

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Waktu : Februari 2014 sampai dengan Juli 2014

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

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah model lereng yang dibentuk dari timbunan tanah pasir. Tanah tersebut termasuk jenis tanah pasir dengan symbol SP (*Poorly Graded Sand*) berdasarkan Sistem *Unified* (U.S.C.S.). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain (**Gambar 3.1** sampai **Gambar 3.6**):

- a. Peralatan untuk analisis saringan
  - Ayakan saringan No.4,10, 20, 40, 60, 100 dan 200
  - Timbangan digital
- b. Peralatan untuk analisis berat jenis tanah
  - Labu ukur
  - Kompor listrik
  - Timbangan digital
  - Termometer
- c. Peralatan uji geser langsung
  - Alat uji geser langsung
  - Ring untuk pengambilan sampel
  - Timbangan digital
- d. Pemeriksaan kepadatan dan pemeriksaan kadar air
  - *Density ring*
  - Timbangan digital
  - Cawan
- e. Peralatan pemadatan
  - Proktor (laboratorium) dan silinder beton (pemodelan)

## f. Peralatan uji pembebanan

- Dongkrak hidrolik
- Balok pembeban
- *Load cell*
- LVDT



(a) Timbangan Digital



(b) Ayakan

**Gambar 3.1** Peralatan untuk analisa saringan

(a) Labu Ukur

**Gambar 3.2** Peralatan untuk analisis berat jenis tanah





(a) Direct Shear



(b) Ring pengambilan sampel

**Gambar 3.3** Peralatan untuk uji geser langsung



(a) Density Ring



(b) Cawan

**Gambar 3.4** Peralatan untuk pemeriksaan kepadatan dan kadar air



(a) Silinder Beton

**Gambar 3.5** Peralatan untuk pemadatan lapangan



(a) Dial LVDT



(b) Load Cell

**Gambar 3.6** Peralatan untuk uji pembebanan

### 3.3 Perhitungan Penyaluran Geotekstile

Besarnya panjang penyaluran geotekstil harus mampu menahan gaya geotekstil yang bekerja. Prinsip kerja dari panjang penyaluran geotekstil adalah besarnya gaya friksi antara tanah dan geotekstil di sepanjang penyaluran yang tidak berada di dalam bidang longsor, harus mampu menahan gaya geotekstil yang bekerja menahan kelongsoran.

### 3.4 Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Pada percobaan ini dibuat 9 buah benda uji dengan 3 variasi kemiringan sudut lereng dan 3 variasi dimensi lebar pondasi untuk pondasi menerus yang diletakkan di permukaan lereng dengan Rc 74%.

