

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pasir

##### 2.1.1 Pengertian Pasir

Pasir dan kerikil merupakan agregat tak terkoheisi yang tersusun dari fragmen-fragmen sub-angulir atau angulir yang berasal dari batuan atau mineral yang belum mengalami perubahan (*Terzaghi & Peck, 1987:5*). Fraksi kasar yang ditunjukkan oleh pasir dibentuk oleh butiran yang biasanya terutama tersusun dari kuarsa. Masing-masing butiran mungkin berbentuk angulir, subangulir, atau bulat. Sebagian pasir mengandung persentase sangat tinggi serpihan-serpihan mika yang membuatnya sangat elastis atau lenting (*Terzaghi & Peck, 1987:8*).

Pasir adalah partikel-partikel batuan yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tinggal dalam saringan no. 200 (0,075 mm), dengan pembagian sebagai berikut:

1. Pasir kasar: butirannya lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tertahan dalam saringan no. 10 (2 mm).
2. Pasir kasar: butirannya lolos saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan dalam saringan no. 40 (0,425 mm).
3. Pasir kasar: butirannya lolos saringan no. 40 (0,425 mm) dan tertahan dalam saringan no. 200 (0,075 mm) (*Hardiyatmo, H.C., 2011:2*).

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

Sistem klasifikasi tanah *Unified* awalnya diusulkan oleh A. Casagrande pada tahun 1948 dan kemudian direvisi pada tahun 1952 oleh *Corps of Engineers* dan *U.S. Bureau of Reclamation*. Dalam bentuknya yang sekarang, sistem ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi dan insinyur geoteknik dalam bisnis konsultasi pribadi. Pada awalnya terdapat dua divisi utama dalam sistem ini. Tanah diklasifikasikan sebagai tanah kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tertahan pada saringan no. 200 dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (*Das, B.M., 2008:40-41*).

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 = D60/D10 = 1-4 CC= D30 <sup>2</sup> /D10=1-3
			GP	Kerikil bergradasi buruk, kerikil bercampur pasir mengandung sedikit butiran halus	Tidak memenuhi syarat CU maupun CC untuk GW
	Kerikil Berbutir Halus	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 = D60/D10 $\geq$ 6 CC= D30 <sup>2</sup> /D10=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

### 2.1.3 Kerapatan Relatif Pasir

Kerapatan relatif lapisan pasir memiliki pengaruh yang menentukan terhadap sudut gesekan dalam pasir, terhadap daya dukung akhir, serta terhadap penurunan telapak bangunan yang bertumpu di atas pasir. Jika pasir yang terbenam berada dalam keadaan sangat lepas, maka sebuah kejutan mendadak bisa mengubahnya secara temporer 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, kerapatan relatif suatu pasir akan jauh lebih penting daripada sifat-sifatnya yang lain, kecuali (mungkin) permeabilitasnya. (*Terzaghi & Peck, 1987:281*).

Tanah tak kohesif cenderung membentuk suatu struktur berbutir tunggal yang dapat dalam keadaan lepas atau padat. Tanah yang benar-benar tidak kohesif hanya dapat dijumpai dalam deposit tanah yang diangkut, dimana angin atau air telah memisahkan kontaminan koloidal dan atau mineral lempung. Contoh deposit yang tidak kohesif diantaranya adalah kerikil di sungai. Deposit dalam kondisi tertentu dapat

menghasilkan tanah yang sangat lepas (*metastabil*). Dimana struktur yang seperti ini mungkin mampu mendukung beban statis yang cukup besar tetapi dapat runtuh akibat beban dinamis atau getaran yang relatif kecil (*Bowles, 1993:147*).

Dalam operasi pemadatan di lapangan dimana penambahan air tidak akan merusak tanah disekitarnya, pasir yang dilimpahi air (untuk memberikan keadaan  $S_r = 100\%$ ) akan sangat membantu dalam menambah berat isi tanah. Kerapatan relatif dari tanah berbutir akan menghasilkan berat isi yang terbesar dan angka pori yang minimum. Sebaliknya, kerapatan minimum akan menghasilkan keadaan yang paling lepas, berat isi minimum, dan angka pori ( $e$ ) maksimum. Kerapatan 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 kerapatan relatif.

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

Keadaan Tanah	Dr (%)	Identifikasi Lapangan
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

Pondasi dangkal adalah pondasi dimana dari struktur ke tanah terjadi dekat dengan permukaan, (*Coduto, 1994*). Menurut Terzaghi(1943), dianggap pondasi dangkal apabila letak dasar pondasi dari muka tanah ( $D$ ) kurang atau sama dengan lebar dasar pondasi ( $B$ ). (*Das, 1994*).

