

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pasir

##### 2.1.1. Pengertian Pasir

Tanah pada umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. "Pasir dan kerikil merupakan agregat tak berkohehi yang tersusun dari fragmen-fragmen sub-angular atau angular, agaknya berasal dari batuan atau mineral yang belum mengalami perubahan" (*Terzaghi & Peck, 1993:5*). Berikut adalah rentang batasan-batasan ukuran golongan tanah yang dijelaskan dalam Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Rentang Ukuran Partikel

(Sumber : *Das, Braja M., 1995. Mekanika Tanah Jilid I*)

Tanah pasir merupakan tanah yang memiliki butiran tanah yang terpisah ketika keadaan kering dan melekat hanya apabila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air. Tanah pasir merupakan tanah non-kohehif yang tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tetapi dalam beberapa kondisi tertentu, tanah non-kohehif dengan kadar air cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental. Tarikan permukaan memberikan tanah non-kohehif suatu kohehi semu (*apparent cohesion*) yang disebut demikian karena kohehi tersebut akan hilang apabila tanah itu benar-benar kering atau benar-benar jenuh (*Bowles, 1993:38*).

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

1. Pasir kasar : butirannya lolos saringan no. 4 ( 4,75 mm ) dan tertahan dalam saringan no. 10 ( 2 mm ).
2. Pasir medium : butirannya lolos saringan nno. 10 ( 2 mm ) dan tertahan dalam saringan no. 40 ( 0,425 ).
3. Pasir halus : 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 ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers* selama Perang Dunia II. Kemudian pada tahun 1952, sistem ini disempurnakan dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation*, dan hingga saat ini sistem klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Sistem klasifikasi *Unified* ini dilakukan dengan cara mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*) yang terdiri dari kerikil serta pasir, dan tanah berbutir halus (*fine grained soil*) yang terdiri dari lempung serta lanau. Tanah dapat dikatakan berbutir kasar jika lebih dari 50% berat total contoh tanah tertahan pada saringan no. 200, sedangkan tanah dapat dikatakan berbutir halus jika lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos pada saringan no. 200. Berikut adalah klasifikasi *Unified* yang dijelaskan dalam Tabel 2.1.

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

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama umum	Kriteria klasifikasi
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butirannya tertahan pada ayakan No. 200 <sup>+</sup>	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bergradasi (kerikil)	GW	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3.  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
			GP	
		Kerikil dengan butiran halus	GM	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$  Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$
			GC	
			SW	
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Pasir berbutir kasar (pasir)	SP	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3.  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SM	
		Pasir dengan butiran halus	SC	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$  Batas-batas atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$
			SP	
			SM	

(Sumber : *Das, B.M. 1995, Mekanika Tanah Jilid I*)

### 2.1.3. Kepadatan Relatif Pasir

Kepadatan relatif pasir memiliki pengaruh yang menentukan terhadap sudut gesekan, 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, kepadatan relatif suatu pasir akan jauh lebih penting daripada sifat-sifatnya yang lain, kecuali (mungkin) permeabilitasnya (*Terzaghi & Peck, 1993:281*). Kepadatan relative (*relative compaction*) atau persentase kepadatan tertentu dispesifikasikan sebagai nilai banding dari berat volume kering di pemodelan atau dilapangan dengan berat volume kering maksimum di laboratorium menurut percobaan standar, seperti percobaan standar proctor atau modifikasi proctor. Persamaan untuk Kepadatan relative dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

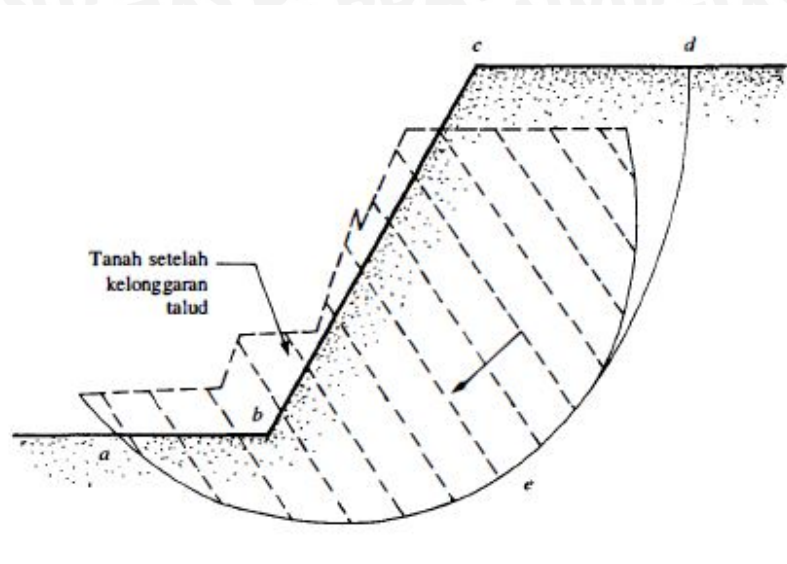
$$RC = \frac{\gamma_d(\text{lapangan})}{\gamma_d(\text{max.lab})} \times 100\% \quad (2.1)$$

## 2.2. Lereng

### 2.2.1. Pengertian Lereng

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah seperti pada bukit atau tebing-tebing sungai. Selain itu, lereng juga dapat dibuat oleh manusia seperti pada bendungan-bendungan tanah, tanggul-tanggul sungai, tebing-tebing saluran, dan lain sebagainya (*Bowles, Joseph E., 1986:573*).