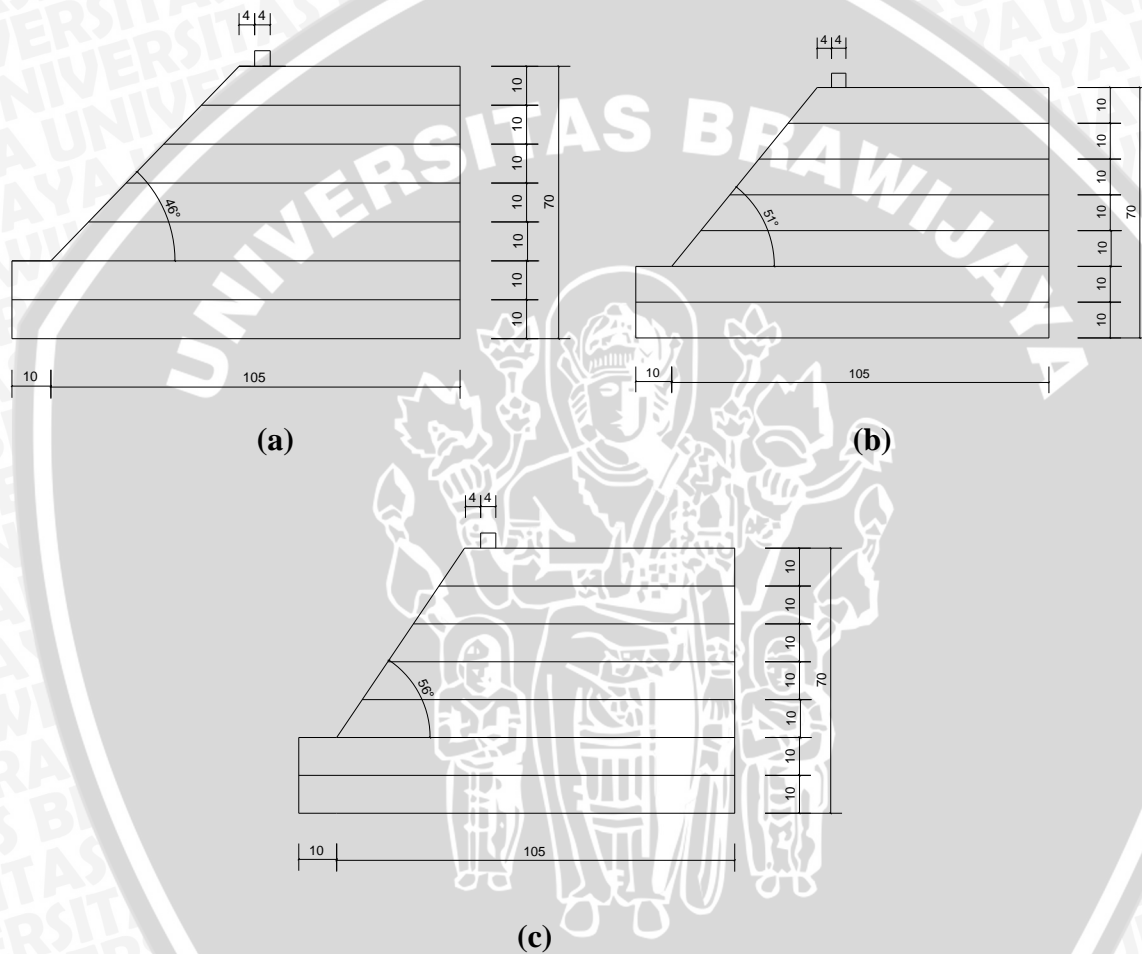
Untuk penelitian ini variasi kemiringan sudut lereng, serta dimensi lebar pondasi yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Variasi perlakuan variabel

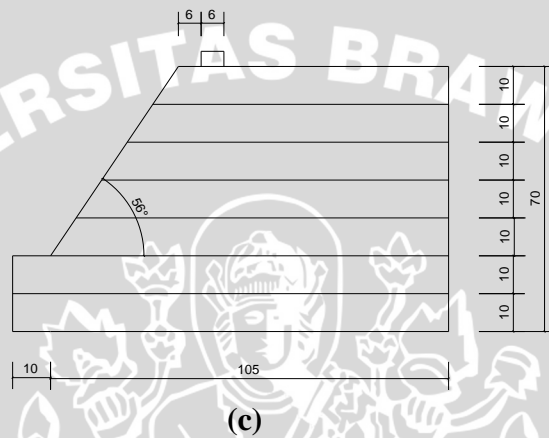
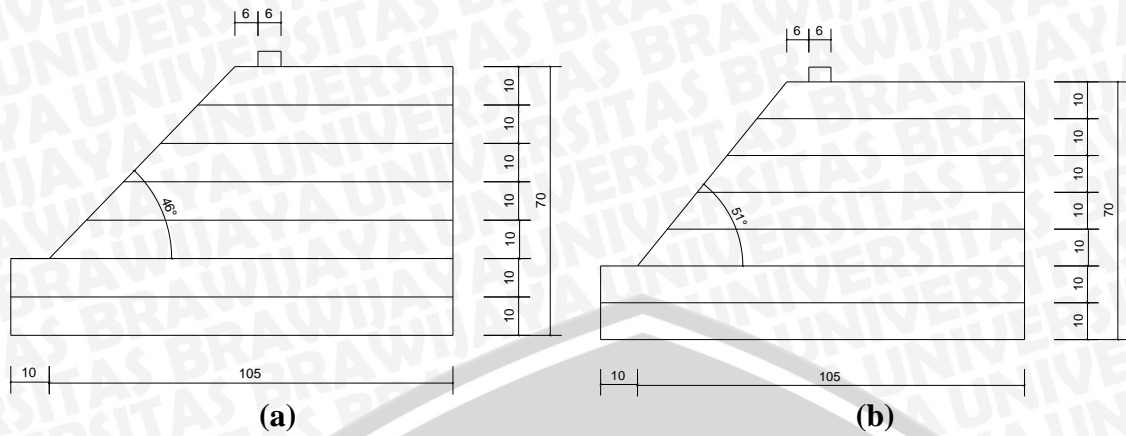
Rc 74% Jarak antar geotekstil ( $S_v$ ) = 3,2 cm Panjang geotekstil = 40 cm Rasio d/B = 1 Jumlah Lapisan ( $n$ ) = 2	$\alpha$		
	46°	51°	56°
B = 4 cm	√	√	√
B = 6 cm	√	√	√
B = 8 cm	√	√	√