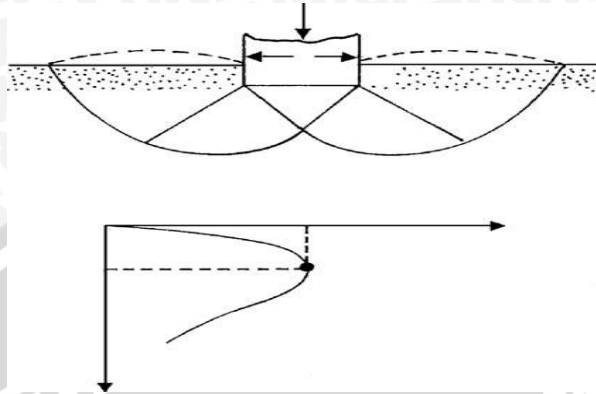
### 2.2.1 Pola Keruntuhan

Berdasarkan dengan apa yang telah dibuktikan dilapangan, sebuah pondasi apabila dibebani maka pondasi tersebut akan meneruskan beban kelapisan tanah yang ada dibawahnya, sehingga menyebabkan tanah akan mengalami deformasi vertikal dan horizontal. Apabila tanah mengalami pembebanan seperti beban pondasi, maka tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Jika beban ini bertambah terus maka penurunan juga akan bertambah dan akan menyebabkan deformasi plastis pada tanah.

Berdasarkan hasil uji model, Vesic (1963) mengelompokkan mekanisme keruntuhan pondasi menjadi tiga, yaitu :

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

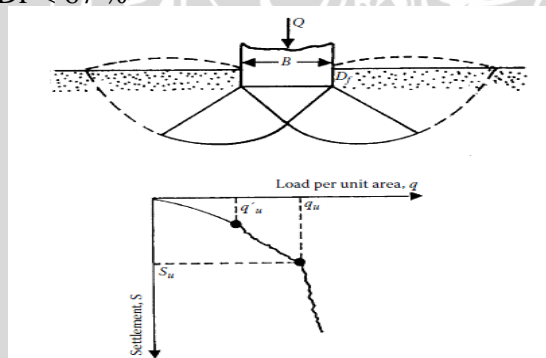
Tipe keruntuhan ini terjadi pada pasir padat (dense sand) yang memiliki  $D_r > 67\%$



**Gambar 2.1** *General Shear Failure*

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

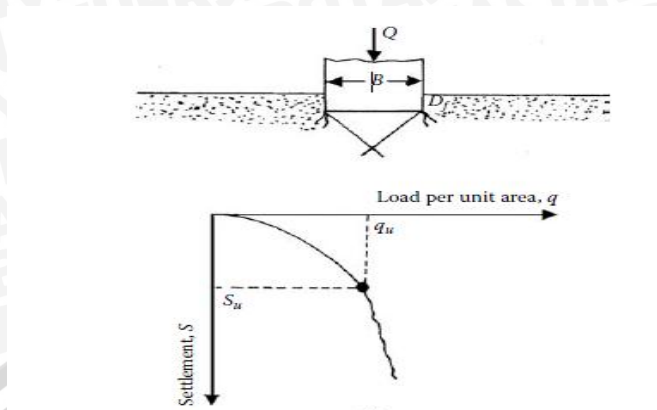
Tipe keruntuhan ini terjadi pada pasir medium dense sand yaitu pasir dengan  $30\% < D_r < 67\%$



**Gambar 2.2** *Local Shear Failure*

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

Tipe keruntuhan ini terjadi pada pasir lepas dengan  $D_r < 30\%$



**Gambar 2.3** *Punching Shear Failure*

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

Ditinjau dari kata Geosintetik (*Geosynthetic*) dimana *Geo* berarti *earth* (tanah atau bumi) *Synthetic* berarti *human-made product / material* (produk atau bahan buatan manusia). Oleh *The American Society for Testing and Materials* (ASTM) mendefinisikan *Geosynthetic* 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.

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. Berikut adalah beberapa jenis Geosintetik yang dapat kita temui :

- *Geotextile* / Geotekstil
- *Geopipe*
- *Geocomposites* / Geokomposit
- *Geofoam*
- *Geonet*
- *Geosynthetics Clay Liner*
- *Geogrid*
- *Geomembrane* / Geomembran
- *Geo-other*
- *Geocell*

### 2.3.1 Fungsi Geosintetik

Geosintetik berfungsi sebagai elemen penguat di dalam suatu massa tanah atau kombinasi berbagai macam tanah untuk menghasilkan suatu komposit yang meningkatkan kekuatan dan sifat deformasi tanah tanpa tulangan atau perkuatan lain. Pada intinya geotekstil ini digunakan untuk mengurangi erosi tanah yang disebabkan oleh pengaruh curah hujan dan limpasan air permukaan.