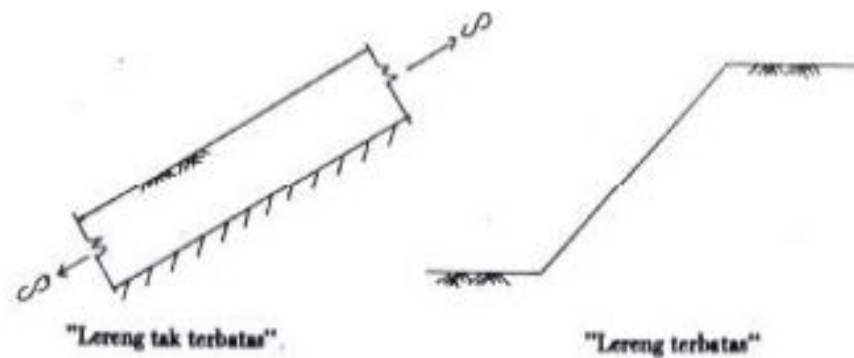
Dalam setiap kasus, tanah yang tidak rata akan mengakibatkan komponen gravitasi dari berat akan cenderung menggerakkan massa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah (*Bowles, Joseph E., 1986:574*). Seperti pada Gambar 2.2, kelongsoran lereng dapat terjadi jika komponen berat tanah tersebut cukup besar sehingga tanah dalam zona *a b c d e a* dapat menggelincir ke bawah. Dengan kata lain, gaya dorong (*driving force*) melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor.



**Gambar 2.2** Kelongsoran Lereng (Sumber : Das, B.M. 1993. *Meknika Tanah Jilid 2*)

Lereng dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu lereng terbatas dan lereng tak terbatas. "Lereng terbatas adalah lereng dengan kondisi dimana suatu timbunan terletak di atas tanah asli yang miring. Akibatnya timbunan akan mengalami kelongsoran di sepanjang bidang gelincir" (Hardiyatmo, Hary C., 1994).

Sedangkan lereng tak terbatas menurut Hardiyatmo (1994) adalah lereng dengan kondisi dimana tanah yang mempunyai kedalaman tertentu dengan permukaan miring, terletak di atas lapisan batu dengan kemiringan permukaan yang sama. Lereng disebut tak terbatas karena memiliki panjang yang sangat besar dibandingkan dengan kedalamannya. Berikut adalah jenis lereng terbatas dan tak terbatas yang dijelaskan dalam Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Tipe Lereng ( Sumber : Sunggono, 1984 )

### 2.2.2. Pemodelan Fisik Lereng

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

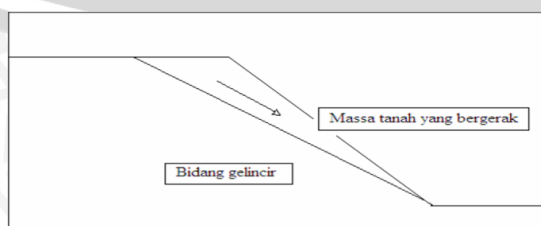
Model fisik hidraulik merupakan suatu bentuk miniature atau pengecilan dari suatu bentuk yang sebenarnya. Pengecilan ini bertujuan untuk memperkecil volume sampel penelitian, sehingga biaya akan lebih ekonomis dan pembatasan masalah juga tidak akan terlalu melebar.

### 2.2.3. Tipe Keruntuhan Lereng

Pengamatan longsoran atau keruntuhan pada lereng yang dilakukan oleh *Collin* (1846) menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Menurut *Giani* (1992) semua bentuk gerakan tersebut, umumnya dipengaruhi oleh formasi geologi yaitu lapisan batuan dan pelapukan batuan dan tanah. Jenis-jenis gerakan kelongsoran tanah yang biasanya terjadi, yaitu :

#### 1. Kelongsoran Translasi

Kelongsoran ini terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan. Kelongsoran translasi cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal dibawah permukaan lereng, dimana permukaan runtuhnya akan berbentuk bidang dan hampir sejajar dengan lereng (*Craig, R.F.1989:321*). Kelongsoran translasi dapat dilihat pada Gambar 2.4.

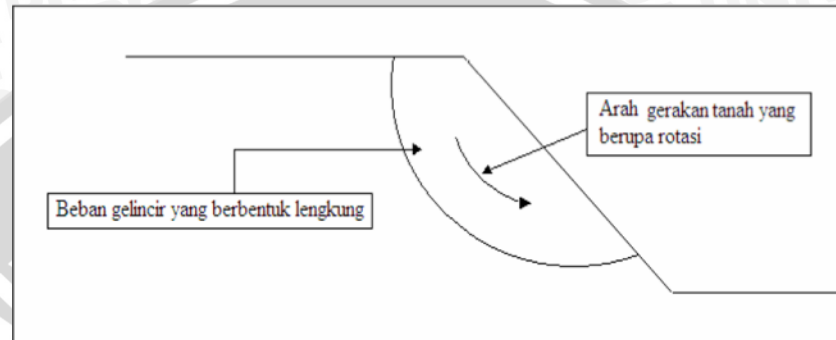


**Gambar 2.4** Kelongsoran Translasi

(Sumber : *P. Giani* , 1992)

## 2. Kelongsoran Rotasi

Dalam kelongsoran rotasi bentuk permukaan runtuh pada potogannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran. Biasanya tipe kelongsoran lingkaran ini berhubungan dengan kondisi tanah yang homogen dan tipe kelongsoran kurva berhubungan dengan kondisi tanah yang tidak homogen, seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.

