

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi adalah konstruksi bawah struktur yang berfungsi menerima dan meneruskan beban struktur ke tanah tanpa mengakibatkan keruntuhan geser dan penurunan pondasi berlebih dengan meratakan beban terhadap tanah. Penurunan pondasi sangat berbahaya terhadap suatu bangunan bahkan terhadap bangunan lainnya. Pembangunan pondasi di atas tanah berpasir perlu diperhatikan dalam perencanaannya.

Daya dukung pondasi sangat dipengaruhi oleh daya dukung dan kuat geser tanah. Peletakan beban pondasi dangkal pada tanah akan menyebabkan penurunan yang berbanding lurus dengan penambahan beban merata pondasi (q). Maka sifat tanah pasir inilah yang menjadi sebab penurunan pondasi yang besar.

Menurut Patra et al. (2005) melakukan penelitian dengan beberapa parameter. Pada penelitian tersebut pondasi diperlakukan dengan menaikkan rasio kedalaman pondasi. Hasilnya semakin besar nilai rasio kedalaman yang dipakai semakin tinggi pula peningkatan daya dukung yang terjadi.

Laxmikanth Yadu et al. (2013) mengatakan bahwa penelitiannya membandingkan daya dukung antara tanah yang diperkuat dan tanah tanpa perkuatan. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan geogrid dengan rasio $b/B=2$ memberikan peningkatan daya dukung sebesar 84 %. Sedangkan penambahan lebar geogrid $b/B=8$ memberikan nilai maksimum terhadap daya dukung yang terjadi.

Pada penelitian lain, menurut Pontjo Utomo (2004) didalam penelitiannya menyimpulkan bahwa perletakkan geogrid akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam merubah karakteristik mekanik dari tanah yang diperkuatnya. Dalam hasil penelitiannya parameter rasio jarak antar geogrid memberikan kontribusi kenaikan daya dukung hingga 2,5 kali. Sedangkan perletakan geogrid lapis pertama mampu menaikkan 2,5 – 3,5 kali daya dukung tanah yang ada.

Mengacu pada beberapa penelitian tersebut, maka dilakukan penelitian lanjut dengan memperbesar ukuran boks uji, memperkecil ukuran lebar bukaan geogrid dan memperbesar kuat tarik geogrid dengan RC 85%. Variasi yang digunakan adalah rasio d/B pondasi dan jumlah lapisan.

Dari hasil penelitian diharapkan memperoleh perbandingan daya dukung tanah tanpa geogrid dengan tanah pasir menggunakan perkuatan geogrid. Sehingga didapatkan bagaimana pengaruh penggunaan geogrid dan optimasi yang perlu dilakukan dalam penggunaan geogrid.

1.2 Identifikasi Masalah

Dengan semakin besarnya penurunan tanah yang terjadi pada tanah berpasir maka dibutuhkan solusi dalam menambah daya dukung dan mengurangi penurunan tanah. Masalah yang terjadi diantaranya sebagai berikut:

1. Kecilnya nilai daya dukung tanah pada tanah dasar yang dibebani oleh bangunan di atasnya menyebabkan terjadinya penurunan pondasi tersebut.
2. Untuk menambah nilai daya dukung tanah, maka diperlukan suatu perkuatan pada tanah dasar sehingga dapat mengurangi besarnya penurunan .
3. Perkuatan tanah dasar yang digunakan adalah perkuatan geogrid dengan memberikan variasi rasio kedalaman terhadap lebar pondasi dengan nilai 0, 0,5 dan 1, kemudian jumlah geogrid masing-masing nilainya 1, 2 dan 3 lembar.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ditemukan, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana daya dukung yang terjadi akibat variasi rasio kedalaman terhadap lebar pondasi pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid?
2. Bagaimana daya dukung yang terjadi akibat variasi jumlah lapis geogrid pada tanah pasir dengan perkuatan geogrid?
3. Bagaimana daya dukung yang terjadi pada tanah pasir tanpa perkuatan dibandingkan dengan pengaruh perkuatan geogrid menggunakan variasi rasio kedalaman terhadap lebar pondasi dan jumlah lapis geogrid ?
4. Berapakah kedalaman pondasi dan jumlah lapis geogrid yang efektif untuk daya dukung tanah pondasi menerus pada perencanaan perkuatan tanah pasir menggunakan geogrid?

1.4 Batasan Masalah

Untuk memeperjelas ruang lingkup baru rumusan masalah, maka perlu adanya batasan masalah. Batasan masalah yang diberikan adalah :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Brawijaya
2. Tanah yang digunakan adalah tanah pasir homogen isotropis , tanah yang digunakan merupakan jenis tanah pasir bersimbol SP (*Poorly Graded Sand*) yang diklasifikasi menurut sistem *Unified (U.S.C.S)*.
3. Kepadatan tanah pasir yang digunakan 85%
4. Geogrid yang digunakan adalah jenis geogrid type biaxial di ambil dari PT.Tetrasa Geosinindo
5. Air yang digunakan yaitu air PDAM Kota Malang
6. Jumlah variasi lapis geogrid yang digunakan adalah 1, 2 dan 3 dan lebar pondasi menerus persegi yang digunakan adalah 10 cm
7. Pengujian daya dukung terhadap pondasi telapak dengan rasio kedalaman dibandingkan lebar pondasi 0, 0,5 dan 1, dan rasio jarak antara pondasi dengan lapis geogrid pertama dengan lebar pondasi 0,25
8. Pengujian menggunakan mesin *strain dial* dengan mesin hidrolis dengan pembebanan vertikal terhadap satu titik.
9. Jarak antar geogrid yang digunakan dalam pemodelan fisik tanah pasir adalah $S_v = 0,25B$ cm.

1.5 Tujuan Masalah

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui daya dukung tanah akibat variasi rasio kedalaman terhadap lebar pondasi dengan perkuatan geogrid pada tanah pasir.
2. Untuk mengetahui daya dukung tanah akibat variasi jumlah lapis geogrid pada tanah pasir.
3. Untuk mengetahui perbandingan daya dukung tanah pasir dengan perkuatan terhadap tanpa perkuatan dengan variasi rasio kedalaman terhadap lebar pondasi dan jumlah lapis geogrid.
4. Untuk mengetahui rasio kedalaman terhadap lebar pondasi dan jumlah lapis geogrid yang efektif pada tanah dengan perkuatan geogrid.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1). Bagi praktisi lapangan antara lain :
 - Menjadi sumber informasi dan sebagai pertimbangan dalam suatu perencanaan jumlah lapisan geogrid dan rasio kedalaman terhadap lebar pondasi untuk perkuatan tanah dasar yang dapat dipergunakan pada tanah dasar pondasi.
 - Menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan alternatif perkuatan tanah dasar yang memiliki sifat fisis seperti tanah pasir.
- 2). Bagi kalangan akademis antara lain:
 - Sebagai referensi yang dapat digunakan dalam penelitian di bidang Mekanika Tanah yang berkaitan dengan permasalahan daya dukung (*bearing capacity*) pada pondasi telapak.



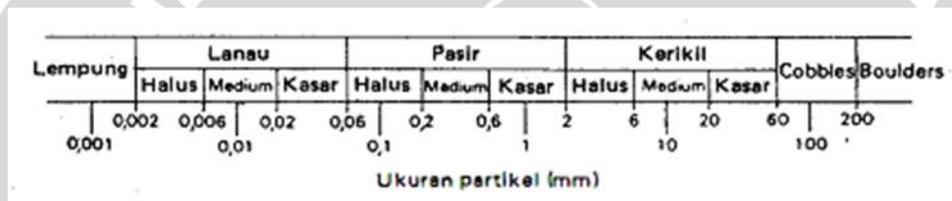
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir

2.1.1 Karakteristik Tanah Pasir

Pasir dan kerikil dibagi menjadi 3 fraksi yaitu kasar, medium, dan halus, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. Pasir biasanya mengandung butiran-butiran mineral (Craig, R.F.1989:11). Rentan ukuran partikel ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Rentang ukuran partikel



(Sumber :Craig, R.F.1989. *Mekanika Tanah Edisi ke Empat*)

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 medium : butirannya lolos saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan dalam saringan no. 40 (0,425 mm).
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)

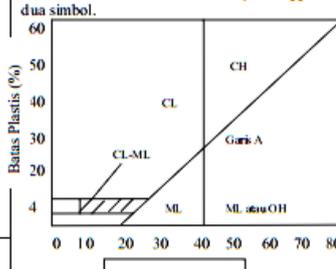
Klasifikasi tanah sistem USCS pertama kali dicetuskan oleh Cassagrande kemudian mengalami pengembangan melalui United State Bureau of Reclamation (USBR) dan United State Army Corps of Engineer (USACE) lalu dibentuk oleh American Society for Testing and Materials (ASTM) dengan memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Hingga kini sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik pada era modern.



