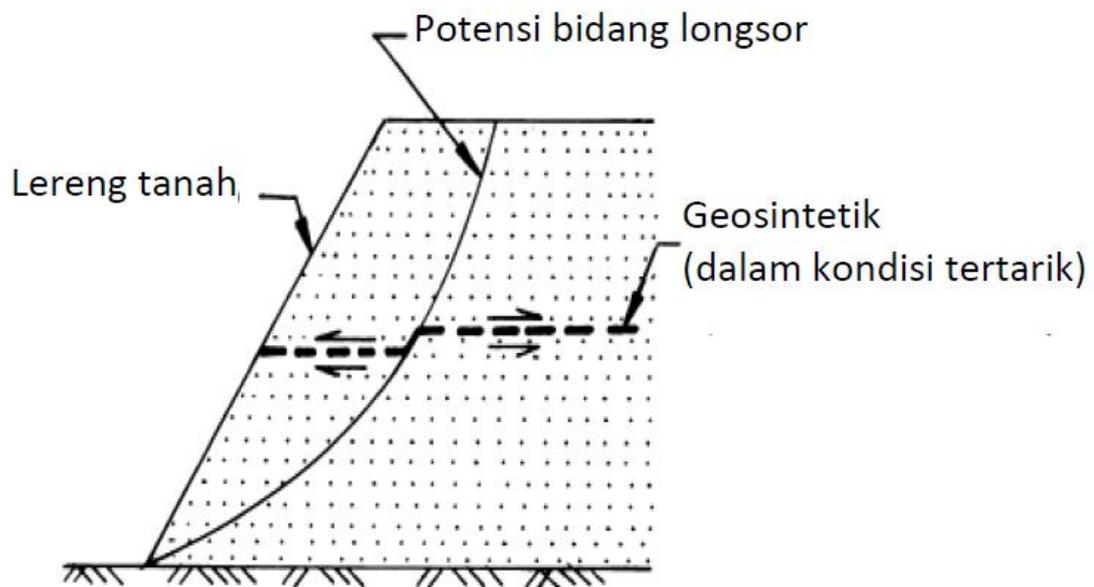
menahan gaya tarik atau gaya geser. Untuk menyediakan perkuatan, geotekstil harus mempunyai kekuatan yang cukup dan panjang penjangkaran untuk melawan gaya tarik yang terbentuk.

f) *Separation*

Proses separasi adalah pencegahan dua material yang berbeda agar tidak bercampur. Pada fungsi ini geotekstil dibutuhkan untuk mencegah tercampurnya bahan yang tidak diinginkan dengan tanah alami.

### 2.3.5 Prinsip Kerja Geotekstil

Lereng tanah yang diperkuat pada umumnya terdiri dari perkuatan geosintetik yang disusun ke arah horisontal yang digabungkan dengan timbunan tanah padat. Pada waktu tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geosintetik berlaku sebagai bagian tahanan tarik (gesekan, adhesi, saling mengikat (*interlocking*)) yang digabungkan ke tanah atau timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah (Bina marga, 2009). Prinsip kerja geotekstil yang lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.6** Mekanisme perkuatan lereng tanah dengan geosintetik

(Sumber: Bina marga, 2009)

### 2.3.6 Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Geotekstil

Pemilihan geotekstil untuk perkuatan dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal geotekstil terdiri dari kuat tarik geotekstil, sifat perpanjangan (*creep*), struktur geotekstil dan daya tahan terhadap faktor lingkungan, sedangkan faktor eksternal adalah jenis bahan timbunan yang berinteraksi dengan geotekstil. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi durasi ketahanan geotekstil. Salah satu faktor tersebut yaitu paparan sinar matahari yang dapat menurunkan karakteristik fisik dari polimer. Kecepatan degradasi ini dapat dikurangi dengan cara melakukan penambahan karbon hitam pada geotekstil. Waktu pembebanan juga mengurangi kekuatan geotekstil karena akan terjadi degradasi pada geotekstil oleh faktor *fatigue* dan *aging*. (McCarthy, 1995).