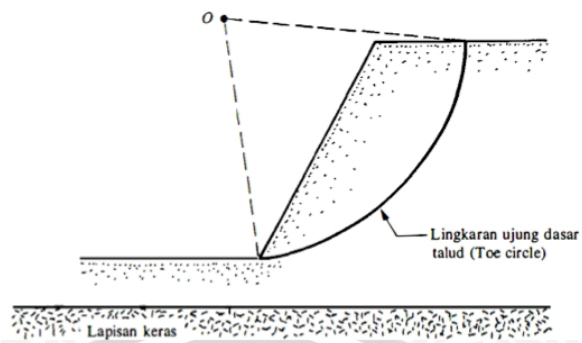


**Gambar 2.5** Kelongsoran Rotasi

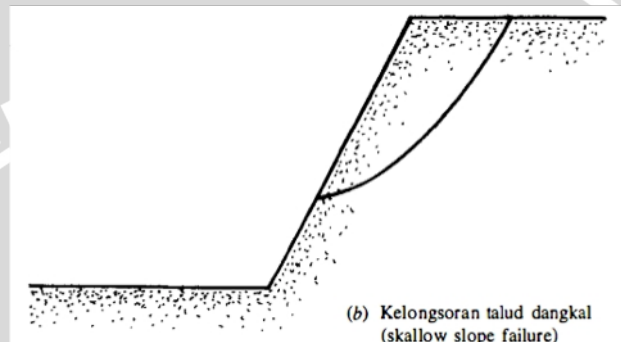
(Sumber : P. Giani , 1992)

Jenis kelongsoran rotasi ini yang sering terjadi (Gambar 2.5), yaitu:

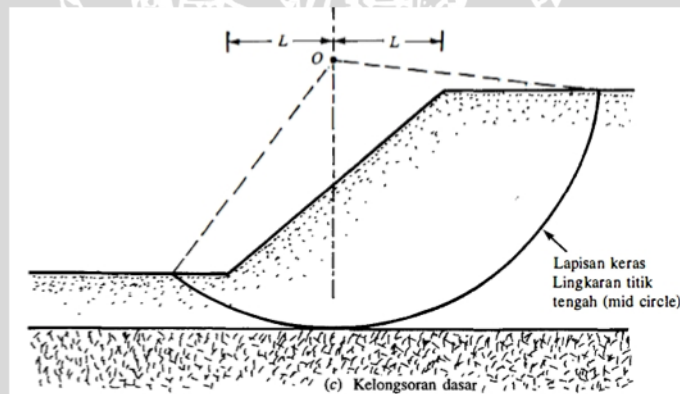
- (a) Lengkung kelongsoran dinamakan sebagai kelongsoran ujung kaki lereng (*toe slide*), bila bidang longsor tadi melalui ujung dasar lereng. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 (a).
- (b) Lengkung kelongsoran dinamakan sebagai kelongsoran lereng (*slope slide*) apabila bidang longsor tadi melalui bagian atas ujung dasar lereng. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 (b).
- (c) Bila longsor terjadi sedemikian rupa sehingga permukaan bidang gelincir berada agak jauh di bawah ujung dasar lereng, keadaan tersebut dinamakan sebagai longsor dasar (*base slide*). Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 (c).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 2.6** Jenis-jenis keruntuhan rotasi :

(a) *Toe Slide*; (b) *Slope Slide*; (c) *Base Slide*

(Sumber : Das, B.M. 1993. Mekanika Tanah Jilid 2)

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.

## 2.3. Geosintetik

### 2.3.1. Pengertian Geosintetik

Istilah Geosintetik berasal dari dua kata, yaitu *geo* yang berarti memiliki hubungan dengan tanah dan *sintetik* yang berarti bahan buatan manusia. Seperti yang tercantum di dalam ASTM D4439, bahwa Geosintetik adalah suatu produk berbentuk lembaran yang terbuat dari bahan polimer lentur yang digunakan dengan tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari suatu pekerjaan, struktur, atau sistem.

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa geosintetik merupakan bahan buatan manusia yang dapat digunakan dalam suatu pekerjaan geoteknik. Geosintetik digunakan sesuai dengan kebutuhannya, oleh karena itu terdapat beberapa jenis Geosintetik dengan fungsi yang berbeda-beda. Berikut adalah jenis-jenis Geosintetik yang biasanya digunakan di dalam suatu pekerjaan :

- *Geotextile* / Geotekstil
- *Geogrid*
- *Geopipe*
- *Geocell*
- *Geonet*
- *Geofoam*
- *Geosynthetics Clay Linier (GCL)*
- *Geomembrane* / Geomembran
- *Geocomposites* / Geokomposit

Berikut adalah jenis Geosintetik beserta fungsinya yang dijelaskan dalam Tabel

2.2.



Tabel 2.2 Fungsi - Fungsi Jenis Geosintetik

Jenis Geosintetik	Fungsi Utama					
	Separator	Perkuatan	Filter	Drainase	Penghalang	Proteksi
Geotekstil	✓	✓	✓	✓		✓
Geogrid		✓				
Geonet				✓		
Geomembran					✓	
Geosynthetic Clay Liner (GCL)					✓	
Geopipa				✓		
Geofoam	✓					
Geokomposit	✓	✓	✓	✓	✓	✓

(Sumber : DPU. 2009. Volume 1 Klasifikasi & Fungsi Geosintetik)

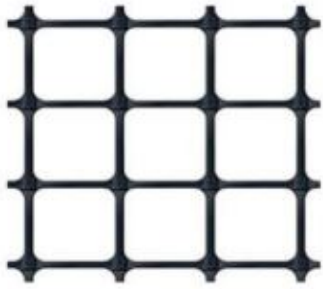
### 2.3.2. Geogrid

Geogrid merupakan produk geosintetik yang terdiri dari jaringan yang beraturan dan terhubung satu sama lainnya, dengan ukuran bukaan lebih besar dari 6,35 mm sehingga memungkinkan untuk saling mengunci dengan tanah, batuan ataupun struktur lain di sekitarnya serta memiliki fungsi primer sebagai perkuatan (ASTM D4439). Geogrid adalah hasil pengembangan dari teknologi geotekstil, sehingga kekurangan yang terdapat pada geotekstil sebagai bahan perkuatan dapat tertutupi, terutama dalam inovasi kekakuan bahan dan mekanisme perkuatannya.