Tanah dikatakan sebagai tanah kasar apabila lebih dari 50% tanah tertahan pada saringan no. 200.

Dalam pendapatnya Bowles(1991) menyatakan bahwa kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi USCS diperlihatkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Sistem klasifikasi USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Garis A : $PI = 0.73 (LL-20)$	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)		
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
	Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
		PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber: Hary Christady, 1996.

2.1.3 Kepadatan Relatif Pasir

Kepadatan relatif (*relative compaction*) atau persentase kepadatan tertentu bisa dispesifikasikan sebagai nilai perbandingan dari berat volume kering pada pemodelan atau di lapangan dengan berat volume kering maksimum di laboratorium menurut percobaan

standar, seperti misalnya percobaan standar proctor atau modifikasi proctor. Persamaan kepadatan relatif dapat dilihat pada Persamaan 2-1.

$$RC = \frac{\rho_d - \rho_{d-field}}{\rho_d - \rho_{d-laboratory}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Perlu diperhatikan bahwa memadatkan tanah pada sisi basah optimum akan menghasilkan kuat geser tanah yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar air pada sisi kering optimum. Oleh sebab itu, selain nilai persentase kepadatan, rentang kadar air tanah pada tanah yang akan dipadatkan juga perlu diperhatikan.

2.2 Pondasi Dangkal

Hardiyatmo (2011) berpendapat bahwa pondasi merupakan bagian terendah suatu konstruksi bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan di atasnya ke tanah atau batuan yang ada di bawahnya. Terdapat dua jenis pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung. Yang termasuk dalam pondasi dangkal adalah pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Pondasi telapak (*spread footing*) adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam menopang beban kolom. Pondasi memanjang (*continuous footing*) merupakan pondasi yang digunakan untuk mendukung sederet kolom-kolom berjarak dekat, sehingga tidak memungkinkan digunakan pondasi telapak karena sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain. Sementara pondasi rakit (*raft foundation* atau *mat foundation*) merupakan pondasi yang digunakan pada tanah lunak, atau digunakan bila susunan jarak antar kolom sangat dekat di semua arah, sehingga bila digunakan pondasi telapak akan saling berimpit. Macam-macam pondasi dangkal ditunjukkan dalam.

2.2.1 Tegangan Kontak

Dalam penelitian Musthafa (2015) disebutkan bahwa tegangan kontak (*contact pressure*) merupakan tegangan yang bekerja di bawah pondasi akibat beban struktur di atasnya. Tegangan kontak dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan 2-2.

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot Y}{I_x} \quad (2-2)$$

Dimana:

σ = tegangan kontak

Q = beban aksial total

M_x, M_y = momen terhadap sumbu x dan y pada penampang pondasi

X, Y = jarak antara titik pusat penampang pondasi ke titik dimana tegangan kontak dihitung perspektif sumbu x dan y

I_x, I_y = momen inersia penampang pondasi terhadap sumbu x dan y

Bila pondasi hanya dibebani dengan beban sentris, tegangan kontak yang dihasilkan akan merata. Beban aksial yang sentris tegak lurus dengan titik pusat penampang pondasi tanpa adanya momen yang bekerja pada pondasi, besarnya tegangan kontak akan sama besar pada keseluruhan penampang pondasi. Tegangan kontak dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tegangan kontak akibat beban aksial eksentris

2.2.2 Pola Keruntuhan di Bawah Pondasi

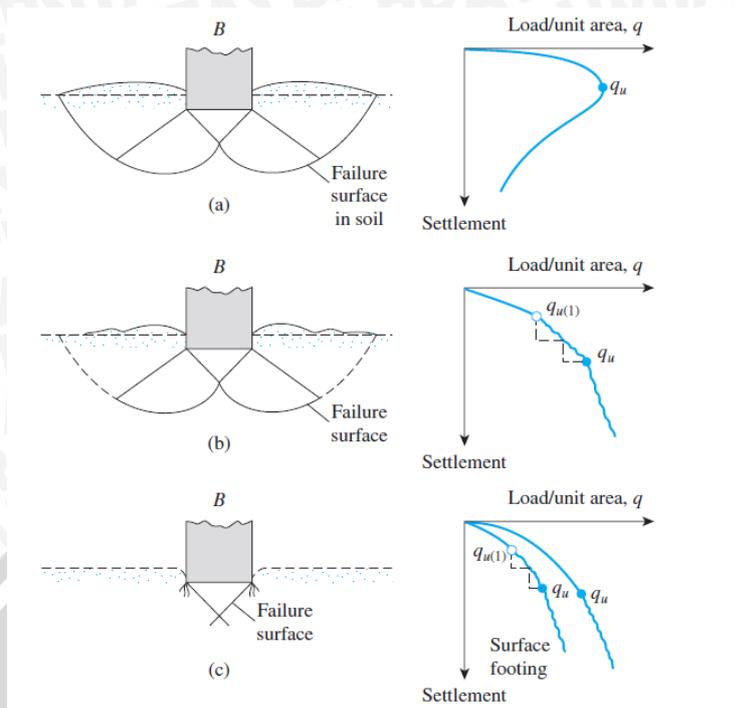
Menurut pendapat Vesic (1963) dalam buku yang ditulis oleh Hardiyatmo (2011), mekanisme keruntuhan pondasi dikategorikan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Keruntuhan geser umum (*general shear failure*).
2. Keruntuhan geser local (*local shear failure*).
3. Keruntuhan penetrasi (*penetration failure* atau *punching shear failure*).

Saat beban pondasi per satuan luas (q) diberikan secara bertahap pada tanah pasir padat atau tanah kohesif kaku, penurunan yang terjadi akan meningkat. Pada titik tertentu, saat beban per satuan luas mencapai nilai q_u , keruntuhan tanah akan terjadi secara tiba-tiba dan gerakan tanah yang terjadi menyebabkan pengembangan tanah di sekitar pondasi hingga ke permukaan tanah. Keruntuhan tanah yang terjadi secara tiba-tiba tersebut disebut sebagai keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Keruntuhan geser umum terjadi dalam waktu singkat dengan diikuti penggulingan pondasi. (Hardiyatmo, 2011: 107).

Bila satu kondisi dimana pondasi berada di atas tanah lempung atau tanah dengan kepadatan rendah, bertambahnya beban pada pondasi akan diikuti dengan bertambahnya penurunan. Keruntuhan yang terjadi akan menyebabkan berkembangnya tanah secara bertahap. Saat beban mencapai nilai $q_{u(1)}$, pondasi akan bergerak secara tiba-tiba. $q_{u(1)}$ didefinisikan sebagai beban runtuh pertama (Vesic, 1963). Perpindahan pondasi menyebabkan terjadinya pola keruntuhan yang ditunjukkan dengan garis putus-putus pada Gambar 2.15 dan memungkinkan tanah mengembang ke permukaan. Keruntuhan tersebut akan terjadi ketika beban per satuan luas mencapai nilai q_u . Nilai q puncak pada keruntuhan ini tidak dapat ditentukan. Keruntuhan tersebut dinamakan sebagai keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). (Das, 2011: 133). Pada keruntuhan geser lokal, pengembangan tanah yang terjadi cukup sedikit tanpa disertai penggulingna pondasi. (Hardiyatmo, 2011: 107).

Saat pondasi ditempatkan pada tanah lunak (*fairly loose soil*), dapat dikatakan keruntuhan geser tidak terjadi. Saat diberi beban, pondasi hanya menembus dan menekan tanah ke samping yang menyebabkan pemampatan tanah di sekitar pondasi. Penurunan yang terjadi hampir linier dengan penambahan bebannya. Saat keruntuhan, bidang runtuh tidak terlihat sama sekali. Keruntuhan ini disebut sebagai keruntuhan penetrasi (*punching shear failure*). (Hardiyatmo, 2011: 107).