### 2.3.7 Keuntungan Geotekstil

Perkuatan tanah dengan menggunakan geosintesis jenis geotekstil memiliki beberapa keuntungan, antara lain (McCarthy, 1995):

- a. Harganya murah
- b. Konstruksi biasanya mudah dan cepat. Pemasangan geotekstil ini tidak memerlukan keahlian khusus maupun alat yang khusus. Banyak komponen yang telah siap pasang sehingga proses konstruksi relatif cepat.
- c. Relatif fleksibel dan dapat menahan deformasi lateral yang besar dan perbedaan pergeseran vertikal yang besar. Fleksibilitas perkuatan geotekstil memungkinkan penggunaan faktor keamanan yang lebih rendah untuk desain daya dukung daripada struktur konvensional yang lebih kaku.
- d. Geotekstil berpotensi lebih cocok untuk beban gempa karena fleksibilitas dan kapasitas penyerapan energi yang melekat pada massa bumi koheren.

## 2.4 Lereng

### 2.4.1 Pengertian Lereng

Lereng merupakan permukaan tanah miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng adalah suatu kondisi dimana terdapat dua permukaan tanah dengan ketinggian yang berbeda. Lereng dapat digolongkan dalam dua tipe yaitu lereng tak terbatas dan lereng terbatas. (Sunggono, 1984)

Menurut Cristady (1994) lereng tak terbatas merupakan kondisi di mana tanah yang mempunyai kedalaman tertentu dengan permukaan miring, terletak di atas lapisan

batu dengan kemiringan permukaan yang sama. Disebut tak terbatas karena mempunyai panjang yang sangat besar dibanding kedalamannya. Jika diambil elemen tanah dengan lebar tertentu, gaya-gaya yang bekerja pada dua bidang vertikalnya akan sama karena pada lereng tak terbatas gaya-gaya yang bekerja di setiap sisi bidangnya dapat dianggap sama. Sifat-sifat tanah dan tegangan lereng tak terbatas pada salah satu bidang yang sejajar dengan lereng adalah sama maka kelongsoran pada lereng tak terbatas biasanya terletak dalam satu bidang yang sejajar dengan bidang lereng (*Sunggono, 1984*).

Lereng terbatas menurut Cristady (1994) merupakan kondisi di mana suatu timbunan terletak di atas tanah asli yang miring. Akibatnya timbunan akan longsor di sepanjang bidang gelincir. Contoh kondisi ini adalah jika tanah timbunan diletakkan pada tanah asli yang miring dimana pada lapisan tanah asli masih terdapat lapisan lemah yang berada didasar timbunannya.

#### **2.4.2 Pemodelan Fisik Lereng**

Lereng merupakan suatu model fisik yang berukuran sangat besar. Jika ingin meneliti lereng yang sesungguhnya maka tingkat kesulitannya pasti sangat tinggi. Oleh sebab itu perlu dibuat pendekatan pemodelan suatu lereng yaitu model fisik hidraulik. Model fisik hidraulik merupakan suatu bentuk miniatur dari suatu bentuk sebenarnya. Pengecilan ini bertujuan untuk memperkecil volume sampel penelitian, sehingga biaya akan lebih ekonomis dan pembatasan masalah juga tidak terlalu melebar.

#### **2.4.3 Tipe Keruntuhan Lereng**

Pada lereng terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, sehingga akan ada gaya gravitasi yang menyebabkan tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah. Hal ini sangat berpotensi besar untuk mengakibatkan terjadinya longsor atau keruntuhan lereng.

Pengamatan longsor atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh *Collin* (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bidang longsor yang berbentuk lengkungan.

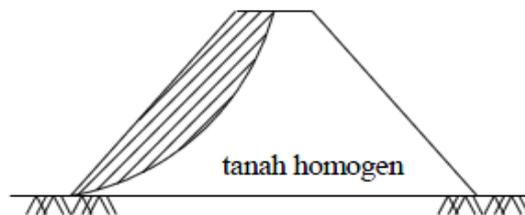
Mekanisme keruntuhan lereng dapat dibedakan mejadi beberapa tipe sebagai berikut:

1. Keruntuhan pada lereng (*slope failure*)



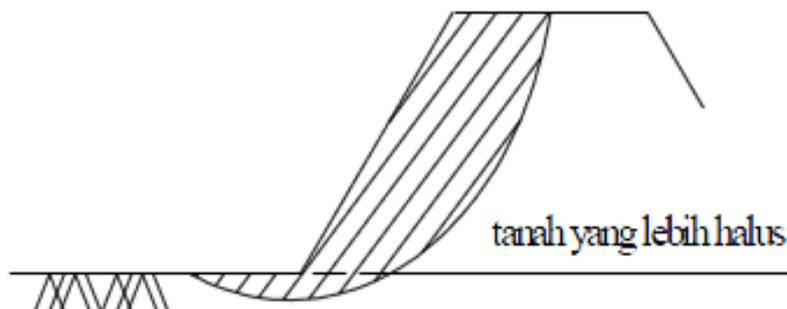
**Gambar 2.7** Tipe keruntuhan pada lereng  
(Sumber: Indrawahyuni 2009)