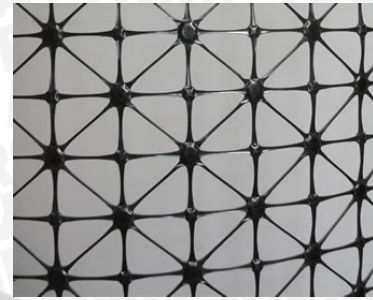
Fungsi utama dari geogrid adalah sebagai perkuatan (*reinforcement*). Menurut tipe bukaannya, geogrid dibagi menjadi 3 tipe yaitu *Geogrid Uniaxial*, *Geogrid Biaxial*, dan *Geogrid Triaxial*. Gambar dari ketiga jenis geogrid di atas dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 (a) Geogrid Uniaxial



**Gambar 2.7 (b)** Geogrid Biaxial



**Gambar 2.7 (c)** Geogrid Triaxial

### 2.3.3. Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan

#### 2.3.3.1. Sifat Fisik

Sifat-sifat fisik geosintetik yang umumnya perlu diketahui adalah berat jenis, massa per satuan luas, ketebalan, dan kekakuan. Beberapa sifat fisik lain yang khusus geogrid antara lain adalah jenis struktur, bentuk bukaan, ukuran bukaan, dimensi rib, dan sebagainya. Sifat-sifat fisik biasanya memiliki pengaruh suhu dan kelembaban yang lebih besar dibandingkan dengan pengaruh tanah dan batuan. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil yang konsisten dalam pengujian, dibutuhkan pengendalian suhu dan kelembaban yang teratur.

#### 2.3.3.2. Sifat Mekanik

Sifat-sifat mekanik dalam geosintetik berfungsi untuk menahan kerusakan saat instalasi dan menahan beban. Sifat-sifat yang dimiliki oleh geogrid antara lain adalah :

- Kuat Tarik

Kuat tarik pada geosintetik didefinisikan sebagai tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji pada titik keruntuhan. Seluruh aplikasi geosintetik bergantung pada sifat mekanik ini baik sebagai fungsi primer maupun fungsi sekunder.

- Kuat Robek

Kuat robek merupakan kemampuan geosintetik untuk menahan tegangan yang menyebabkan terjadinya penambahan panjang robekan dari robekan yang sudah ada.

- Kuat Tusuk

Kuat tusuk merupakan kemampuan geosintetik untuk menahan tegangan lokal yang diakibatkan oleh tusukan benda seperti batu, akar tanaman, dan sebagainya.

- Kuat Tusuk Dinamis

Kuat tusuk dinamis merupakan kemampuan geosintetik untuk menahan tegangan akibat benturan benda dan penetrasi dari benda jatuh seperti batu atau alat bantu konstruksi, selama proses pemasangan geosintetik.

- Kuat Jebol

Kuat jebol merupakan kemampuan geosintetik untuk menahan tekanan normal ketika terkekang di segala arah.

- Kuat Fatig

Kuat fatig merupakan kemampuan geosintetik untuk menahan beban berulang sebelum terjadinya keruntuhan.

### 2.3.3.3. Sifat Hidrolik

Sifat hidrolik yang dimiliki geogrid sama seperti geosintetik lainnya adalah permeabilitas. Permeabilitas adalah kemampuan yang dimiliki geosintetik untuk mengalirkan air. Permeabilitas dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- Permeabilitas tegak lurus bidang atau yang biasa disebut sifat daya tembus air. Daya tembus air (*permeability*) adalah kecepatan aliran volumetrik per luas geosintetik per unit tinggi tekan, pada kondisi aliran laminar dalam arah tegak lurus bidang geosintetik.
- Kapasitas pengaliran air sejajar bidang geosintetik atau *transmissivity* merupakan koefisien produk dari koefisien permeabilitas untuk aliran air sejajar bidang geosintetik dan tebal geosintetik.

### 2.3.3.4. Daya Tahan dan Degradasi

Daya tahan (*endurance*) dan degradasi merupakan sifat yang dimiliki geosintetik dalam jangka panjang. Sifat-sifat yang dimiliki geogrid antara lain adalah perilaku rangkak (*creep*), daya tahan abrasi, kemampuan pengaliran jangka panjang, durabilitas, dan lain sebagainya.

Rangkak (*creep*) adalah elongasi geosintetik akibat beban konstan. Perilaku rangkak dari geosintetik perlu dievaluasi mengingat sifat polimer merupakan bahan yang sensitif terhadap rangkak. Rangkak merupakan faktor penting untuk struktur dengan geosintetik seperti dinding penahan tanah, perkuatan lereng, dan timbunan di atas tanah lunak. Dalam aplikasi tersebut, diperlukan geosintetik yang tahan terhadap tegangan tarik dalam jangka waktu yang lama (biasanya lebih dari 75 tahun).

Durabilitas adalah kemampuan geosintetik untuk mempertahankan sifat awalnya terhadap pengaruh lingkungan atau pengaruh lainnya selama umur rencananya. Durabilitas geosintetik sangat tergantung pada komposisi polimer pembentuknya. Durabilitas geosintetik dapat diidentifikasi dengan pengamatan visual atau mikroskopis untuk memberikan prediksi perubahan sifat secara kuantitatif antara geosintetik yang terpapar dan tidak terpapar oleh faktor lingkungan maupun faktor lainnya.

#### 2.3.4. Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan Tanah

Menurut fungsinya, geosintetik memiliki enam fungsi antara lain yaitu separator, perkuatan, filter, drainase, penghalang, dan proteksi. Geogrid merupakan jenis geosintetik yang hanya memiliki perkuatan sebagai fungsi utamanya. Sehingga dalam penggunaannya, sifat tarik bahan geogrid dimanfaatkan untuk menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah. Oleh karena itu, geogrid sering digunakan sebagai perkuatan lereng, perkuatan timbunan di atas tanah lunak, maupun dinding penahan tanah yang distabilisasi secara mekanis.

#### 2.3.5. Teori Panjang Penyaluran Geogrid

Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh S. V. Anil Kumar dan K. Ilamparuthi dalam *Response of Footing on Sand Slopes*, panjang penyaluran dari perkuatan geogrid merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam peningkatan daya dukung pada lereng pasir. Pengaruh panjang penyaluran geogrid dalam perolehan daya dukung pada penelitian di atas ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut.