Gambar 2.2 Macam keruntuhan pondasi (Vesic, 1963)

- (a) Keruntuhan geser umum
- (b) Keruntuhan geser lokal
- (c) Keruntuhan penetrasi

2.3 Teori Daya Dukung Pondasi

2.3.1 Pengertian Daya Dukung Pondasi

Analisis kapasitas daya dukung tanah menurut Christady (2002) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya

2.3.2 Solusi Meyerhof

Meyerhof 1955 menganggap faktor-faktor daya dukungnya lebih kecil dibanding yang disarankan Terzaghi. Hal tersebut dikarenakan Meyerhof mempertimbangkan kedalaman pondasi, kapasitas daya dukungnya menjadi lebih besar. Meyerhof 1963 menyarankan persamaan kapasitas daya dukung dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas pondasi. Daya dukung dengan mempertimbangkan faktor kedalaman dapat dilihat pada Persamaan 2.3.

$$qu = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q q N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \quad (2.3)$$

Dengan:

qu = kapasitas dukung ultimit

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas dukung untuk pondasi memanjang

s_c, s_q, s_γ = faktor bentuk pondasi

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman pondasi

i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg } \varphi$$

$$N_q = \text{tg}(45^\circ + \varphi/2) e^{(\pi g \varphi)}$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \text{tg}(1,4\varphi)$$

(Sumber: Christady, 2002:120)

Faktor-faktor bentuk pondasi, kedalaman, dan kemiringan dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 2.3 Faktor bentuk pondasi

Faktor bentuk	Nilai	Keterangan
S_c	$1 + 0,2(B/L) \text{tg}^2(45 + \varphi/2)$	Untuk sembarang φ
$S_q = S_\gamma$	$1 + 0,1(B/L) \text{tg}^2(45 + \varphi/2)$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Tabel 2.4 Faktor kedalaman pondasi

Faktor kedalaman	Nilai	Keterangan
d_c	$1 + 0,2(D/B) \text{tg}(45 + \varphi/2)$	Untuk sembarang φ
$d_q = d_\gamma$	$1 + 0,1(D/B) \text{tg}(45 + \varphi/2)$	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$
	1	Untuk $\varphi = 0$

Tabel 2.5 Faktor kemiringan beban

Faktor kemiringan beban	Nilai	Keterangan
$i_c = i_q$	$\left(1 - \frac{\delta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	Untuk sembarang φ
i_γ	$\left(1 - \frac{\delta^\circ}{\varphi^\circ}\right)^2$ 1	Untuk $\varphi \geq 10^\circ$ Untuk $\varphi = 0$

Catatan: δ = sudut kemiringan beban terhadap garis vertical

(Sumber: Christady, 2002: 123)

2.3.3 Solusi Hansen dan Vesic

Brinch Hansen pada tahun 1970 menyarankan persamaan kapasitas dukung yang pada dasarnya sama dengan Terzaghi, hanya didalamnya di masukan nilai factor kedalaman, inklinasi beban, inklinasi dasar, dan inklinasi permukaan tanah. Untuk $\varphi = 1$ Hansen menyarankan persamaan kapasitas daya dukung ultimit sebagai berikut:

$$q_u = \frac{Q_u}{B'L'} = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \quad (2.4)$$

Persamaan kapasitas dukung Vesic (1975) selengkapnya, seperti juga persamaan Brinch Hansen, memberikan pengaruh-pengaruh seperti kedalaman, bentuk pondasi, kemiringan dan eksentrisitas beban, kemiringan dasar dan kemiringan permukaan, yaitu:

$$q_u = \frac{Q_u}{B'L'} = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma \quad (2.5)$$

Dengan:

Q_u = Beban vertical ultimit (kn)

L', B' = panjang dan lebar efektif pondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

C = kohesi tanah (kN/m²)

p_o = $D_f \gamma$ = tekanan overburden di dasar pondasi (kN/m²)

s_c, s_q, s_γ = faktor-faktor bentuk pondasi

d_c, d_q, d_γ = faktor-faktor kedalaman pondasi

i_c, i_q, i_γ = faktor-faktor kemiringan beban

b_c, b_q, b_γ = faktor-faktor kemiringan dasar

g_c, g_q, g_γ = faktor-faktor kedalaman pondasi

N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Hansen

2.4 Geosintetik

Menurut Niken (2012) Geosintetik (*Geosynthetic*) di dasarkan atas dua bagian, yaitu Geo artinya berhubungan dengan tanah dan *Synthetic* artinya bahan buatan manusia. Geosintetik di definisikan sebagai material yang umumnya berbentuk lembaran dan difungsikan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh konstruksi yang berkaitan dengan tanah.

Kementrian PU mendefinisikan geosintetik pada dasarnya dibagi menjadi dua yaitu tekstil dan jaring (*web*). Jika didasarkan pada bahan geosintetik terbagi menjadi dua yaitu alami dan sintetik. Bahan sintetik sering digunakan karena material polimer tahan terhadap degradasi biologis dan kimiawi. Bahan alami seperti serat kapas dan rami juga dapat digunakan tetapi hanya bersifat sementara .

Berikut adalah beberapa jenis Geosintetik yang dapat kita temui :

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

Tabel 2.1 Fungsi Berbagai Macam Produk 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)

2.5 Geogrid

2.5.1 Pengertian Geogrid

Pada penelitian ini perkuatan yang dilakukan menggunakan geogrid. Geogrid merupakan salah satu jenis geosintetik yang berbentuk jaring (*web*) dengan jala (*mesh*) terbuka. Fungsi utama geogrid adalah sebagai perkuatan. Penguatannya mengacu pada mekanisme sifat teknis tanah komposit / agregat yang dapat ditingkatkan secara mekanis. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dan terhubung satu sama lainnya yang mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (*interlock*) dengan bahan pengisi di sekelilingnya baik tanah, batuan ataupun struktur lain disekitarnya. Menurut ASTM D4439, bukaan (*aperture*) pada geogrid memiliki ukuran yang lebih besar dari 6,35 mm (1/4 in.).

2.5.2 Jenis Geogrid

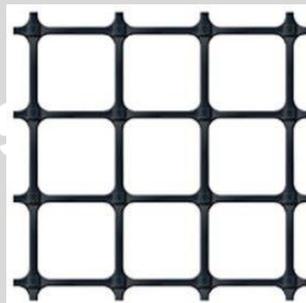
Geogrid memiliki bentuk geometri yang tersusun dari dua set elemen ortogonal penahan tarik dengan pola segi empat. Karena keperluan akan sifat geosintetik yang memiliki kuat tarik serta ketahanan rangkai yang tinggi, maka geogrid diproduksi dari bahan plastic yang molekulnya diorientasikan kearah tarik

Sementara itu, jenis geogrid dijabarkan oleh Isparmo dalam *Geotextile.web.id*. Untuk material dasar geogrid bisa berupa Polyphropylene, Polyethylene dan Polyesther atau

material polymer yang lain. Sedangkan jika didasarkan oleh bentuk bukaannya (*Aperature*), maka Geogrid bisa dibagi menjadi Geogrid :

- (1) Geogrid Uniaksial
- (2) Geogrid Biaksial
- (3) Geogrid Triaksial

Untuk Penelitian ini geogrid yang digunakan adalah geogrid biaksial. Besar bukaan (*Aperature*) antara vertikal dan horisontal sama. Bentuk geogrid biaksial dapat dilihat pada Gambar 2.3



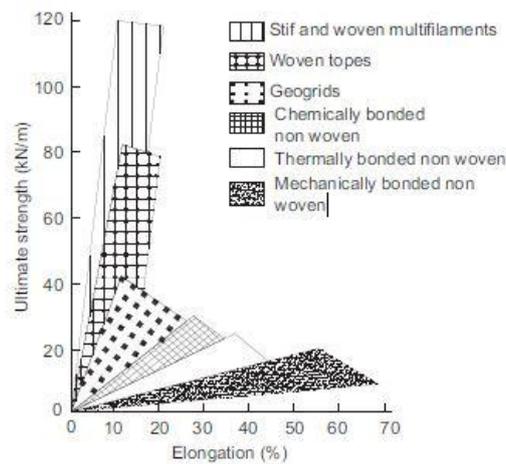
Gambar 2.3 Geogrid Biaksial

2.5.3 Karakteristik Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan

“Kuat tarik 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.” (Dirjen Bina Marga, 2009:45)

Hal hal yang mempengaruhi kuat tarik pada suatu elemen geosintetik adalah rasio lebar geosintetik terhadap panjang benda uji, suhu, ketebalan geosintetik dan kelembaban ruangan saat pengujian dilakukan.