2. Keruntuhan pada kaki lereng (*toe failure*)



**Gambar 2.8** Tipe keruntuhan pada kaki lereng  
(Sumber: Indrawahyuni 2009)

3. Keruntuhan dibawah kaki lereng (*base failure*)



**Gambar 2.9** Tipe keruntuhan di bawah kaki lereng  
(Sumber: Indrawahyuni 2009)

Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan keruntuhan pada lereng seperti sudut lereng sangat besar dan tanah yang dekat dengan kaki lereng tersebut memiliki kekuatan yang tinggi. Keruntuhan pada kaki lereng terjadi ketika tanah yang berada di atas dan di bawah kaki lereng bersifat homogen. Sedangkan penyebab utama dari keruntuhan yang terjadi pada dasar lereng yaitu sudut lereng yang kecil dan tanah yang berada di bawah kaki lereng lebih halus dan lebih plastis daripada tanah di atasnya. Secara umum,

longsor pada lereng disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain bertambahnya tegangan yang bekerja serta berkurangnya kuat geser material.

## 2.5 Teori Daya Dukung

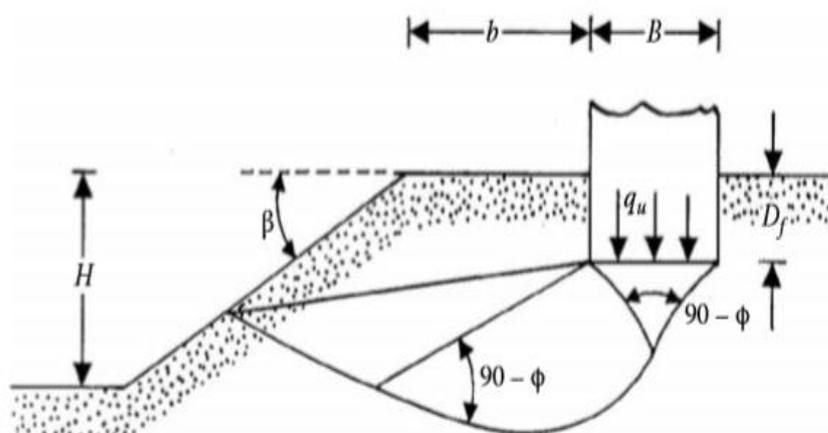
### 2.5.1 Pengertian Daya Dukung

Daya dukung menggambarkan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. Analisis daya dukung (*bearing capacity*) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Analisis-analisis daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan yang bersifat plastis. Konsep ini pertama kali dikenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955) dan lainnya (*Hardiyatmo, H.C., 2011:110-111*).

### 2.5.2 Daya Dukung Pondasi Dangkal di Atas Lereng Tanpa Perkuatan

#### 2.5.2.1 Solusi Meyerhof

Gambar berikut ini menunjukkan sebuah pondasi menerus dengan lebar  $B$  yang diletakkan pada sebuah lereng dengan tinggi  $H$ . Pondasi tersebut diletakkan dengan jarak  $b$  dari tepi lereng



**Gambar 2.10** Pondasi menerus di atas lereng

(Sumber: *Das, B.M. 2009*)

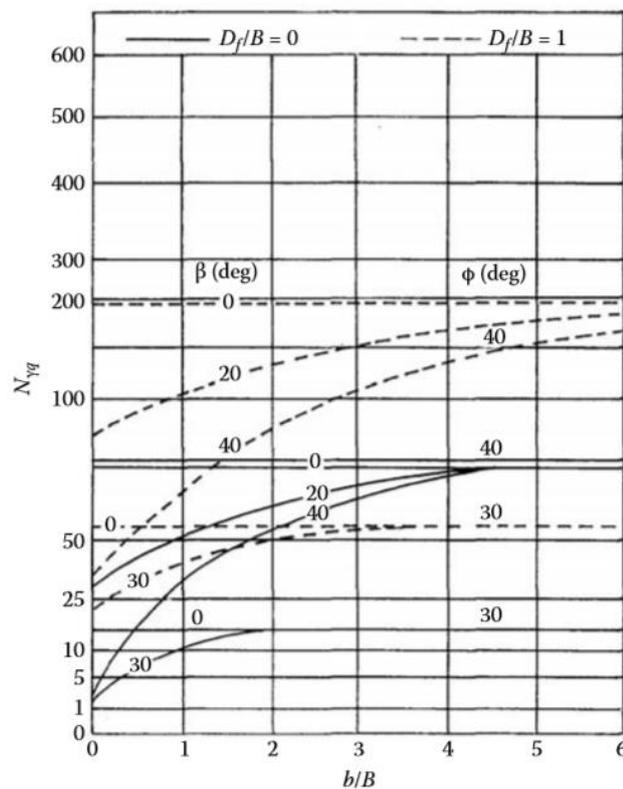
Adapun daya dukung batas dari pondasi tersebut dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_u = cN_{cq} + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad \dots (2.1)$$