**Tabel 2.3** Daya Dukung Lereng Pasir dengan Perkuatan Geogrid

L/B	Ultimate Bearing Capacity (kN/m <sup>2</sup> )		Increment (%)
	Reinforcement Below Footing	Unreinforced Slope	
	1	43	34
2	110	34	224
3	120	34	253

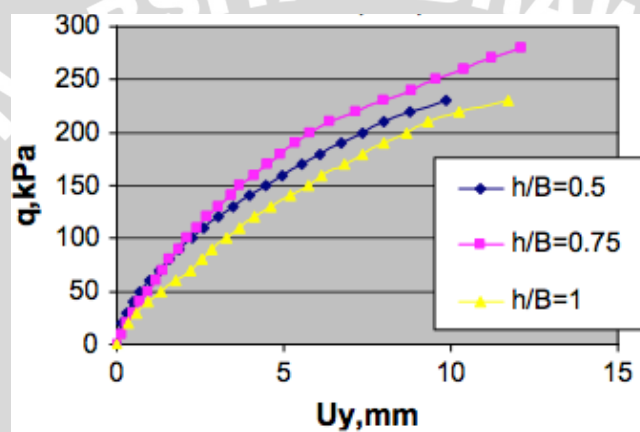
(Sumber : S. V. Anil Kumar dan K. Ilamparuthi, 2009)

Dalam penelitian yang dilakukan, peneliti menggunakan  $d/B = 1$  untuk letak pondasi dari tepi lereng, sehingga kita dapat melihat dari Tabel 2.3 bahwa peningkatan daya dukung yang paling optimum terjadi pada  $L/B = 3$  yaitu dengan panjang

penjangkaran selebar pondasi. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa panjang penjangkaran yang digunakan adalah sepanjang lebar pondasi.

### 2.3.6. Teori Jarak antar Lapisan Geogrid

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Saeed Alamshahi dan Nader Hataf dalam *Bearing Capacity of Strip Footings on Sand Slopes Reinforced with Geogrid and Grid-Anchor*, jarak antar lapisan geogrid juga merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam peningkatan daya dukung pada lereng pasir selain panjang penyaluran. Hasil penelitian mengenai pengaruh jarak antar lapisan geogrid terhadap daya dukung yang telah dilakukan akan ditunjukkan dalam Gambar 2.8 sebagai berikut.



**Gambar 2.8** Grafik Hubungan Daya Dukung dan Penurunan dengan Variasi Jarak Antar Lapisan Geogrid

(Sumber : Saeed Alamshahi dan Nader Hataf, 2009)

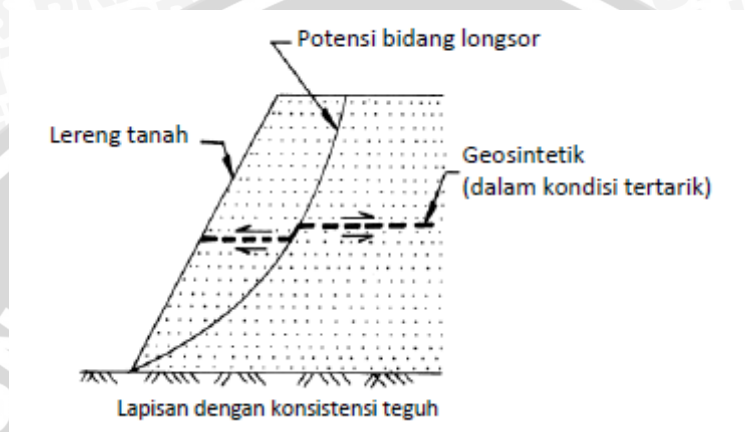
Dari Gambar 2.8 di atas, dapat diketahui bahwa jarak antar lapisan geogrid yang menghasilkan daya dukung paling optimum adalah lereng dengan rasio jarak antar geogrid dan lebar pondasi sebesar  $h/B = 0,75$ . Sehingga pada penelitian ini penulis juga menetapkan untuk menggunakan jarak antar lapisan geogrid sebesar  $0,75B$ .

### 2.3.7. Mekanisme Kerja Geogrid pada Tanah

Geosintetik memiliki banyak kegunaan dalam rekayasa teknik 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, seperti terlihat pada Gambar 2.9.

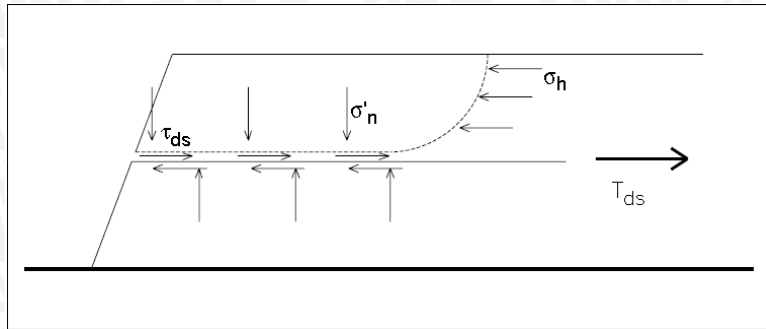


**Gambar 2.9** Dasar Mekanisme Perkuatan Tanah Lereng dengan Geosintetik  
(Sumber : DPU. 2009. *Pedoman Konstruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Penguatan tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009*)

### 2.3.8. Mekanisme Transfer Beban antara Geogrid dengan Tanah

Transfer beban antara geogrid dengan tanah dapat dijelaskan dengan mekanisme kegagalan geogrid. Terdapat dua mekanisme kegagalan pada geogrid yaitu meluncurnya masa tanah di atas perkuatan dan tercabutnya perkuatan geogrid. Kedua kegagalan tersebut sangat bergantung pada besarnya hambatan lekat pada geogrid.