Berikut fungsi-fungsi dari bermacam jenis Geosintetik yang dijelaskan dalam Tabel 2.3.

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

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

### 2.3.2 Geotekstil

Geotekstil merupakan bagian dari geosintetik yang berupa bahan sintesis menyerupai bahan tekstil berupa lembaran serat buatan (*Syntetic fibres*) tenunan anti ultraviolet yang dibuat untuk menanggulangi masalah pembuatan jalan, timbunan tanah, pondasi dan sebagainya pada tanah lunak atau pasir lepas. Untuk memenuhi persyaratan dan pengolahan bahan yang mudah dipakai, maka serat buatan yang umum dipakai akhir-akhir ini dibuat dari bahan *polypropylene*, *polyethylene*, *polyster*, *nylon* dan lain-lain. Geotekstil dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

#### a. Non Woven

Non woven geotekstil dibuat dengan menyebar serat-serat pada sebuah platform yang bergerak. Serat-serat itu kemudian menjadi pokok untuk beberapa pengikat. Hasil geotekstil ini pada umumnya mempunyai sifat isotropis pada bidangnya.

b. Woven

Geotekstil ini terbuat dari anyaman dua buah serat saling tegak lurus. Hasil anyaman tersebut menimbulkan sifat mekanis material dalam dua arah yang berbeda, yaitu arah *warp* dan *welf*. Arah *warp* yaitu serat yang dianyam dalam geotekstil paralel dengan arah pembuatannya. Arah *welf* yaitu serat yang dianyam dalam geotekstil tegak lurus dengan arah pembuatannya.

c. DSF Knitted.

Geotekstil dibentuk dengan memutarakan serat-serat membran atau benang-benang mengelilingi satu dengan lainnya sehingga membentuk rajutan (Laksono, T.D. 2011: 22).

### 2.3.3 Geotekstil Sebagai Bahan Perbaikan Tanah Pasir

Menurut Mitchell dan Villet (1987), dalam suatu perkuatan tanah kombinasi antara material tanah dan perkuatan harus sedemikian rupa sehingga interaksi antara keduanya menghasilkan material komposit yang perilakunya jauh lebih baik. Tanah yang umumnya memiliki kekuatan tekan yang baik dan kemampuan tarik yang sangat lemah dapat diperbaiki perilakunya dengan menambahkan perkuatan yang memiliki kekuatan tarik. Kerjasama kedua material ini dapat menghasilkan material koheren dan memperbaiki perilaku teknis tanah asli. Perbaikan perilaku teknis tanah asli ini terjadi karena adanya transfer beban antara perkuatan dan tanah.

Mitchell dan Villet (1987) selanjutnya membagi perkuatan kedalam dua golongan, yaitu *extensible* (dapat memanjang) dan *inextensible* (tidak dapat memanjang). Pada dasarnya, hampir semua material perkuatan adalah *inextensible* kecuali *geotextile*. Oleh karena material perkuatan ini mempunyai modulus yang jauh lebih tinggi dibanding tanah, maka mampu menahan deformasi tanah dalam arah sejajar perkuatan. Sehingga keberadaan perkuatan ini dapat dianggap menaikkan kohesi tanah atau menambah *confining pressure*. Transfer tegangan antara tanah dan perkuatan dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu tahanan friksi dan tahanan pasif. Umumnya kedua mekanisme transfer beban ini bekerja bersama secara aktif. Perkuatan yang tergolong kedalam kategori friksi antara lainnya adalah :

1. *Reinforced Earth*
2. *Plastic Strip*
3. *Geotextile*

Meskipun demikian, hanya geotekstil yang bidang permukaannya halus. Sehingga hanya *geotextile* sajalah yang transfer bebannya terjadi melalui friksi murni. Oleh karena sistim perkuatan yang lainnya tidak mempunyai permukaan yang rata dan halus, maka koefisien friksinya didapat dari pengukuran langsung (*Zaika, Yulvi dkk, 2010: 94-95*).

Geosintetik memiliki banyak kegunaan dalam rekayasa sipil. Salah satunya adalah sebagai fungsi stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat mekanis massa tanah, meningkatkan faktor keamanan lereng dan menstabilkan lereng dengan kemiringan curam (kurang dari  $70^\circ$ ). Lereng tanah yang diperkuat umumnya terdiri dari timbunan padat yang digabungkan dengan perkuatan geosintetik yang disusun kearah horisontal. Ketika 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*) atau pengurungan (*confinement*) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah (*Kementerian Pekerjaan Umum, 2009:1*)

Dalam struktur yang berkaitan dengan tanah, geotekstil mempunyai 4 fungsi utama, yaitu :

1. Filtrasi dan Drainase

Geotekstil berfungsi menyaring gradasi butiran tanah dan membantu sistem mengalirkan air sekaligus menahan butiran tanah yang mengikutinya.