Untuk tanah pasir, Meyerhof menyatakan daya dukung pondasi menerus di atas lereng dengan persamaan:

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad \dots (2.2)$$

Meyerhof telah mengembangkan variasi teoritis terhadap nilai  $N_{\gamma q}$  untuk tanah pasir ( $c=0$ ) yang dinyatakan pada grafik berikut:



**Gambar 2.11** Grafik faktor  $N_{\gamma q}$  untuk daya dukung pondasi menerus di atas lereng tanah pasir  
(Sumber: Das, B.M. 2009: 153-155)

### 2.5.2.2 Solusi Hansen dan Vesic

Untuk kondisi  $b = 0$  (pondasi tepat berada di tepi lereng), Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus tersebut dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_u = cN_c \lambda_{c\beta} + qN_q \lambda_{q\beta} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \lambda_{\gamma\beta} \quad \dots (2.3)$$

dimana,

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor-faktor daya dukung Hansen

$\lambda_{c\beta}, \lambda_{q\beta}, \lambda_{\gamma\beta}$  = Faktor-faktor lereng

$q = \gamma D_f$

Menurut Hansen,

$$\lambda_{q\beta} = \lambda_{\gamma\beta} = (1 - \tan\beta)^2 \quad \dots (2.4)$$

Untuk  $\phi > 0$ ,  $\lambda_{c\beta} = \frac{N_q \lambda_{q\beta} - 1}{N_q - 1}$

Untuk  $\phi = 0$ ,  $\lambda_{c\beta} = 1 - \frac{2\beta}{\pi + 2}$

Pada kondisi  $\phi = 0$ , Vesic menyatakan nilai  $N_\gamma$  sebagai berikut:

$$N_\gamma = -2 \sin\beta$$

Selanjutnya, ia menyatakan pada kondisi  $\phi = 0$  dengan  $N_c = 5,14$  dan  $N_q = 1$  persamaan daya dukung menjadi sebagai berikut:

$$q_u = (5,14 - 2\beta)c + \gamma D_f (1 - \tan\beta)^2 - \gamma\beta \sin\beta (1 - \tan\beta)^2 \quad \dots (2.5)$$

(Sumber: Das, B.M. 2009: 155-156)

### 2.5.2.3 Metode Shields (1990)

*Shields* bersama dengan peneliti lainnya telah mencoba melakukan penelitian terhadap faktor daya dukung  $N_{\gamma q}$  untuk sebuah pondasi pada lereng yang memiliki sudut geser yang rendah. Pada penelitian yang dilakukan oleh *Shields* ia menggunakan pemodelan box pasir berukuran besar dengan panjang 15 m dan lebar 2 m dan tinggi 2,2 m. Sebuah lereng dengan perbandingan H : V yaitu 2 : 1 dipilih sebagai pemodelan karena dianggap ukuran tersebut adalah uluran standar dari sebuah lereng, lereng dibuat dengan faktor-faktor penentu yang ada. Dari percobaan tersebut *Shields* melaporkan prosentase daya dukung tanah datar yang ia temukan dengan menggunakan persamaan *Gemperline* untuk menghitung nilai  $N_{\gamma q}$  dan menggunakan persamaan daya dukung Meyerhof untuk tanah datar.