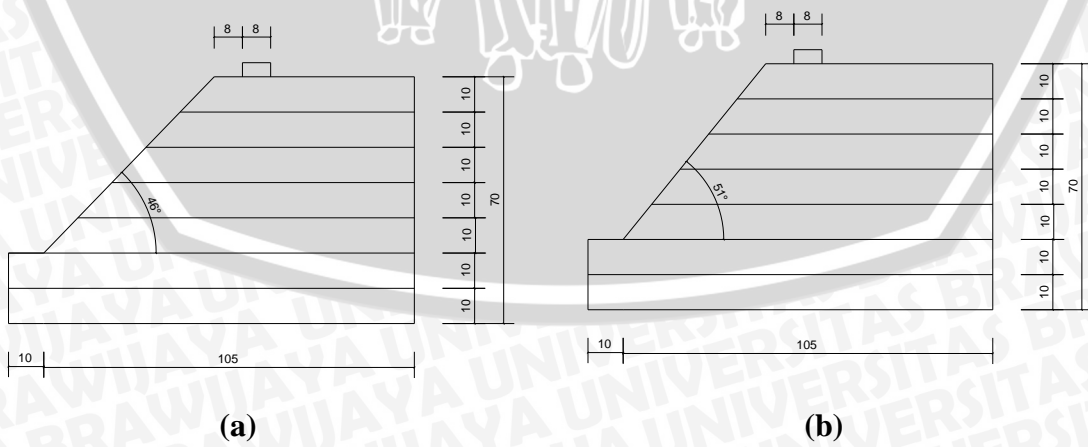
Lereng dibuat dengan tiga variasi sudut yaitu  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ , dan  $56^\circ$  dan tiga variasi dimensi lebar pondasi yaitu 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Penempatan pondasi menggunakan rasio jarak pondasi ketepi lereng dengan lebar pondasi sebesar satu. Untuk pemasangan geotekstil digunakan 2 lapisan, dengan jarak antar geotekstil 3,2 cm dan panjang geotekstil 40 cm. Perlakuan benda uji akan ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Ketika terjadi kesalahan pada saat penelitian, akan dilakukan penelitian ulang dengan perlakuan yang sama. Pemodelan ditampilkan pada **Gambar 3.7** sampai **Gambar 3.12**.