Dalam modul pelatihan geosintetik oleh direktoran jendral bina marga, dijelaskan bahwa Geogrid memiliki kuat tarik serta modulus tarik yang tinggi dengan tingkat regangan rendah bahkan dengan regangan 2%. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram Kuat Tarik Geogrid
(sumber: Modul Pelatihan Geosintetik, 2009)

2.5.3.1 Interaksi Geogrid Dengan Tanah

Uji geser langsung (*Direct Shear*) ataupun uji cabut (*pull-out*) digunakan untuk menentukan besarnya gesekan antara tanah dan geosintetik, ϕ_{sg} . Jika hasil pengujian tidak tersedia, maka nilai yang disarankan untuk timbunan pasir adalah $2/3\phi$ sampai dengan ϕ pasir (ϕ adalah sudut geser tanah). Untuk tanah lempung, pengujian ini harus dilakukan pada situasi apapun. (Departemen PU, 2009)

2.6 Geogrid sebagai material perkuatan tanah

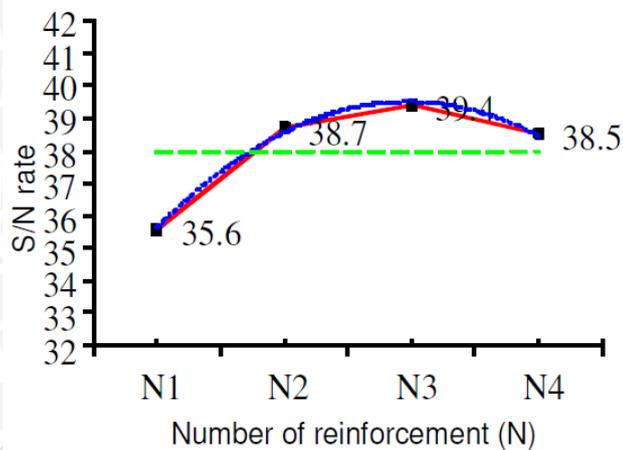
Menurut Manfred R. Hausman (1990) Geogrid digunakan karena memiliki karakteristik tegangan puncak dan modulus tegangan tarik yang baik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa partikel tanah dan geogrid memiliki gesekan yang mengakibatkan interlocking. Pengaruh interlocking dari geogrid dan tanah tersebut mempunyai efek signifikan dalam tegangan tarik yang terjadi.

Besar kenaikan perkuatan tanah menggunakan geogrid pada pondasi dangkal dipengaruhi perlakuan terhadap geogrid. Pengaruh yang terjadi akibat perlakuan geogrid dalam penelitian ini ditinjau terhadap luas geogrid, jarak antar geogrid, perletakan lapisan pertama geogrid, jumlah geogrid, kedalaman pondasi dan lebar pondasi.

2.6.1 Penambahan Jumlah Lapisan Geogrid

Menurut Atlas Demiroz dan Ozcan Tan (2010) dalam penelitiannya membandingkan grafik penurunan tanah antara tanah dengan perkuatan geogrid maupun tanpa perkuatan. Jumlah lapis pondasi yang dipakai 4 lapis. Selain dari perbandingan lapisan pondasi peneliti juga membandingkan beberapa parameter lain seperti lebar

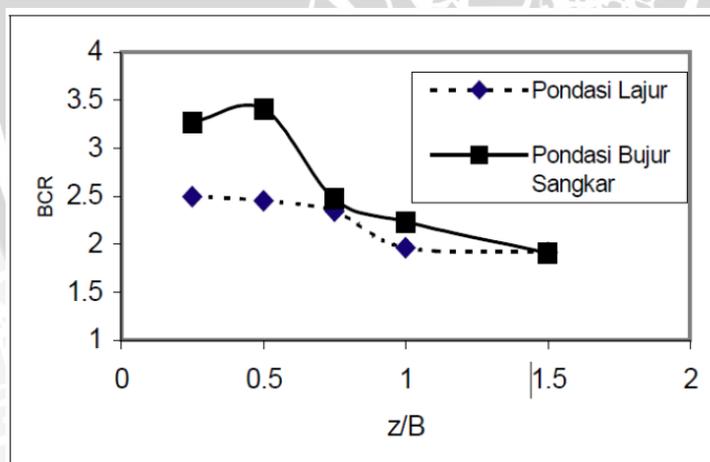
pondasi dan jarak antar geogrid. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.5 . Dapat dilihat kenaikan yang signifikan pada penambahan geogrid, tetapi semakin banyak penambahan tidak menunjukkan hasil yang signifikan.



Gambar 2.5 Pengaruh Rasio Jumlah Lapis Geogrid

2.6.2 Pengaruh Jarak Antar Geogrid

Dalam penelitian Pontjo Utomo (2004) menyebutkan nilai efektif rasio jarak geogrid sebesar 0,25 B. Pengujian dilakukan pada pondasi menerus pada tanah pasir. kenaikan daya dukung yang terjadi hingga 2,5-3,5 kali daya dukung tanpa perkuatan.

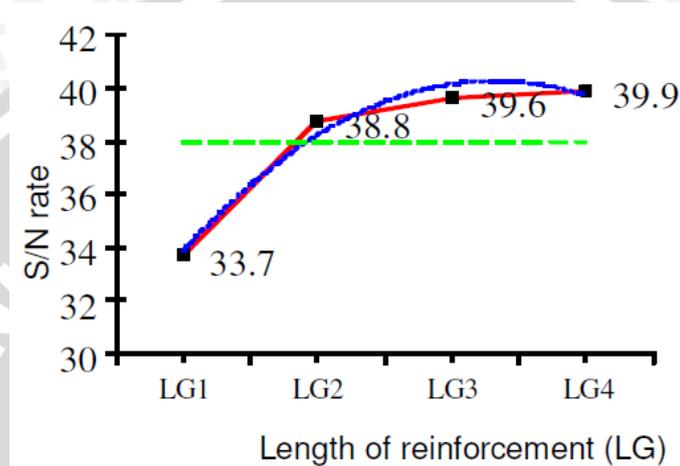


Gambar 2.6 Hubungan z/B vs BCR

Berdasarkan penelitian tersebut jarak antar lapisan geogrid yang dipakai adalah jarak yang optimal. Maka untuk penelitian kami gunakan parameter jarak pada penelitian Pontjo Utomo (2004) yaitu memakai 0,25 B .

2.6.3 Pengaruh Lebar Geogrid

Panjang geogrid yang dibutuhkan pada geogrid menurut Atlas Demiroz dan Ozcan Tan (2010) menguji panjang efektif geogrid yang dibutuhkan dalam perkuatan pondasi dangkal. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa panjang efektif pada pondasi yang diperoleh rasio panjang dibandingkan dengan lebar pondasi $b/B = 6$. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.7. Tidak ada kenaikan yang signifikan saat panjang geogrid bertambah dari $b/B = 6$ sampai $b/B = 10$.

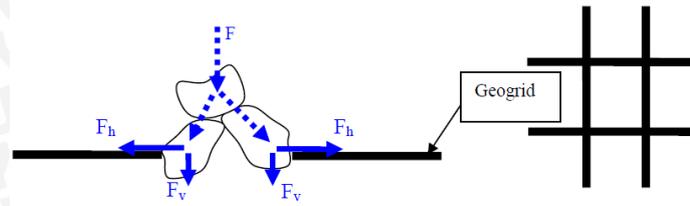


Gambar 2.7 Pengaruh rasio panjang geogrid (b/B)

2.7 Mekanisme Kerja Geogrid

Geogrid sebagai salah satu jenis geosintetik memiliki banyak kegunaan, salah satunya yaitu berfungsi untuk stabilitas tanah dengan meningkatkan sifat mekanis tanah, meningkatkan faktor keamanan, serta meningkatkan daya dukung tanah khususnya tanah pasir.

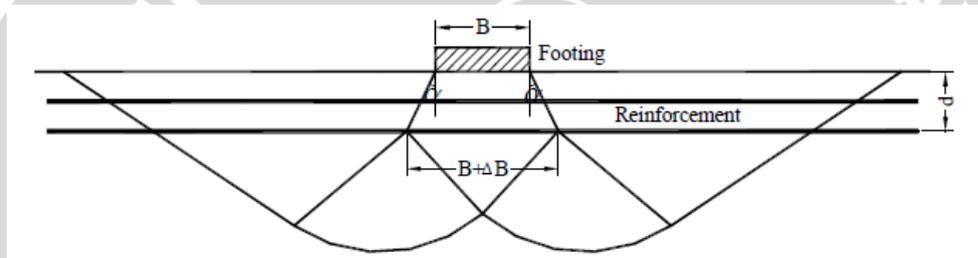
Tanah pasir yang diberi perkuatan geogrid umumnya terdiri dari timbunan padat dengan digabungkan perkuatan geosintetik yang disusun ke arah horisontal. “Ketika tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat 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” (Prasasti, 2014:3).