Adapun persamaan *Gemperline* adalah sebagai berikut :

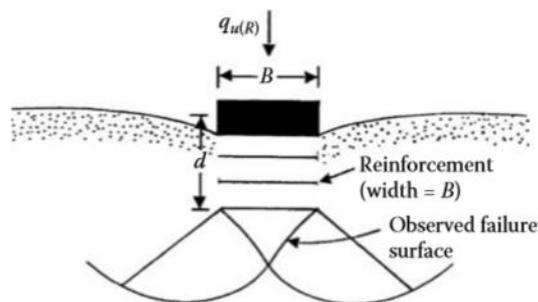
$$N_{\gamma q} = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_\beta, b/B \times f_\beta, b/D, D/B \times f_\beta, b/B, B/L \quad \dots (2.8)$$

Dengan :

$\phi$	= sudut geser dalam tanah ( $^{\circ}$ )
$\beta$	= sudut kemiringan lereng ( $^{\circ}$ )
B	= lebar pondasi (inchi)
D	= kedalaman pondasi (inchi)
L	= panjang pondasi (inchi)
b	= jarak pondasi ke puncak lereng (inchi)
$f_{\phi}$	= $10^{(0,1159\phi - 2,386)}$
$f_B$	= $10^{(0,34 - 0,2 \log B)}$
$f_{D/B}$	= $1 + 0,65 (D/B)$
$f_{B/L}$	= $1 - 0,27 (B/L)$
$f_{D/B, B/L}$	= $1 + 0,39 (D/L)$
$f_{\beta, b/B}$	= $1 - 0,8 [ 1 - ( 1 - \tan \beta )^2 ] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \}$
$f_{\beta, b/D, D/B}$	= $1 + 0,6 (B/L) [ 1 - ( 1 - \tan \beta )^2 ] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \}$
$f_{\beta, b/B, B/L}$	= $1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \}$

### 2.5.3. Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah yang Diperkuat

Huang dan Tatsuoka mengusulkan mekanisme kegagalan bagi pondasi lajur yang didukung dengan perkuatan tanah, dimana lebar perkuatan b adalah sama dengan lebar dasar pondasi B seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini:

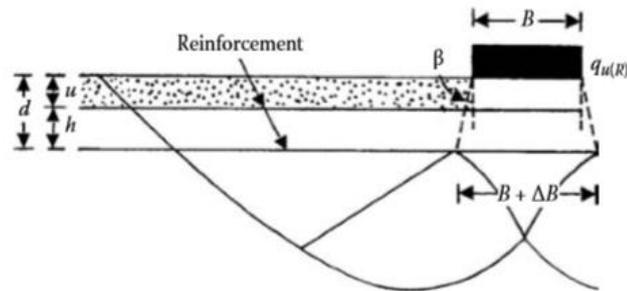


**Gambar 2.12** Skema keruntuhan yang diamati Huang dan Tatsuoka

(Sumber: Das, B.M. 2009)

Hal ini disebut *deep foundation mechanism* dimana *quasi-rigid zone* berada di bawah pondasi.

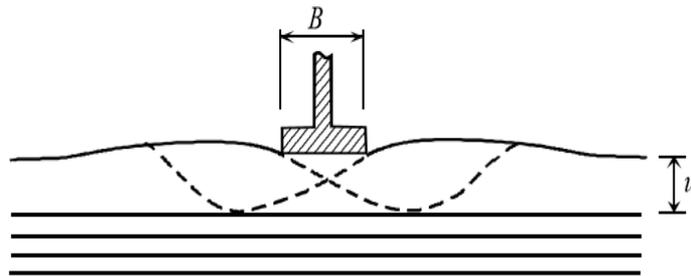
Schlosser mengusulkan *wide slab mechanism* untuk keruntuhan tanah pada pembebanan batas untuk kondisi  $b > B$ , yang ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 2.13** Skema keruntuhan pada tanah yang diperkuat yang dinyatakan oleh Schlosser (Sumber: Das, B.M. 2009)

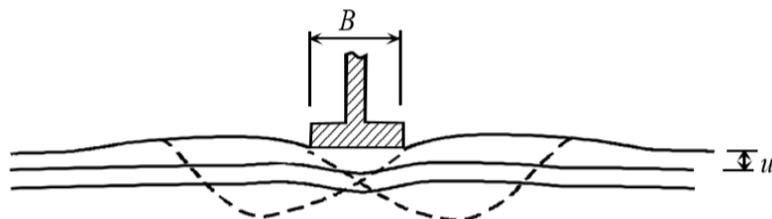
Berdasarkan hasil observasi pemodelan laboratorium yang dilakukan oleh Binquet dan Lee (1975), disimpulkan bahwa terdapat tiga kemungkinan mekanisme keruntuhan pondasi pada tanah yang diperkuat berdasarkan kekuatan tarik dan konfigurasi perkuatan yaitu:

1. *Shear failure* terjadi saat jarak lapis perkuatan teratas ( $u$ ) lebih besar dari  $2B/3$ .