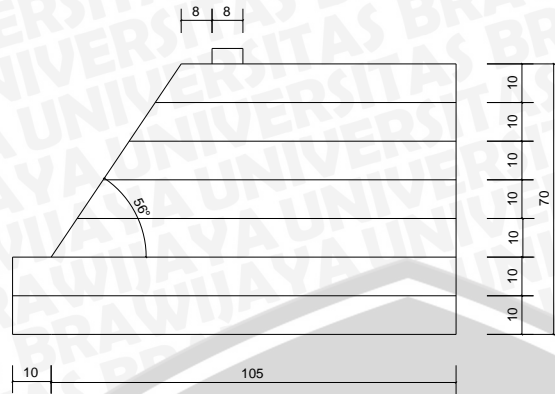


**Gambar 3.7** Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  (a) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha=46^\circ$  (b) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha=51^\circ$  (c) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha=56^\circ$



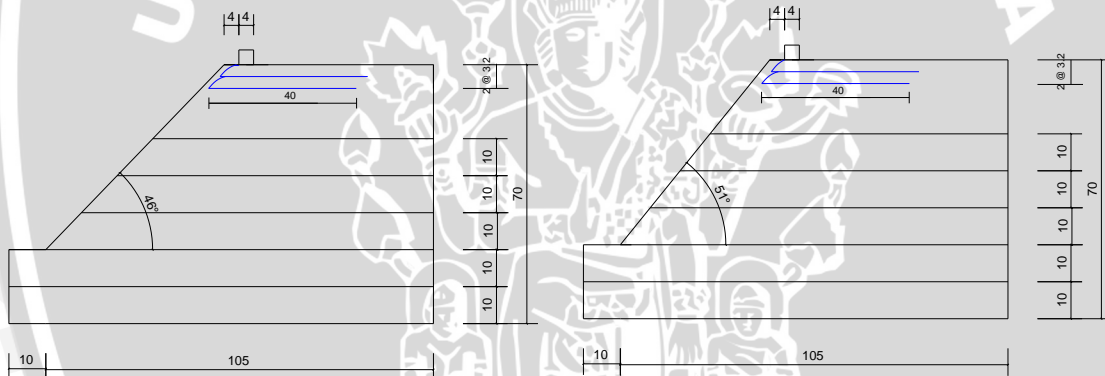
**Gambar 3.8** Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan B = 6cm (a) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan B = 6cm dan  $\alpha=46^\circ$  (b) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan B = 6cm dan  $\alpha=51^\circ$  (c) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan B = 6cm dan  $\alpha=56^\circ$





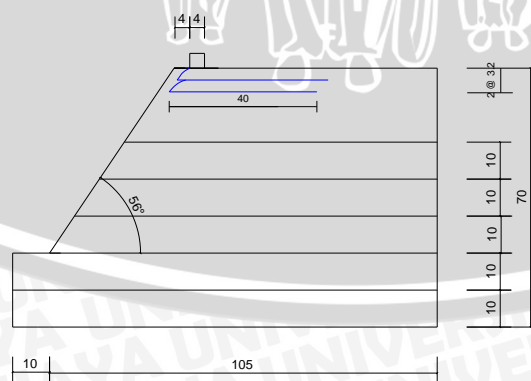
(c)

**Gambar 3.9** Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  (a) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha=46^\circ$  (b) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha=51^\circ$  (c) Model test lereng percobaan tanpa perkuatan dengan  $B = 8\text{cm}$  dan  $\alpha=56^\circ$



(a)

(b)