Gambar 2.8 Mekanisme kerja geogrid

2.7.1 Pola Keruntuhan Pondasi Dengan Perkuatan

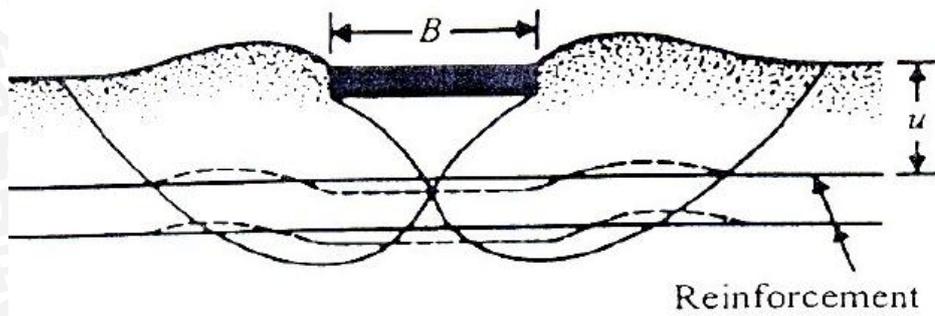
Qiming (2007) konsep dasar dari keruntuhan ini adalah daya dukung yang berasal dari lebar pondasi di atas tanah perkuatan sama dengan pijakan yang lebar ($B + \Delta B$) pada kedalaman d . ΔB adalah penambahan dari lebar pondasi akibat dari perkuatan yang berasal dari $(2 \times d \tan \alpha)$. α adalah distribusi tegangan disebabkan oleh keruntuhan wide slab .



Gambar 2.9 Tipe keruntuhan wide slab pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi dangkal

(Sumber: Qiming, 2007: 28.).

Selain itu pola keruntuhan yang mungkin dapat terjadi adalah keruntuhan *pull out* ketika $u/B < 2/3$ dan $N=2-3$ sehingga mengakibatkan deformasi awal yang besar pada pengujian pondasi akibat geogrid mengalami kegagalan tertarik terjadi terlebih dahulu sebelum mengalami geser



Gambar 2.10 Tipe keruntuhan pull out pada tanah dengan perkuatan geogrid di pondasi

dangkal

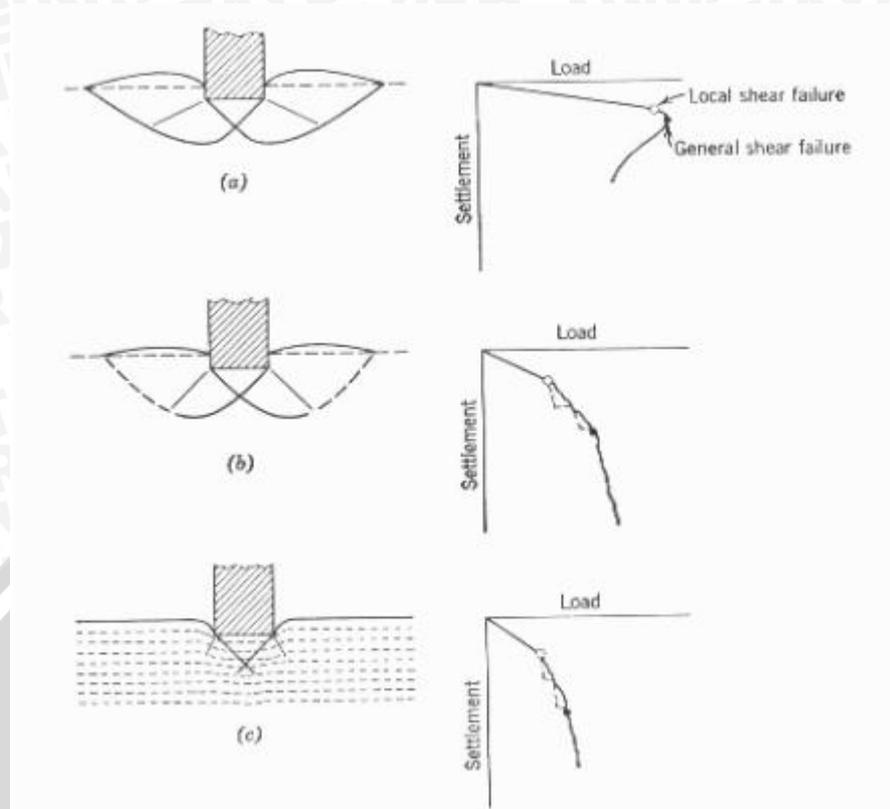
(Sumber: Qiming, 2007: 21.).

2.8 Kriteria Penentuan Beban Ultimit

Antara kekuatan daya dukung tanah dengan beban dikenal beberapa kondisi. Untuk kondisi ‘seimbang’ dikenal istilah *ultimate bearing capacity* (qult, dayadukung batas). Untuk kondisi aman, dikenal *allowable bearing capacity* (qa, dayadukung-ijin dengan melibatkan Faktor Keamanan (F= 2 s.d. 5) yang dikehendaki. Peletakan fondasi untuk menopang bangunan (infra-struktur) merupakan masalah yang dihadapi dalam setiap perencanaan bangunan bertingkat maupun bangunan dasar. Tanpa perencanaan maka beban bangunan yang melampaui daya dukung tanah dapat menyebabkan keruntuhan tanah. Beban sehubungan dengan keruntuhan yang dialami pondasi ada 3, yaitu:

1. General shear failure (keruntuhan geser menyeluruh dari tanah di bawah fondasi),
2. Local shear failure (keruntuhan geser setempat dari tanah bawah fondasi)
3. Punching shear failure (keruntuhan geser setempat ke arah bawah fondasi)

Dengan mengetahui jenis keruntuhan maka kriteria penentuan beban maksimum dapat diketahui seperti pada gambar 2.10



Gambar 2.11 Jenis-jenis keruntuhan tanah akibat beban sehubungan dengan fondasi, a) general shear, b) local shear, dan c) punching shear

Dengan mengetahui jenis keruntuhan yang terjadi, maka kriteria penentuan beban ultimit dapat diketahui seperti pada Gambar 2.10. Beberapa indikasi tercapainya keruntuhan, selain mengacu pada bentuk grafik pola keruntuhannya, dapat pula terjadi sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk tanah yang berupa pengembangan kolom tanah tepat di bawah dasar pondasi ke arah lateral dan penurunan permukaan di sekitar pondasi,
2. Terdapat retakan lokal atau geseran tanah di sekeliling pondasi,
3. Suatu baji tanah terbentuk tepat di bawah pondasi yang mendesak tanah bergerak ke bawah maupun ke atas.

2.9 Bearing Capacity Improvement (BCI)

Adanya pengaruh mengenai perkuatan tanah menggunakan geogrid ataupun perkuatan lainnya, digambarkan dalam bentuk besaran non-dimensional yang biasanya disebut sebagai 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 atau BCI_u dan daya dukung pada penurunan yang sama atau BCI_s (Herlin Indrawahyuni et al, 2012).

Pada penelitian ini dapat diketahui BCI merupakan perbandingan antara rasio yang membandingkan antara daya dukung tanah pasir menggunakan perkuatan geogrid dengan tanpa perkuatan.

$$BCI = \frac{q}{q_0} \quad (2.6)$$

Dimana ;

BCI = *Bearing Capacity Improvement*

q = daya dukung dengan perkuatan

q₀ = daya dukung tanpa perkuatan

Pada penelitian ini, BCI ditentukan berdasarkan daya dukung pada saat ultimit (BCI_u) dan daya dukung saat penurunan yang sama (BCI_s).