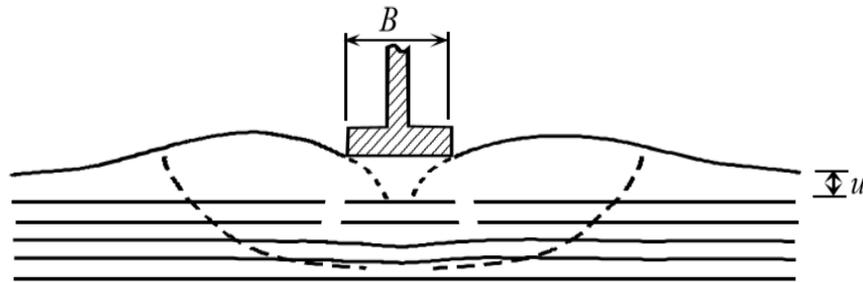
**Gambar 2.14** Keruntuhan saat  $u = 2B/3$   
(Sumber: Qiming Chen.2007:23)

2. *Pull-out failure (ties pullout)* terjadi saat jarak lapis perkuatan teratas kurang dari  $2B/3$  dengan jumlah lapis perkuatan yang digunakan kurang atau sama dengan 3 lapis dan panjang perkuatan yang digunakan terlalu pendek.



**Gambar 2.15** Keruntuhan saat  $u < 2B/3$ ,  $N < 2$  atau 3  
(Sumber: Qiming Chen.2007:23)

3. *Tension failure (ties break)* terjadi saat jarak lapisan perkuatan kurang dari  $2B/3$ , dengan jumlah lapis perkuatan yang digunakan lebih dari 4 lapis dan panjang perkuatan yang digunakan cukup panjang.



**Gambar 2.16** Keruntuhan saat  $u < 2B/3$ ,  $N > 4$   
(Sumber: *Qiming Chen.2007:23*)

## 2.6 Pengaruh Panjang Geotekstil terhadap Daya Dukung Lereng

Yun Hu, Ga Zhang, Jian-Min Zhang, C.F. Lee (2009) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan geotekstil sebagai perkuatan lereng. Dalam jurnalnya yang berjudul “*Centrifuge Modeling of Geotextile-Reinforced Cohesive Slopes*” disimpulkan bahwa salah satu parameter yang mempengaruhi kinerja geotekstil sebagai perkuatan adalah panjang geotekstil. Dalam penelitian ini dikatakan bahwa penjangkaran untuk penguatan lereng diambil 22% dari H. Adapun panjang geotekstil yang dianggap menghasilkan kinerja terbaik berkisar antara  $0,22H$  sampai  $0,42H$  dimana H merupakan ketinggian lereng.

## 2.7 Pengaruh Jarak Tepi Pondasi ke Tepi Lereng terhadap Peningkatan Daya Dukung

Tegangan yang tinggi diakibatkan beban dan perbedaan elevasi permukaan tanah menjadi masalah utama untuk mengatasi faktor keamanan dan daya dukung dari lereng, sehingga penempatan pondasi harus diperhitungkan dengan cermat. Pada penelitian **Shields, Bauer, Deschenes dan Barsvary (1977)**, mereka melakukan penelitian terhadap daya dukung lereng dengan perbandingan kemiringan 2 :1, dari data yang mereka dapatkan mereka menyimpulkan ada beberapa parameter yang sangat signifikan berpengaruh pada daya dukung, yaitu rasio D/B pondasi serta jarak pondasi dari puncak lereng.

Dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, didapatkan 2 kesimpulan utama berkaitan dengan variasi jarak dan kedalam pondasi dari puncak lereng yaitu :

1. Variasi  $D/B$  dan kemiringan lereng tersebut memiliki karakteristik eksponensial

2. Variasi ini merupakan fungsi konvergen

Kedua hal di atas disimpulkan berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, dimana didapatkan variasi tersebut berpengaruh terhadap faktor-faktor daya dukung  $N_c, N_q, N_\gamma$ .

### ***2.8 Bearing Capacity Improvement (BCI)***

Peningkatan daya dukung dapat ditentukan berdasarkan dua hal yaitu daya dukung pada beban ultimate dan daya dukung pada penurunan yang sama. BCI adalah rasio antara daya dukung tanah yang diperkuat dengan daya dukung tanah tanpa perkuatan. Peningkatan nilai BCI menunjukkan bahwa daya dukung lereng telah meningkat setelah menggunakan perkuatan (Munawir, 2013).