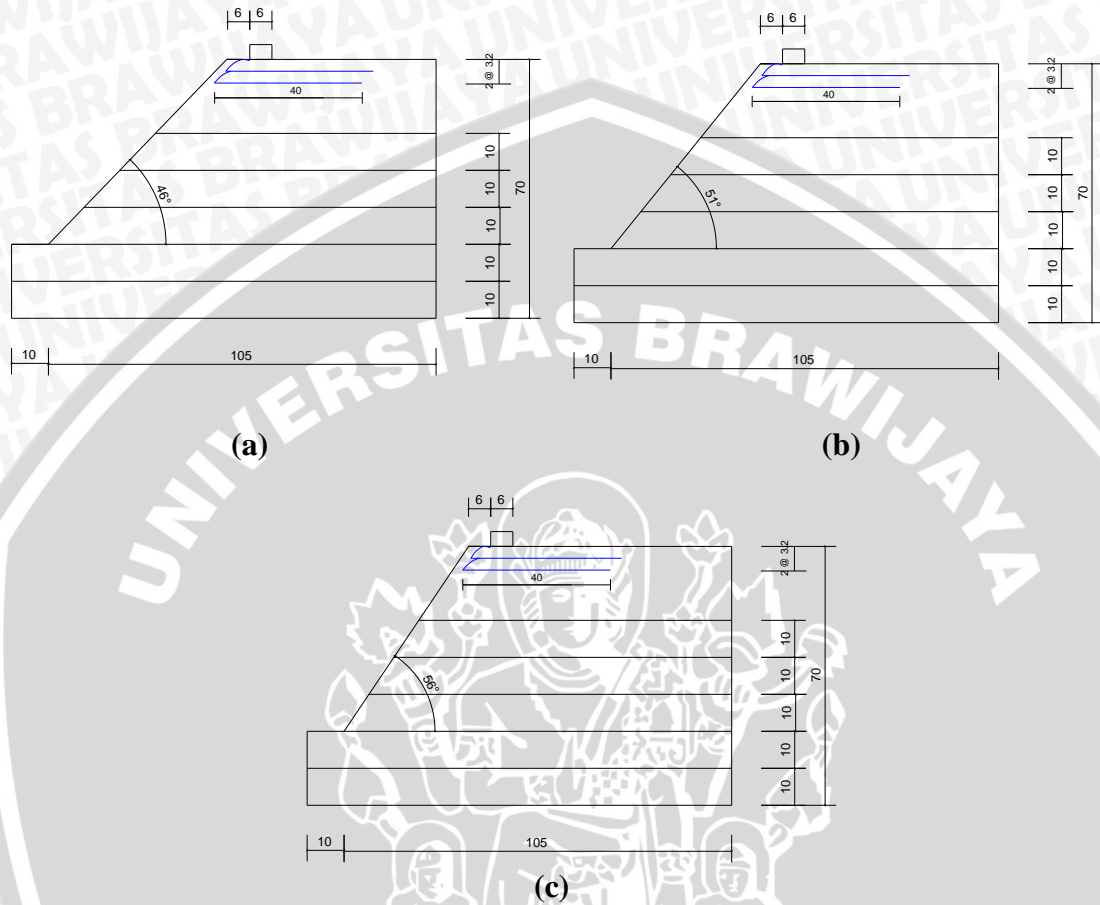


(c)

**Gambar 3.10** Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  (a) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan  $B = 4\text{cm}$  dan  $\alpha=46^\circ$  (b) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan  $B =$