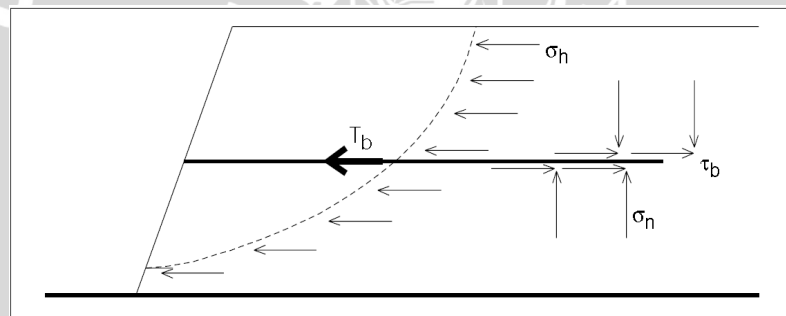
Mekanisme kegagalan luncur dapat dilihat pada Gambar 2.10. Gaya penahan untuk kegagalan luncur ini berasal dari hambatan lekat antara geogrid dengan tanah sehingga menimbulkan tahanan geser. Tahanan geser tersebut juga dipengaruhi oleh besarnya tegangan normal diatas perkuatan geogrid. Tegangan normal di atas perkuatan geogrid tersebut tidak hanya berasal dari massa tanah, tetapi bisa juga dari berat beban diatas lereng.



**Gambar 2.10** Mekanisme kegagalan luncur pada perkuatan geogrid

(Sumber : *Rimoldi, 1994*)

Mekanisme kegagalan cabut dapat dilihat pada Gambar 2.11. Gaya penahan untuk kegagalan cabut berupa tahanan geser yang juga berasal dari hambatan lekat geogrid dengan tanah, khususnya di atas dan di bawah permukaan geogrid. Tahanan geser tersebut juga dipengaruhi oleh besarnya tegangan normal diatas perkuatan geogrid.



**Gambar 2.11** Mekanisme kegagalan cabut pada perkuatan geogrid

(Sumber : *Rimoldi, 1994*)

Dimana :

$\tau_{ds}$  = Tahanan geser kegagalan luncur

$\tau_b$  = Tahanan geser kegagalan cabut

$\sigma_h$  = Tekanan lateral tanah

$\sigma_n'$  = Tegangan normal efektif di atas perkuatan

## 2.4. Pondasi Dangkal

### 2.4.1. Pengertian Pondasi Dangkal

Menurut Braja M. Das (1993), pondasi dangkal adalah pondasi yang mempunyai perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi sekitar kurang dari empat.

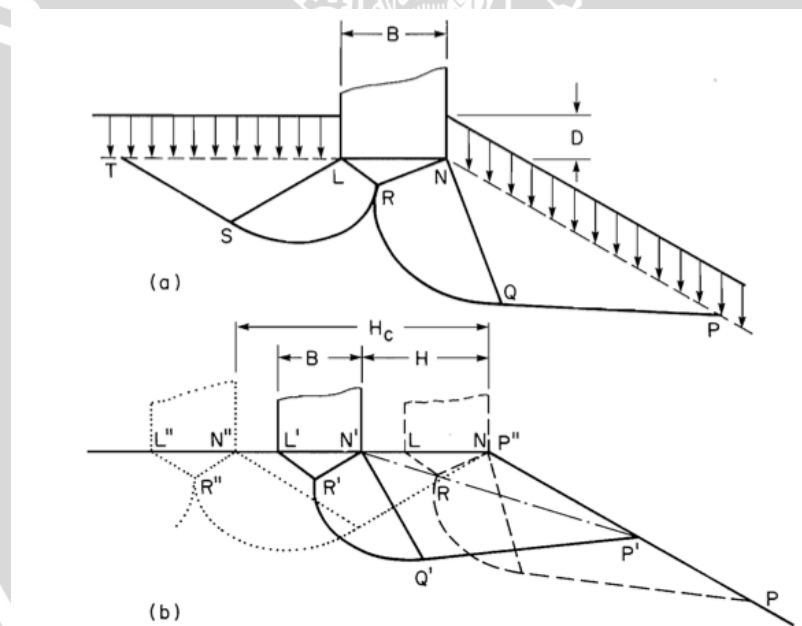
Apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih besar dari empat, maka pondasi tersebut dapat disebut sebagai pondasi dalam.

#### 2.4.2. Tekanan Sentuh (*Contact Pressure*) pada Lereng

Tekanan yang bekerja di antara dasar pondasi dan tanah disebut tekanan sentuh (*contact pressure*). Tekanan sentuh penting dipertimbangkan untuk perancangan pondasi, karena dapat mempengaruhi distribusi momen dan tegangan geser pada pondasi dan juga untuk menghitung penurunan dari pondasi akibat penempatan lapisan yang dekat dengan pondasi.

#### 2.4.3. Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi pada Lereng

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh J. Graham, M. Andrews, dan D. H. Shield dalam *Stress Characteristics for Shallow Footings in Cohesionless Slopes*, didapatkan pola keruntuhan di bawah pondasi pada lereng sebagai berikut.



**Gambar 2.12**

(a) Pola keruntuhan lereng dengan letak pondasi tepat pada tepi lereng

(b) Pola keruntuhan lereng dengan letak pondasi yang memiliki jarak dari tepi lereng