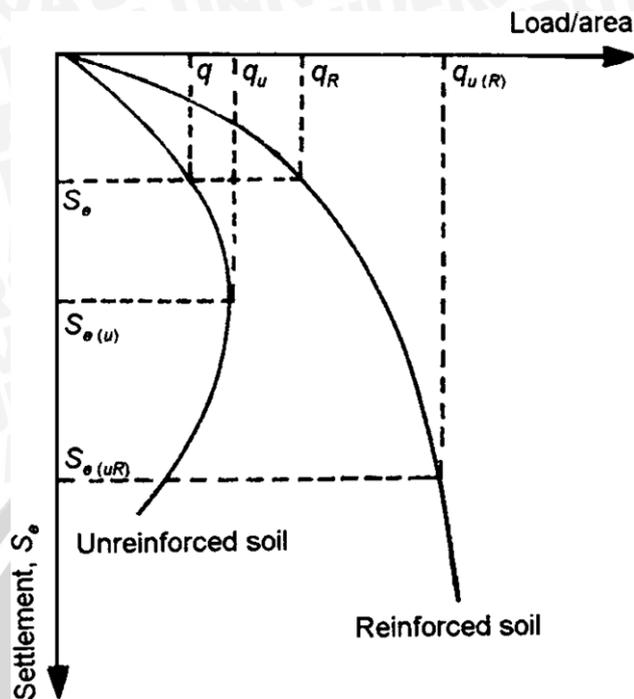
2.10 Penurunan

Tanah yang mengalami pembebanan akan mengalami regangan atau penurunan. Regangan ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun pengurangan rongga pori/air di dalam tanah. Umumnya penurunan tak seragam lebih membahayakan dari penurunan totalnya. Penurunan biasanya digolongkan menjadi dua macam yaitu penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

Penurunan tanah akibat beban-beban di atasnya merupakan total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Penurunan segera (*Immediate Settlement*) umumnya terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering atau tidak jenuh. Penurunan ini terjadi dengan segera sesudah beban diberikan. Sementara penurunan konsolidasi (*Consolidation Settlement*) umumnya terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah muka air tanah (tanah dalam keadaan jenuh). Waktu yang diperlukan pada penurunan konsolidasi cukup lama tergantung pada kondisi lapisan tanah.

Penurunan tanah umumnya diakibatkan oleh pengurangan angka pori. Saat beban vertikal diberikan mengakibatkan berkurangnya angka pori (*e*), dan bertambahnya tegangan dalam tanah yang akan selalu diikuti oleh regangan yang menghasilkan penurunan pada

bangunan. Agar tanah mampu mengurangi besar penurunan yang terjadi pada beban yang sama, salah satu caranya adalah dengan memberikan perkuatan.



Gambar 2.12 Grafik hubungan beban dengan penurunan pada tanah tanpa perkuatan dan tanah dengan perkuatan geogrid

(halaman Kosong)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu : Maret 2016 sampai dengan selesai

Tempat : Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi serta Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Peralatan dan Bahan Uji Penelitian

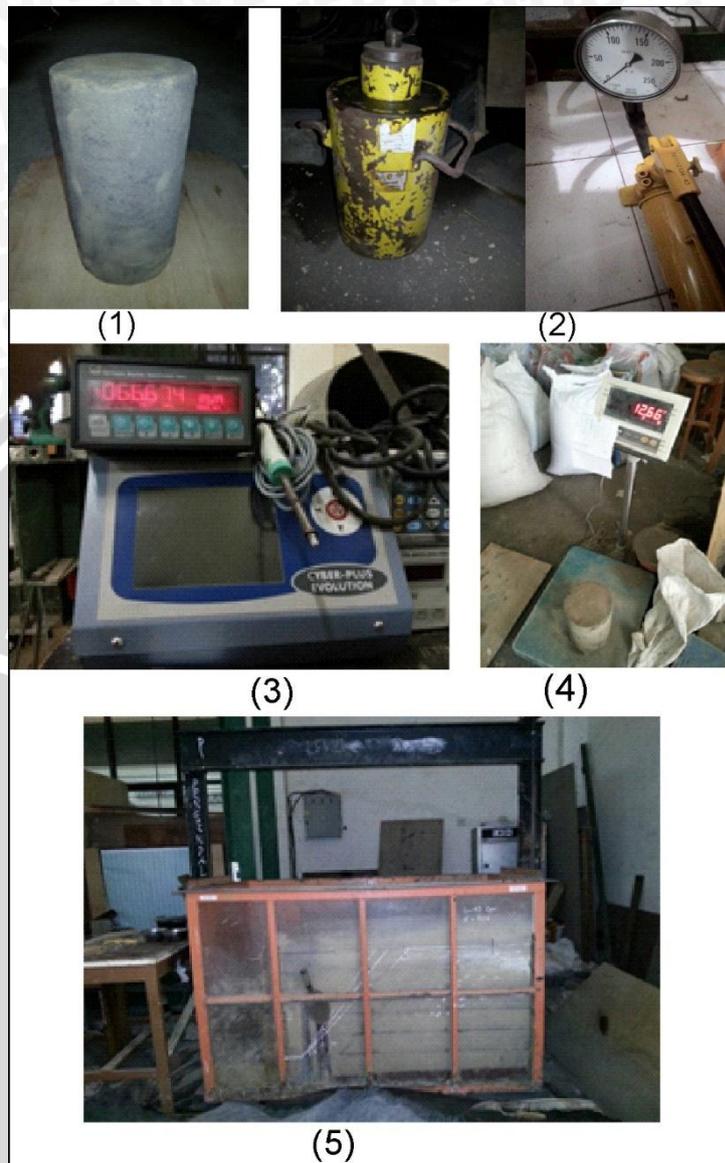
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah..

1. Tanah pasir dengan jenis tanah SP (*Poorly Graded Sand*) yang didasarkan pada Sistem *Unified* (U.S.C.S)
2. Geogrid yang digunakan geogrid dengan tipe biaksial *Miragrid® GX 40/40* dari PT.Tetrasa Geosinindo
3. Air PDAM

Sedangkan peralatan yang digunakan adalah:

1. Boks Uji
2. Silinder beton
3. Balok pembebanan
4. LVDT
5. Load cell
6. Peralatan uji analisa saring (Grain Size Analysis)
7. Peralatan uji berat jenis (Specific Gravity)
8. Peralatan uji kadar air (Water Content)
9. Peralatan uji kuat geser langsung (Direct Shear)
10. Alat timbang

Alat yang akan digunakan dalam penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

Keterangan :

1. Silinder beton
2. *Hydraulik jack*
3. *LVDT dan load cell*
4. Timbangan
5. Boks uji

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Pengujian Dasar

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dasar pada tanah, yaitu antara lain :

- a. Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- b. Pemeriksaan *specific gravity* butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- c. Kepadatan standar (*Compaction*) mengikuti ASTM D-698-70
- d. Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) menurut ASTM D-3080-72
- e. Pemeriksaan kadar air tanah (*Water Content*) mengikuti ASTM D-2216-90

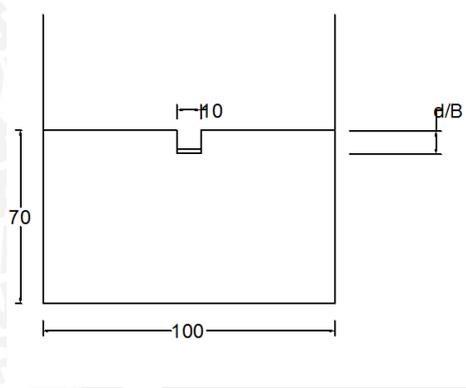
3.3.2 Persiapan Benda Uji

Pada penelitian tanah yang akan di uji diayak dengan saringan no 4 . Hasil dari saringan tersebut akan dimasukkan kedalam boks pengujian. Volume tanah yang dimasukkan $100 \times 100 \times 70 \text{ cm} = 70000 \text{ cm}^3$. Syarat kepadatan dipenuhi dengan cara menggilas urugan tanah dengan menggunakan beton silinder dengan berat 12,66 kg dengan tinggi beton 30 cm. Berat tanah yang akan dimasukkan kedalam boks ditimbang. Kepadatan diperoleh dengan cara menggilas tanah yang telah dihitung beratnya ke dalam box, sehingga mencapai ketinggian yang ditentukan. Tinggi yang diinginkan yaitu 10 cm , dari tanah yang sudah dipadatkan dilakukan pengujian *density ring* untuk mengukur kepadatan.