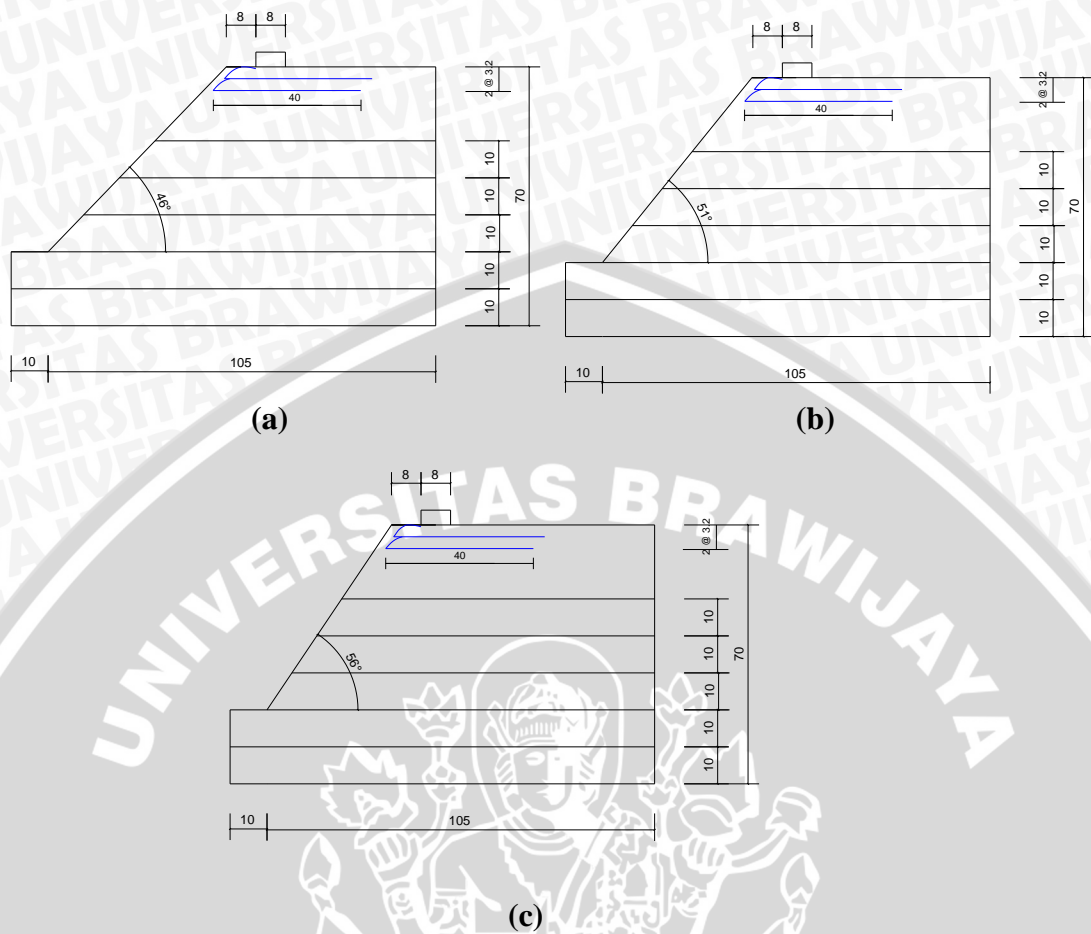


4cm dan  $\alpha=51^\circ$  (c) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan B = 4cm dan  $\alpha=56^\circ$



**Gambar 3.11** Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan B = 6cm (a) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan B = 6cm dan  $\alpha=46^\circ$  (b) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan B = 6cm dan  $\alpha=51^\circ$  (c) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan B = 6cm dan  $\alpha=56^\circ$





**Gambar 3.12** Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{ cm}$  (a) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{ cm}$  dan  $\alpha=46^\circ$  (b) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{ cm}$  dan  $\alpha=51^\circ$  (c) Model test lereng percobaan dengan perkuatan dengan  $B = 8\text{ cm}$  dan  $\alpha=56^\circ$

Dalam penelitian ini, ada beberapa faktor dalam pembuatan benda uji yang sangat menentukan keberhasilan penelitian ini sehingga sangat perlu diperhatikan. Faktor-faktor tersebut antara lain :

1. *Pemadatan*

Karena tanah yang dipakai merupakan tanah dengan jenis pasir, maka cara mekanis pemadatan yang dipakai adalah dengan menggilas menggunakan beton silinder. Jenis pemadatan seperti ini lebih memungkinkan pemadatan yang lebih merata pada setiap lapisan. Pemadatan dilakukan per lapis sebanyak 7 lapis. Adapun ketinggian tanah yang diinginkan di tiap lapisan yaitu 10 cm, sehingga penggilasan dilakukan beberapa kali sampai ketinggian yang diinginkan di tiap lapisannya

Pemadatan dengan cara ini didasarkan pada kontrol volume, sehingga berat tanah yang dimasukkan ke dalam box pengujian tiap lapisannya diukur dan ditimbang. Volume tanah yang dimasukkan di tiap lapisannya didasarkan pada penelitian pendahuluan untuk mengukur kepadatan tanah dengan menggunakan *sand cone*.

## 2. Ketinggian Lereng

Selain sudut kemiringan lereng stabilitas lereng juga dipengaruhi oleh dimensi tinggi lereng. Agar tidak terjadi keruntuhan lereng sebelum model tersebut diuji maka untuk mengimbangi kemiringan lereng yang cukup curam, ditetapkan tinggi model lereng 50 cm. Setelah ditambah susunan pembebanan, maka ketinggian tersebut sudah menempatkan ujung atas susunan beban pada *reaction beam*.