2. Proteksi (*erosion controll*)

Geotekstil membantu melindungi masa tanah baik digunakan sendiri maupun bersama dengan bahan pelindung lain.

3. Separator

Geotekstil mencegah tercampurnya masa tanah yang engaja dipisahkan baik ukuran dan distribusi butirannya maupun mutu dan sifatnya. Misalnya geotekstil diletakkan diantara lapisan agregat dan lapisan tanah dasar, maka geotekstil akan menjaga agar butiran tanah dasar tidak mengisi rongga-rongga pada lapisan agregat yang dapat mengurangi kemampuan drainasi tanah.

4. Perkuatan (*Reinforcement*)

Geotekstil ,meningkatkan stabilitas tanah (daya dukung dan stabilitas



lereng) dan mengurangi deformasinya (penurunan dan deformasi lateral)

### 2.3.4 Karakteristik Geotekstil

#### 1. Karakteristik Fisik

Sifat fisik geotekstil lebih dipengaruhi oleh temperatur dan kelembapan dibandingkan dengan tanah ataupun batuan. Karakteristik fisik geotekstil yang paling berguna adalah massa per satuan unit. Selain itu, geotekstil juga merupakan bahan yang dapat ditekan (*compressible*) (Hausmann, M.R. 1990:498).

#### 2. Karakteristik Mekanis

##### a. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik geotekstil berhubungan dengan kekuatan puncak dan modulus tegangan-regangannya. Penelitian menunjukkan bahwa geotekstil dan tanah akan saling mengunci (*interlocking*) sehingga akan memberi efek yang berarti terhadap karakteristik tegangan dan regangan (Hausmann M.R., 1990:498).

##### b. Kekuatan Pecah, Sobek dan Kuat Kejut

Kegagalan geotekstil akibat sobek adalah jenis kegagalan yang umumnya terjadi pada banyak pengaplikasian geotekstil baik selama tahap konstruksi maupun ketika telah dibebani (Hausmann, M.R. 1990:500).

##### c. Ketahanan Mekanis

Ketahanan mekanis berhubungan dengan hilangnya kekuatan akibat pengaruh lingkungan, rangkai dan goresan. Pengaruh dari luar yang sangat menentukan ketahanan mekanis adalah radiasi sinar ultraviolet (Hausmann, M.R. 1990:501-502).

## 2.4 Lereng

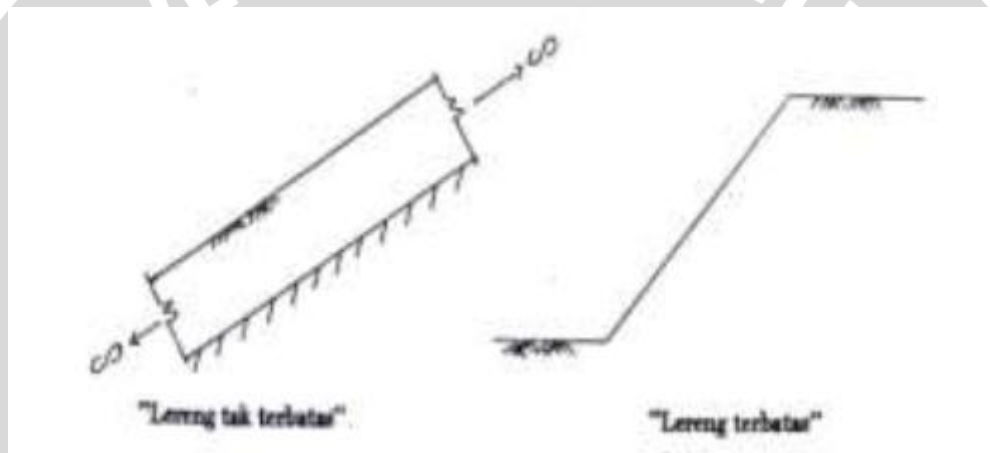
### 2.4.1 Pengertian Lereng

Lereng merupakan 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 duabidang 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.



**Gambar 2.4** Tipe Lereng (Sunggono,1984)

#### 2.4.2 Pemodelan Fisik Lereng

Seperti kebanyakan tipe lereng yang biasa kita temui di perbukitan atau didaerah dengan ketinggian tertentu, lereng yang sebenarnya merupakan suatu model fisik yang sangat besar jika harus digunakan sebagai variabel utama dalam penelitian. Oleh sebab itu sangat perlu dibuat pendekatan pemodelan suatu lereng yaitu model fisik hidraulik.