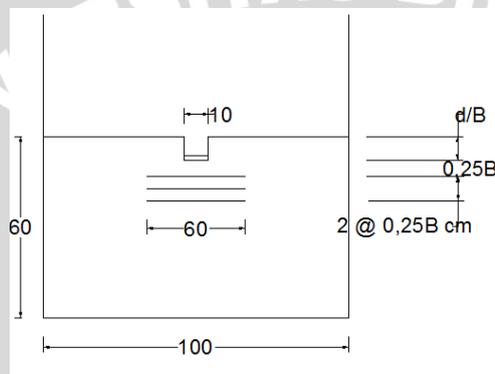
Penelitian menggunakan boks yang terbuat dari *fiberglass* dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m, dan tinggi boks 1,0 m. Dasar dari boks tersebut terbuat dari plat besi dengan tebal 1,2 cm. Perkuatan diberikan di sekitar boks dengan harapan mempertahankan regangan bidang. Perkuatan menggunakan pelat siku baja 40.40.4

3.3.3 Perlakuan Benda Uji

Penelitian yang dilakukan dengan membuat 9 benda uji. Variasi yang digunakan adalah 3 variasi rasio d/b pondasi dan 3 variasi jumlah lapisan geogrid. Tanah dikondisikan dengan RC 85%. Pondasi yang digunakan merupakan pondasi menerus dan pengujian dilakukan di tengah boks penelitian. Rasio jarak pondasi ke lapis geogrid pertama 0,25 B. Rasio jarak antar geogrid 0,25B. Apabila terjadi penyimpangan dilakukan pengulangan dengan perlakuan benda uji yang sama. Perlakuan terhadap benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.2-3.3 berikut,



Gambar 3. 2 Sketsa perlakuan benda uji tanpa perkuatan



Gambar 3. 3 Sketsa Variasi lebar pondasi dan jumlah lapisan geogrid pada pengujian

3.3.4 Model Pengujian Pondasi

Pemodelan dilakukan pada benda uji sehingga memudahkan dalam pelaksanaan.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pemodelan benda uji tanpa perkuatan adalah :

1. Tanah pasir dipersiapkan dengan ayakan sampai memenuhi gradasi yang diinginkan.
2. Tanah pasir dimasukkan ke dalam boks kemudian dipadatkan dengan cara digilas menggunakan silinder beton di setiap lapisan, sesuai tinggi lapisan yaitu tiap 10 cm. Setiap lapisan yang telah dipadatkan dicek dan dikontrol kadar air serta kepadatannya menggunakan *density ring*.
3. Tanah didiamkan selama ± 30 menit dengan tujuan agar partikel-partikel yang masih dapat mengisi rongga dapat menyesuaikan terhadap pergeseran rongga-rongga yang masih dapat diisi.
4. Pengujian yang dilakukan disesuaikan dengan lebar pondasi yang menjadi variabel dari penelitian.

Sedangkan langkah-langkah dari pemodelan benda uji menggunakan perkuatan geogrid pada pondasi dangkal di tanah pasir, yaitu :

6. Tanah pasir dipersiapkan dengan ayakan sampai memenuhi gradasi yang diinginkan.
7. Tanah pasir dimasukkan ke dalam boks kemudian dipadatkan dengan cara digilas menggunakan silinder beton di setiap lapisan, sesuai tinggi lapisan yaitu tiap 10 cm. Setiap lapisan yang telah dipadatkan dicek dan dikontrol kadar air serta kepadatannya menggunakan *density ring*
8. Meletakkan perkuatan geogrid sesuai dengan Gambar 3.3.
9. Setelah lapisan geogrid diletakkan, maka dilakukan pengisian pasir sesuai dengan lapisan geogrid yang direncanakan kemudian dipadatkan kembali menggunakan silinder beton
10. Lapisan yang telah dipadatkan dicek dan dikontrol kadar air serta kepadatannya menggunakan *density ring*.
11. Tanah didiamkan selama ± 30 menit dengan tujuan agar partikel-partikel yang masih dapat mengisi rongga dapat menyesuaikan terhadap pergeseran rongga-rongga yang masih dapat diisi.
12. Penyesuaian kedalaman pondasi pada lapisan terakhir. Penempatan pada pembebanan disesuaikan rasio kedalaman yang dipakai.
13. Pengujian yang dilakukan disesuaikan dengan lebar pondasi yang menjadi variabel dari penelitian

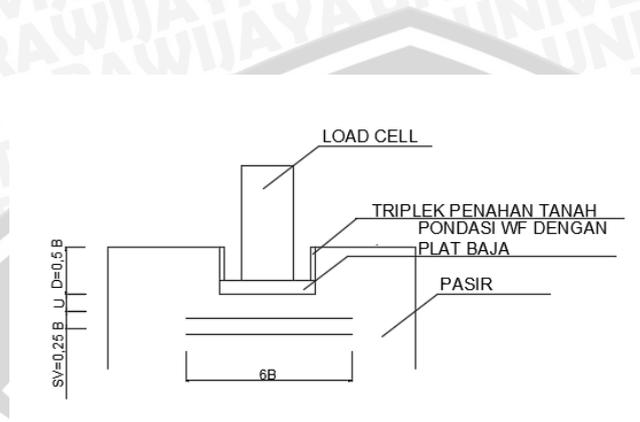
3.3.5 Pengujian Pembebanan Pondasi

Pengujian pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Pengukuran dari pembebanan yang terjadi menggunakan *load cell*. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan pemodelan pondasi. Model pondasi terbuat dari profil WF yang dimaksudkan menjadi pondasi rigid. Profil yang digunakan berdimensi sesuai dengan lebar pondasi yang digunakan. Untuk faktor kedalaman maka pondasi diletakkan pada kedalaman tersebut dan *load cell* di letakkan di atas pondasi. Agar tidak terjadi kelongsoran pondasi diberikan pengaman dari triplek pada kanan kiri pondasi.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Memasang pondasi pada permukaan tanah maupun pada kedalaman yang telah menjadi variabel. Lebar pondasi yang digunakan adalah 10 cm².
2. Memasang *load cell* guna mengukur besarnya beban yang terjadi yang diterima tanah. Untuk memastikan bebansudah terletak di tengah pondasi dan tidak mengalami momen, dilakukan pengecekan dengan *waterpass*.

3. Memasang *dial LVDT* dan *LVDT digital* pada pondasi seperti ilustrasi pada Gambar 3.4 guna mengetahui berapa penurunan selama pembebanan.
4. Uji pembebanan dengan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan bertahap tiap 50 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau hingga pondasi mengalami keruntuhan.
5. Mencatat berapa beban yang diberikan dan berapa penurunan yang terjadi pada benda uji.



Gambar 3. 4 Pemodelan pengujian pondasi

3.4 Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil uji pembebanan, didapat data beban serta penurunan yang terjadi pada pondasi. Data yang diambil merupakan data dari pondasi tanpa perkuatan dan pondasi dengan perkuatan rasio d/B dan lebar pondasinya.

Daya dukung dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut:

$$qu = \frac{Pu}{A} \quad 3.1$$

Dimana,

Pu = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A = luasan pondasi

Tabel 3.1. Daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan

No.	Lebar Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	q_u (kN/cm ²)
1	8			
2	10			
3	12			

Tabel 3.2. Daya dukung dan penurunan pondasi dangkal dengan variasi d/B

No.	d/B (cm)	Lapisan Geogrid (n)	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	q_u (kN/cm ²)
1		1			
2	0	2			
3		3			
4		1			
5	5	2			
6		3			
7		1			
8	10	2			
9		3			

Tabel 3.3. Daya dukung dan penurunan pondasi dangkal dengan variasi lapisan Geogrid

No.	Lapisan Geogrid (n)	Rasio d/B (cm)	Penurunan (mm)	Beban maksimum (kg)	qu (kN/cm ²)
1		0			
2	1	5			
3		10			
4		0			
5	2	5			
6		10			
7		0			
8	3	5			
9		10			

Data diatas digunakan sebagai dasar grafik hubungan antara penurunan dan daya dukung . Perhitungan BCI (*Bearing Capacity Improvement*) dilakukan untuk mengetahui pengaruh perkuatan akibat geogrid sebagai perkuatan pondasi dalam meningkatkan daya dukung. Perhitungan BCI diperoleh dari rumus Persamaan 3.2 , yaitu :

$$BCI = \frac{q}{q_0} \quad (3.2)$$

Dimana,

BCI = *Bearing Capacity Improvement*

q = daya dukung dengan perkuatan geogrid

q₀ = daya dukung tanpa perkuatan

Data hasil perhitungan BCI ditampilkan dalam Tabel 3.3, yaitu:

Tabel 3.4. Bearing Capacity Improvement (BCI) untuk variasi d/B dan jumlah lapisan geogrid

No.	d/B (cm)	qu pondasi tanpa perkuatan (kN/cm ²)	qu pondasi dengan perkuatan geogrid (kN/cm ²)			BCI		
			n = 1	n = 2	n = 3	n = 1	n = 2	n = 3
1	0							
2	5							
3	10							

3.5 Variasi Penelitian

Dalam Penelitian ini mengacu pada variabel bebas dan terikat sebagai acuan penelitian. Variabel tersebut saling mempengaruhi satu sama lain. Variabel yang digunakan yaitu