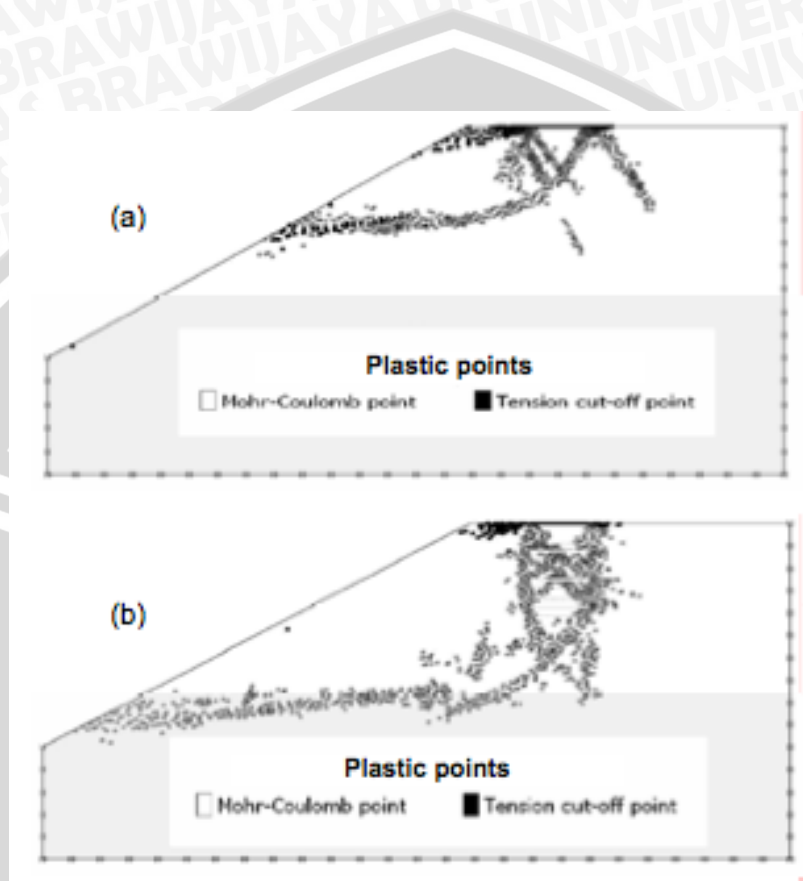
(Sumber : J. Graham, dkk., 1987)

Dari Gambar 2.12, kita dapat melihat bahwa ketika pondasi diberikan jarak dari tepi lereng maka pola keruntuhannya pun akan berbeda pula. Oleh karena itu, jarak pondasi dari tepi lereng sangat berpengaruh kepada pola keruntuhan lerengnya, berbeda halnya dengan pola keruntuhan pada tanah dasar yang relatif sama.



#### 2.4.4. Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi pada Lereng dengan Perkuatan Geogrid

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh S.V. Anil Kumar dan K. Ilamparuthi dalam *Response of Footing on Sand Slopes*, didapatkan pola keruntuhan pada lereng dengan perkuatan sebagai berikut.



**Gambar 2.13**

(a) Pola keruntuhan lereng tanpa perkuatan

(b) Pola keruntuhan lereng dengan perkuatan

(Sumber : S. V. Anil Kumar dan K. Ilamparuthi, 2009)

Pada Gambar 2.13 di atas dapat dilihat bahwa dengan diberikannya perkuatan geogrid pada lereng, penyebaran tegangan pada tanah semakin besar sehingga daya dukung yang dihasilkan juga semakin meningkat.

## 2.5. Teori Daya Dukung Pondasi

### 2.5.1. Pengertian Daya Dukung Pondasi

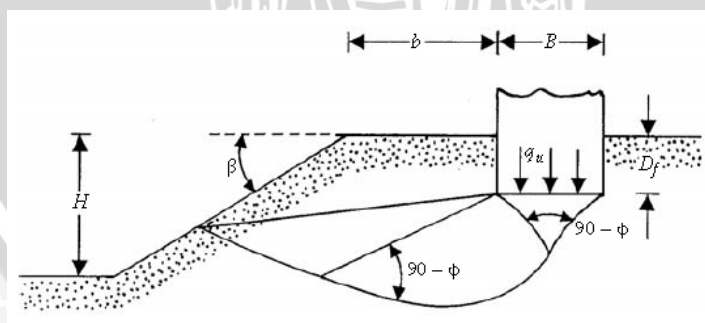
Analisis daya dukung (*bearing capacity*) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang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

Dalam teori Meyerhof menyarankan persamaan daya dukung dengan memperhatikan bentuk pondasi, kemiringan beban, dan kuat geser tanah di atas dasar pondasi. Apa yang disarankan oleh Meyerhof cukup bermanfaat untuk menjawab tantangan dalam permasalahan geoteknik saat ini, yaitu masalah penempatan pondasi yang berada dekat atau bahkan di atas sebuah lereng.

Pola keruntuhan pondasi pada lereng yang menurut Meyerhof dapat dilihat pada Gambar 2.14 :



**Gambar 2.14** Pondasi dangkal di atas lereng  
(Sumber : Braja M. Das, 2009)

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 pada Persamaan 2.2.

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

Sehingga untuk tanah pasir ( $c=0$ ), Persamaan 2.2 di atas dapat disederhanakan sebagai berikut.

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

### 2.5.2.2. Solusi Meyerhof-Gemperline

*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 ukuran standar dari sebuah lereng, lereng dibuat dengan faktor – faktor penentu yang ada. Dari percobaan tersebut *Shields* melaporkan presentase 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.

Persamaan *Gemperline* diperlihatkan pada Persamaan 2.4 berikut.

$$N_{\gamma q} = f_{\phi} \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B,B/L} \times f_{\beta, d/B} \times f_{\beta, d/D, D/B} \times f_{\beta, d/B, B/L} \quad (2.4)$$

Dengan :

$\phi$  = Sudut Geser dalam Tanah

$\alpha$  = Sudut Kemiringan Lereng

$B$  = Lebar Pondasi (inch)

$D$  = Kedalaman Pondasi (inch)

$L$  = Panjang Pondasi (inch)

$d$  = Jarak Pondasi ke Tepi Lereng (inch)

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

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

$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B)$

$$\begin{aligned}
 f_{B/L} &= 1 - 0,27 (B/L) \\
 f_{D/B, B/L} &= 1 + 0,39 (D/L) \\
 f_{\beta, d/B} &= 1 - 0,8 [ 1 - ( 1 - \tan \beta )^2 ] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \} \\
 f_{\beta, d/D, D/B} &= 1 + 0,6 (B/L) [ 1 - ( 1 - \tan \beta )^2 ] \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \} \\
 f_{\beta, d/B, B/L} &= 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{ 2/[2 + (b/B)^2 \tan \beta ] \}
 \end{aligned}$$