Model fisik hidraulik merupakan suatu bentuk miniature atau pengecilan dari suatu bentuk sebenarnya. Pengecilan ini bertujuan untuk memperkecil volume sampel penelitian, sehingga biaya akan lebih ekonomis dan pembatasan masalah juga tidak terlalu melebar.

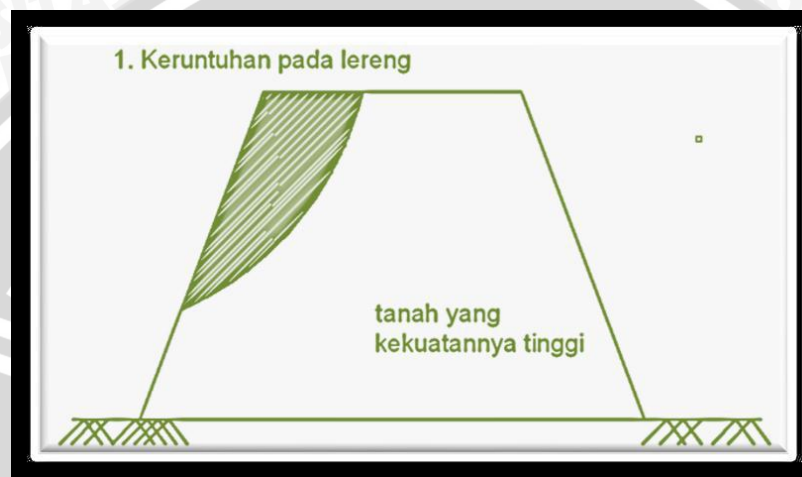
#### 2.4.3 Tipe Keruntuhan Lereng

Seperti yang kita ketahui, keruntuhan pada lereng dapat terjadi pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-

gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor atau keruntuhan.

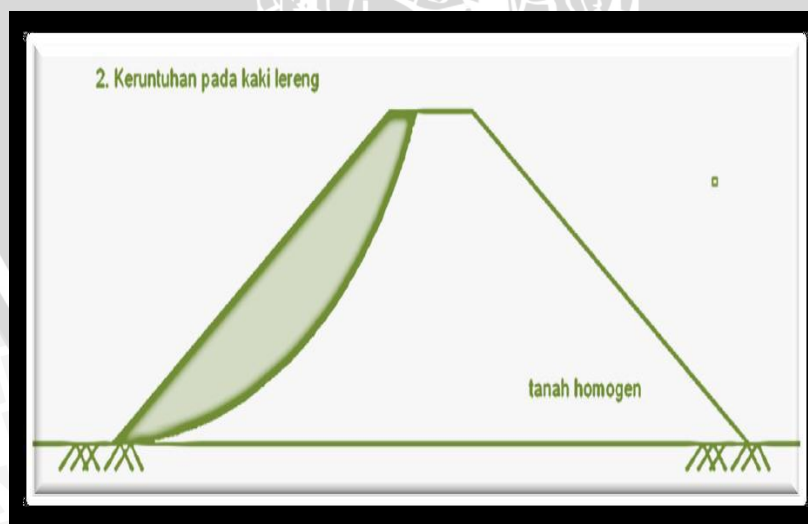
Pengamatan longsor atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh *Collin* (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkung. Adapun tipe keruntuhan normal pada lereng adalah sebagai berikut :

1. Keruntuhan pada lereng (*slope failure*)



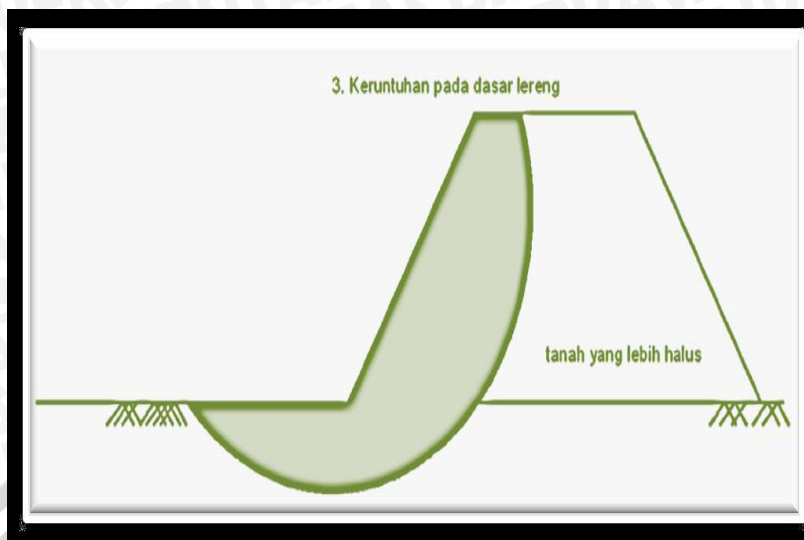
**Gambar 2.5** Tipe keruntuhan pada lereng