## 3. Sudut kemiringan lereng

Penggunaan sudut lereng yang merupakan batas curam juga mempermudah memperoleh data hasil keruntuhan setelah dibebani. Tebing yang rawan longsor dan mempunyai sudut kemiringan lebih besar dari sudut geser dalam dari tanahnya dapat dilandaikan dengan sudut lereng yang cukup aman. Berdasarkan pernyataan tersebut, ditetapkan sudut kemiringan  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ , dan  $56^\circ$ .

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Pengujian Dasar

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

- Pemeriksaan analisis saringan menurut ASTM C-136-46
- Pemeriksaan berat jenis butiran tanah mengikuti ASTM D-854-58
- Kepadatan standart (*Compaction*) mengikuti ASTM D-698-70
- Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) menurut ASTM D-3080-72



### 3.5.2 Persiapan Benda Uji

Tanah yang akan digunakan sebagai model lereng diayak terlebih dahulu dengan saringan No.4 dan yang lolos saringan tersebut digunakan sebagai tanah bentukan lereng. Tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam boks uji dengan volume  $115 \times 100 \times 70 \text{ cm} = 805000 \text{ cm}^3 = 28.4 \text{ ft}^3$  yang dibagi dalam beberapa lapisan seperti gambar 3.7.

Pemadatan tanah model untuk tiap lapisannya dilakukan dengan cara menggilas tanah menggunakan beton silinder dengan berat 11,28 kg dengan tinggi beton 30 cm. Pemadatan dengan cara ini didasarkan pada kontrol volume, sehingga berat tanah yang dimasukkan ke dalam box pengujian tiap lapisannya diukur dan ditimbang. Jumlah gilasan yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan didapatkan dengan cara memadatkan hingga ketinggian yang diinginkan, yaitu 10 cm dan kemudian dilakukan uji sand cone untuk mengontrol nilai kepadatan.

Elemen utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain box, terbuat dari fiber glass dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi box 1,00 m. Dasar box menggunakan pelat baja tebal 1,2 cm. Box dibuat cukup kaku dengan harapan agar dapat mempertahankan kondisi regangan bidang dengan memberikan perkuatan di sekeliling bagian tengah ke empat sisi *fiberglass* dengan menggunakan pelat siku baja 40.40.4. Penggunaan fiberglass diharapkan dapat digunakan supaya dapat diamati dan dilihat saat pelaksanaan. Gambar box terlihat seperti pada **Gambar 3.13** berikut ini.



**Gambar 3.13** Model Box Penelitian (Sumber : Penulis)



### 3.5.3 Model Test Lereng

Pemodelan fisik lereng tanah pasir yang dibuat di laboratorium dirancang menyerupai kondisi yang terdapat di lapangan. Pemodelan ini bertujuan untuk mempermudah dalam pengamatan dan mengurangi volume bahan, sehingga dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan dan menghemat lahan penelitian.

Langkah-langkah percobaan pada pembuatan pemodelan fisik lereng tanah pasir tanpa perkuatan, yaitu:

1. Tanah pasir dipersiapkan dengan gradasi halus sampai sedang.
2. Tanah pasir dimasukkan per lapisan ke dalam box kemudian dipadatkan dengan cara digilas menggunakan beton silinder di setiap lapisan sesuai tinggi lapisan yang dijelaskan pada gambar 3.7 sampai Gambar 3.12. Setiap lapisan di cek dan dikontrol kadar airnya dan kepadatannya menggunakan *density ring*.
3. Tanah didiamkan selama  $\pm 30$  menit dengan tujuan agar partikel-partikel tanah ada kesempatan untuk melakukan pergeseran rongga-rongga yang masih dapat diisi.
4. Kemiringan lereng dibuat sesuai dengan sudut yang akan diuji, dalam kasus ini karena digunakan tiga variasi sudut, maka ada tiga kondisi sudut yaitu  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ , dan  $56^\circ$ .