### 2.5.2.3. Solusi Hansen

Untuk kondisi  $b = 0$  (pondasi tepat berada di tepi lereng), Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus tersebut pada Persamaan 2.5.

$$q_u = c N_c \lambda_{c\beta} + q N_q \lambda_{q\beta} + 0,5 \gamma B N_\gamma \lambda_{\gamma\beta} \quad (2.5)$$

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, (ditunjukkan pada Persamaan 2.6)

$$\lambda_{q\beta} = \lambda_{\gamma\beta} = ( 1 - \tan \beta )^2 \quad (2.6)$$

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

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

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

### 2.5.3. Bearing Capacity Improvement (BCI)

Pengaruh adanya perkuatan baik dengan menggunakan geogrid ataupun perkuatan yang lain, digambarkan dalam bentuk besaran non-dimensional yang biasanya disebut BCI. *Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah suatu perbandingan rasio yang menjelaskan perbandingan antara daya dukung tanah saat diberi perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa diberi perkuatan. Nilai BCI dapat ditentukan berdasarkan dua hal, yaitu daya dukung pada saat ultimit ( $BCI_u$ ), dan daya dukung pada penurunan yang sama ( $BCI_s$ ).

Dari penelitian ini dapat diketahui peningkatan daya dukung (*Improvement Bearing Capacity*) dengan membandingkan daya dukung dengan dan tanpa perkuatan geogrid, sebagai berikut :

$$BCI = \frac{q}{q_0} \quad (2.7)$$

Dimana,

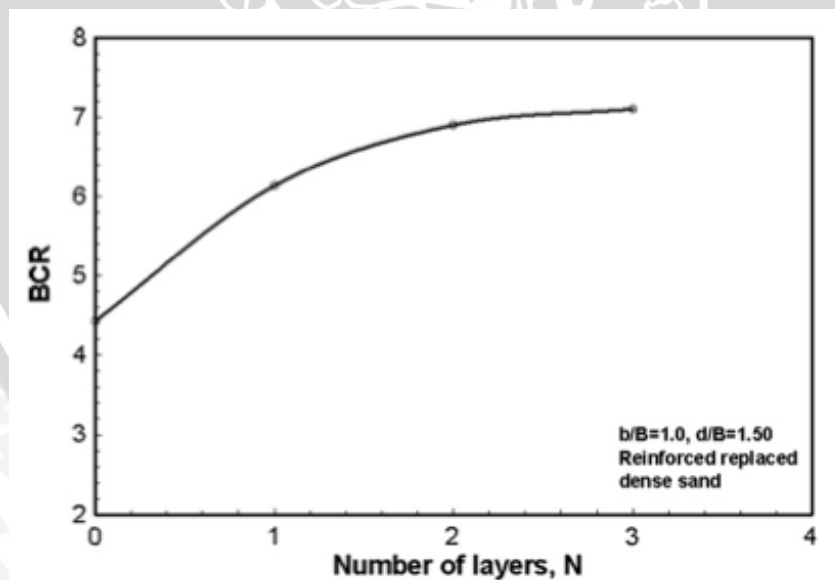
BCI = *Bearing Capacity Improvement*

q = Daya Dukung dengan Perkuatan Geogrid

q<sub>0</sub> = Daya Dukung tanpa Perkuatan

## 2.6. Pengaruh Jumlah Lapisan Geogrid terhadap Peningkatan Daya Dukung

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mostafa A. El Sawwaf dan Ashraf K. Nazir dalam *Cyclic Settlement Behavior of Strip Footings Resting on Reinforced Layered Sand Slope*, menjelaskan tentang pengaruh dari jumlah lapisan geogrid terhadap peningkatan daya dukung pondasi pada lereng pasir. Pada penelitian tersebut, mereka menggunakan 3 variasi jumlah lapisan geogrid yaitu 1, 2, dan 3 lapisan. Berikut adalah grafik perbandingan antara BCR atau BCI dengan jumlah lapisan geogrid dari penelitian di atas.



**Gambar 2.15** Grafik Perbandingan BCR dengan Jumlah Lapisan Geogrid

(Sumber : Mostafa A. El Sawwaf dan Ashraf K. Nazir, 2011)

Dari grafik di atas kita bisa melihat bahwa hasil dari penelitian mereka menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lapisan geogrid yang digunakan sebagai perkuatan, maka daya dukung pondasinya akan meningkat pula. Namun masih ada kemungkinan pula hasil tersebut akan berubah jika dikombinasikan dengan variasi dari variabel lain. Hal inilah yang mendasari penulis untuk melakukan penelitian dengan mengkombinasikan variasi sudut kemiringan lereng dan variasi jumlah lapisan geogrid.

### **2.7. Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng terhadap Peningkatan Daya Dukung**

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dodik Prasetyo (2014) tentang daya dukung pondasi menerus pada lereng, menjelaskan tentang pengaruh sudut kemiringan lereng terhadap daya dukung. Pada penelitiannya, digunakan 3 variasi sudut kemiringan lereng yaitu  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ , dan  $56^\circ$ . Hasil dari penelitian tersebut diperoleh bahwa di antara 3 variasi sudut di atas, yang memiliki nilai BCI paling maksimum adalah lereng dengan sudut kemiringan sebesar  $46^\circ$ . Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai sudutnya, maka makin besar pula nilai daya dukung pondasinya. Namun masih ada kemungkinan pula hasil tersebut akan berubah jika dikombinasikan dengan variasi dari variabel lain. Hal inilah yang mendasari penulis untuk melakukan penelitian dengan mengkombinasikan variasi sudut kemiringan lereng dan variasi jumlah lapisan geogrid sebagai bahan perkuatannya. Dengan harapan nantinya dapat diketahui berapa jumlah lapisan geogrid yang diperlukan untuk setiap variasi sudut kemiringan lereng, sehingga dapat diperoleh hasil daya dukung yang paling maksimum.