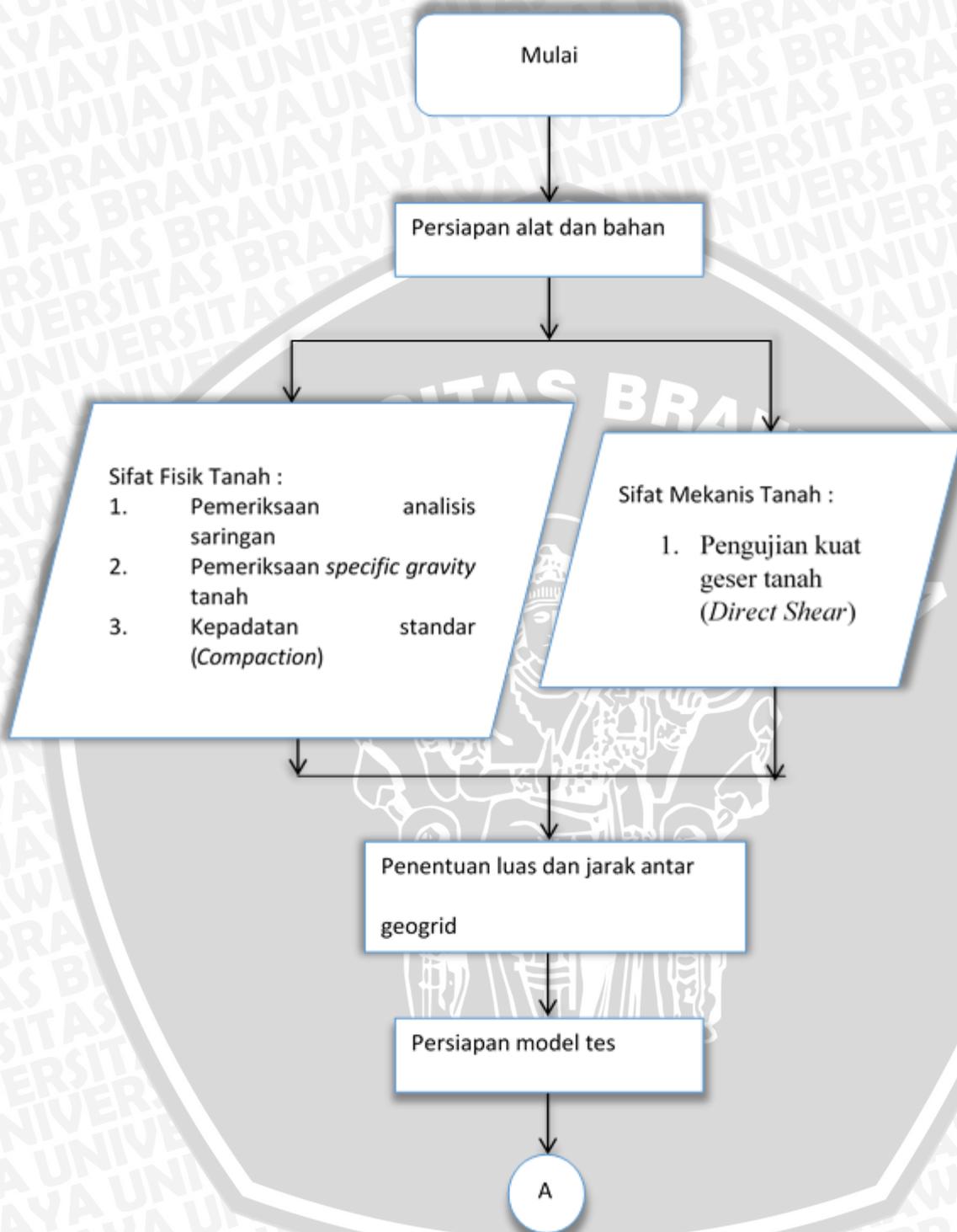
a. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu:

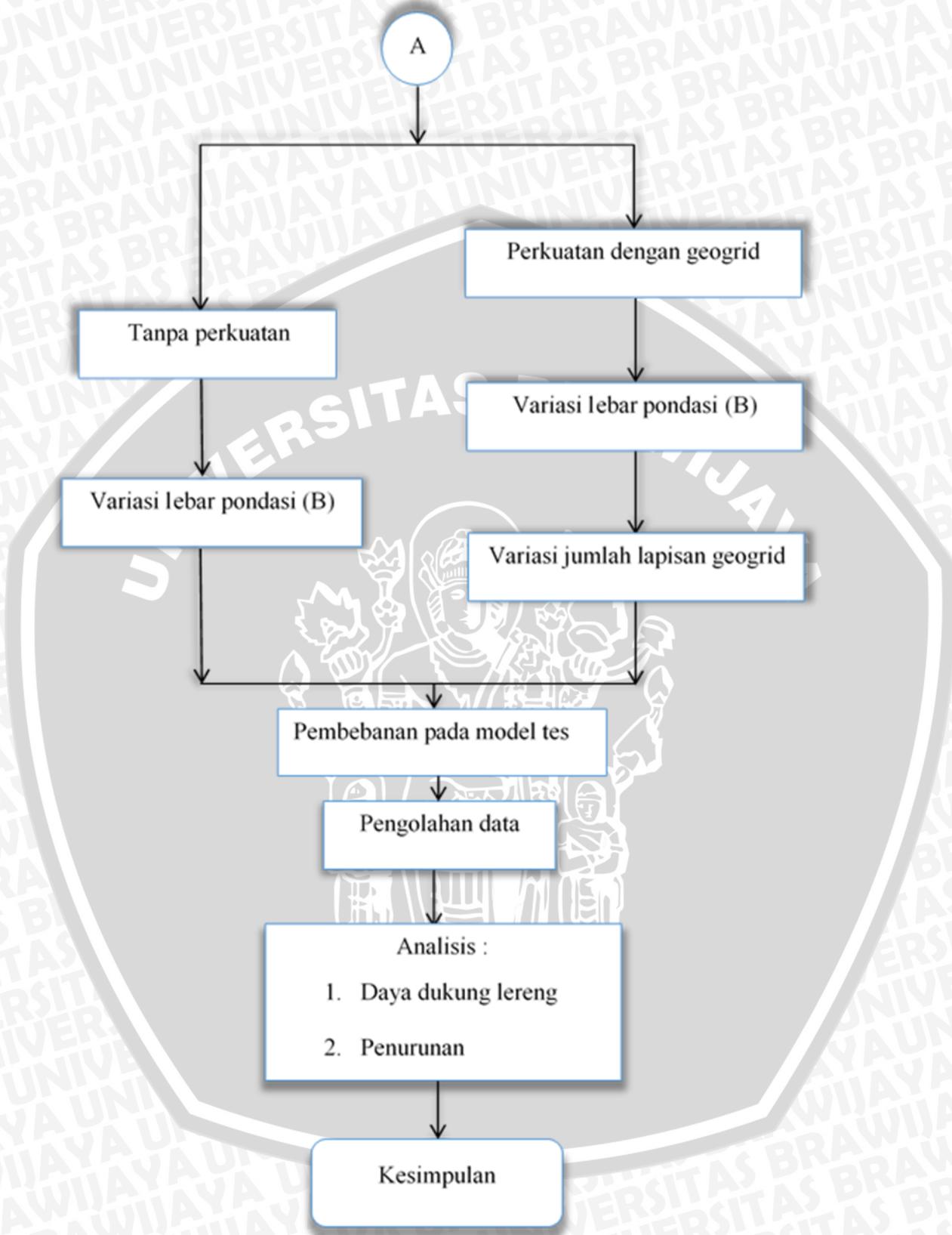
- Daya dukung tanah dengan perkuatan maupun tanpa perkuatan
- Pola keruntuhan yang terjadi akibat pembebanan
- Beban maksimum yang mampu ditahan pondasi
- Penurunan yang terjadi akibat pembebanan

b. Variabel Bebas dalam penelitian ini yaitu:

- Pondasi yang digunakan berbentuk pondasi menerus
- Lebar pondasi yang digunakan yaitu 10 cm
- Rasio kedalaman yang digunakan $d/B = 0, 0,5$ dan 1 . Dimana kedalaman yang dipakai 0 cm, 5 cm dan 10 cm
- Rasio luas geogrid yang digunakan $6B$ dan yang luas yang dipakai 3600 cm^2
- Rasio jarak pondasi ke lapisan pertama geogrid $0,25 B$. Dimana jarak yang dipakai yaitu 2,5 cm
- Rasio jarak vertikal geogrid $0,25 B$. Jaraknya 2,5 cm
- Kepadatan tanah pasir dengan RC 85%

3.6 Bagan Alir Tahapan Penelitian





Gambar 3.5 Bagan Alir Tahapan Penelitian

(Halaman Kosong)