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



**Gambar 2.6** Tipe keruntuhan pada kaki lereng

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



**Gambar 2.7** Tipe keruntuhan di bawah kaki lereng

Keruntuhan pada lereng terjadi karena 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 keruntuhan dasar lereng terutama diakibatkan 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 :

1. Bertambahnya tegangan yang bekerja
2. Berkurangnya kuat geser material

## 2.5 Teori Daya Dukung

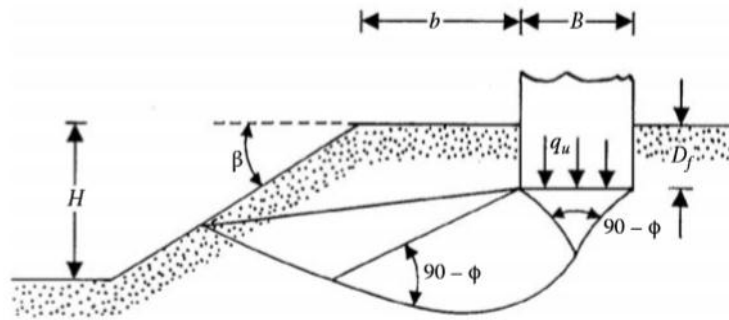
### 2.5.1 Pengertian Daya Dukung

Analisis daya dukung (*bearing capacity*) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. 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 2.8** Pondasi menerus di atas lereng

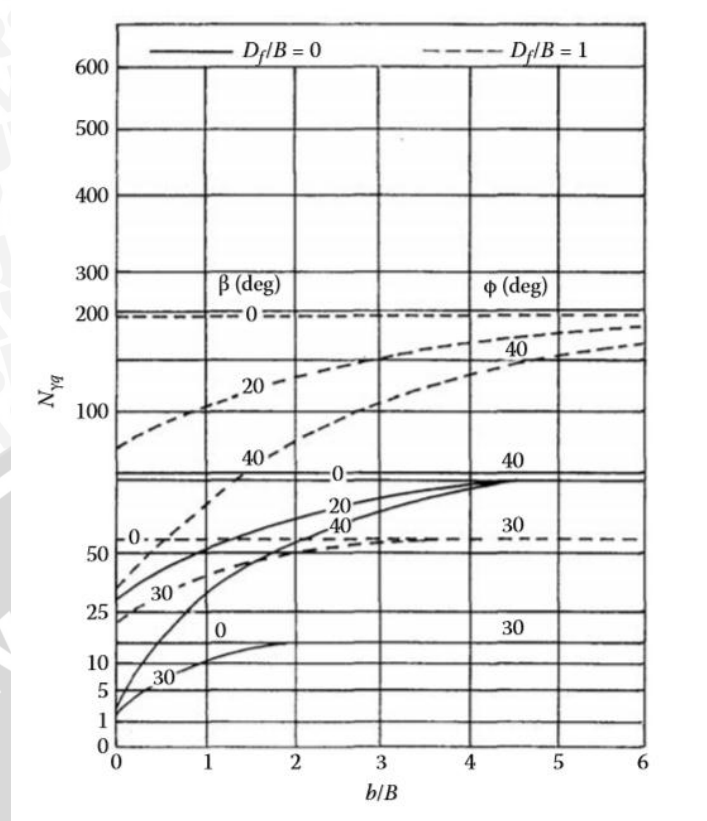
Gambar di atas menunjukkan sebuah pondasi menerus dengan lebar  $B$  yang diletakkan pada sebuah lereng dengan tinggi  $H$ . Pondasi tersebut diletakkan dengan jarak  $b$  dari tepi lereng. Adapun daya dukung batas dari pondasi tersebut dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_u = cN_{cq} + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad \dots (2.3)$$

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

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad \dots (2.4)$$

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



**Grafik 2.1** Faktor  $N_{\gamma q}$  untuk daya dukung pondasi menerus di atas lereng tanah pasir  
 (Das, B.M. 2009: 153-155)

**2.5.2.2 Solusi Hansen dan Vesic**

Untuk kondisi  $b = 0$  pada gambar 1 (pondasi tepat berada di tepi lereng), Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus tersebut dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_u = cN_c\lambda_{c\beta} + qN_q\lambda_{q\beta} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma\lambda_{\gamma\beta} \quad \dots (2.5)$$

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,

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5\tan\beta)^5 \quad \dots (2.6)$$



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

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

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

$$N_y = -2\sin\beta$$

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

$$q_u = (5,14 - 2\beta)c + \gamma D_f(1 - \tan\beta)^2 - \gamma\beta\sin\beta(1 - \tan\beta)^2 \quad \dots (2.7)$$

(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  $N_{yq}$  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  $N_{yq}$  dan menggunakan persamaan daya dukung Meyerhof untuk tanah datar.

Adapun persamaan *Gemperline* adalah sebagai berikut :

$$N_{yq} = f_{\phi} \times f_{\beta} \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, b/B} \times f_{\beta, b/D, D/B} \quad (2-8)$$

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)

$f_{\phi} = 10^{(0,1159\phi - 2,386)}$  (2-9)

$$f_B = 10^{(0,34 - 0,2 \log B)} \quad (2-10)$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B) \quad (2-11)$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L) \quad (2-12)$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L) \quad (2-13)$$

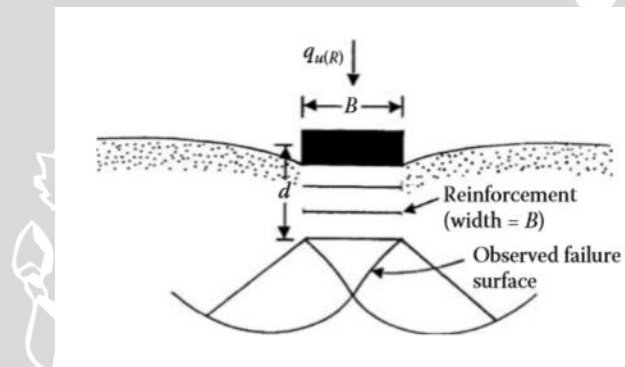
$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\} \quad (2-14)$$

$$f_{\beta, b/D, D/B} = 1 + 0,6 (B/L) [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\} \quad (2-15)$$

$$f_{\beta, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta]\} \quad (2-16)$$

### 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:



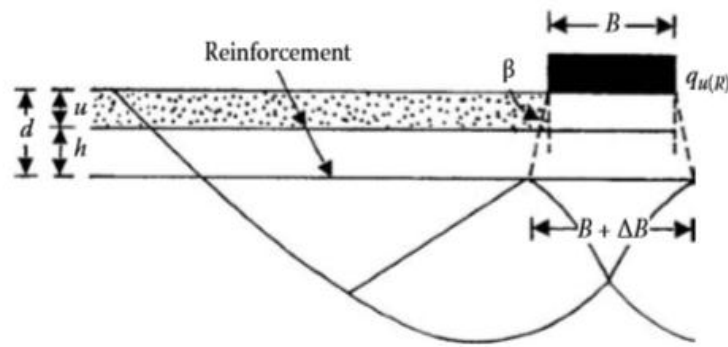
**Gambar 2.9** Skema keruntuhan yang diamati Huang dan Tatsuoka

(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:

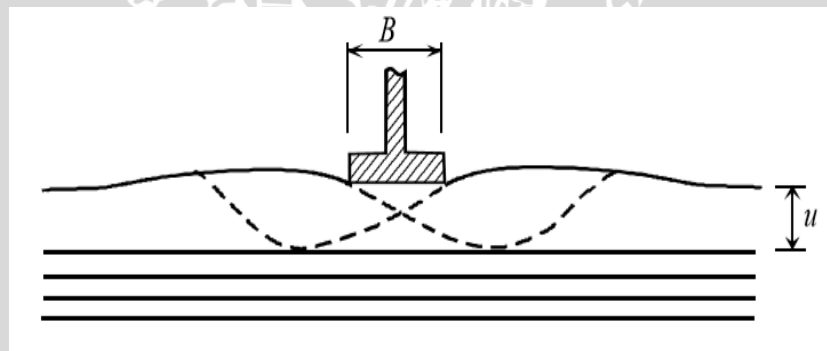




**Gambar 2.10** Skema keruntuhan pada tanah yang diperkuat yang dinyatakan oleh Schlosser (Sumber: Das, B.M. 2009)

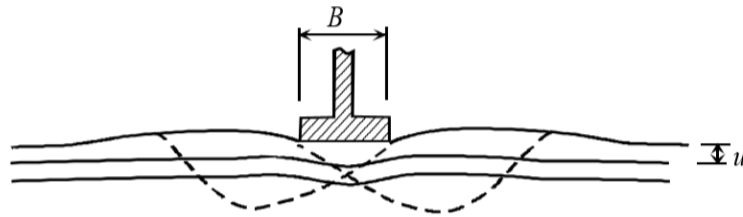
Berdasarkan hasil observasi pemodelan laboratorium yang dilakukan oleh Binquet dan Lee (1975), disimpulkan bahwa terdapat tiga kemungkinan mekanisme keruntuhan pondasi pada tanah yang diperkuat berdasarkan kekuatan tarik dan konfigurasi perkuatan yaitu:

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



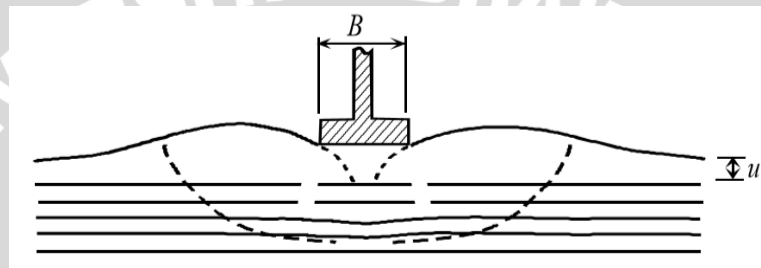
**Gambar 2.11** Keruntuhan saat  $u = 2B/3$   
(Sumber: Qiming Chen.2007:23)

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 2.12** 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 2.13** Keruntuhan saat  $u < 2B/3$ ,  $N > 4$   
(Sumber: *Qiming Chen.2007:23*)

### 2.5.3.1 Pengaruh Jumlah Lapisan Geotekstil terhadap Perkuatan Lereng

Penelitian mengenai pengaruh jumlah lapisan geotekstil terhadap *embankment* dilakukan oleh A. Tolooiyan, I. Abustan, M.R. Selamat, Sh. Ghaffari (2009). Penelitian tersebut menggunakan satu hingga tiga lapisan perkuatan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tiga lapisan geotekstil memberikan pengaruh terbaik dalam meningkatkan stabilitas *embankment*. Selain itu, penelitian mengenai pengaruh jumlah lapisan perkuatan geotekstil terhadap daya dukung juga dilakukan oleh Anita Widianti (2012). Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa tanah yang diperkuat dengan geotekstil sebanyak 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis berturut-turut akan mengalami peningkatan kekuatan sebesar 60,57%, 213,00% dan 402,64% dari kekuatan tanah tanpa perkuatan. Selain itu, tanah yang diperkuat dengan geotekstil sebanyak 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis berturut-turut akan mengalami pengurangan penurunan sebesar 40 %, 60% dan 70 % dari penurunan pada tanah tanpa perkuatan.

### 2.5.3.2 Pengaruh Jarak Vertikal antarlapis Geotekstil terhadap Peningkatan Daya Dukung

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Vafaeian dan Abbaszadeh (2006) yang mempelajari tentang perilaku lereng curam akibat pengaruh beban luar yang bekerja di permukaan tanah dengan menggunakan model pengujian dengan skala kecil disimpulkan bahwa dengan meningkatkan jarak antar lapisan perkuatan akan mengurangi beban luar yang bekerja pada lereng yang mengakibatkan kegagalan/keruntuhan.

Selain itu dalam penelitian yang dilakukan oleh A.N. Sommers dan B.V.S. Viswanadham (2009) mereka menyimpulkan bahwa pemasangan jarak vertikal antara lapisan perkuatan geotekstil pada lereng yang sangat mempengaruhi besarnya beban yang mampu ditahan oleh lereng sangat mempengaruhi besarnya beban yang mampu ditahan oleh lereng sebelum mengalami keruntuhan. Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa spasi antara lapisan perkuatan  $S_v/H = 0,15$  ; lereng dapat menahan beban sampai batas sebelum keruntuhan sebesar  $q_f = 154$  kPa. Sedangkan pada saat menggunakan spasi antar lapisan perkuatan  $S_v/H = 0,11$  ; pada keadaan lereng yang sama, beban maksimum sebelum lereng mencapai keruntuhan sebesar  $q_f = 361$  kPa.

### 2.6. *Bearing Capacity Improvement (BCI)*

*Bearing Capacity Improvement* dapat ditentukan berdasarkan 2 hal, yaitu daya dukung pada titik ultimate dan daya dukung pada level penurunan yang sama. *Bearing Capacity Improvement* adalah rasio antara daya dukung dengan perkuatan terhadap daya dukung tanpa perkuatan. Penambahan nilai *Bearing Capacity Improvement* menunjukkan bahwa daya dukung lereng telah bertambah setelah menggunakan perkuatan.