Sedangkan langkah-langkah percobaan pada pembuatan pemodelan fisik lereng tanah pasir dengan perkuatan, yaitu:

1. Tanah pasir dipersiapkan dengan gradasi halus sampai sedang.
2. Tanah pasir dimasukkan per lapisan ke dalam box kemudian dipadatkan setiap lapisan sesuai tinggi lapisan yang dijelaskan pada gambar 3.7 sampai Gambar 3.12 menggunakan silinder beton.
3. Perkuatan geotekstil dipasang sesuai dengan letak yang telah dijelaskan pada gambar 3.10 sampai dengan Gambar 3.12.
4. Setelah lapisan geotekstil di hamparkan, ditimbun dengan pasir dan kemudian di jangkarkan.
5. Dilakukan pemadatan dengan cara yang sama, yaitu menggilas pasir pada model lereng dengan menggunakan beton silinder hingga ketinggian yang diinginkan

6. Setiap lapisan di cek kadar airnya dan kepadatannya menggunakan *density ring*.
7. Tanah didiamkan selama  $\pm 30$  menit dengan tujuan agar partikel-partikel tanah ada kesempatan untuk melakukan pergeseran rongga-rongga yang masih dapat diisi.
8. Kemiringan lereng dibuat sesuai dengan sudut yang akan diuji, dalam kasus ini karena digunakan tiga variasi sudut, maka ada tiga kondisi sudut yaitu  $46^\circ$ ,  $51^\circ$ , dan  $56^\circ$ .

### 3.5.4 Pengujian Pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, dalam pembebanan digunakan *load cell*. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan balok kayu yang dilapisi baja pada seluruh permukaannya.

Baja profil yang dipasang di bagian bawah balok kayu berfungsi untuk meratakan beban yang dihasilkan pompa hidrolik ke tanah. Balok kayu yang digunakan terdapat 3 variasi, yaitu B = 4 cm memiliki dimensi sebesar 4 x 4 x 98 cm, B = 6 cm memiliki dimensi sebesar 6 x 4 x 98 cm, serta B = 8 cm memiliki dimensi sebesar 8 x 4 x 98 cm. Beban yang diberikan diusahakan dapat berupa beban merata pada permukaan atas model lereng, dengan ukuran luasan beban untuk B = 4 cm sebesar 4 x 98 cm, untuk B = 6 cm sebesar 6 x 98 cm, serta untuk B = 8 cm sebesar 8 x 98 cm

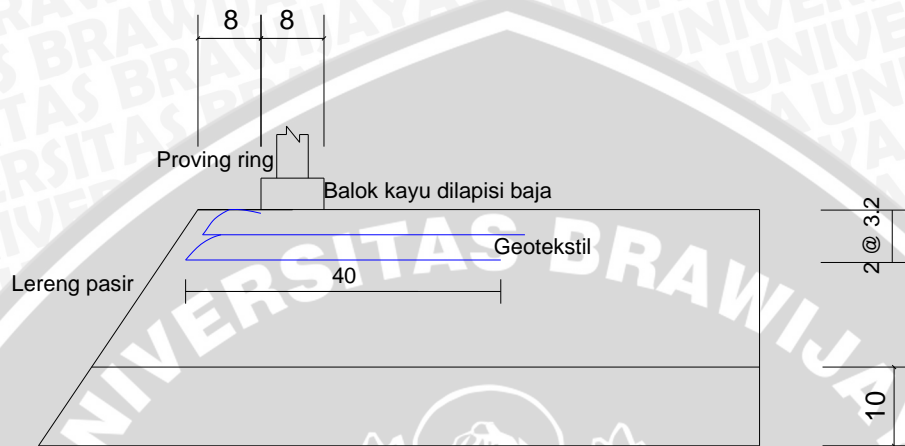
Adapun langkah-langkah pengujian pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Memasang pondasi menerus yang terbuat dari baja yang di dalamnya diisi dengan balok kayu. Pondasi yang digunakan memiliki 3 variasi dimensi seperti yang dijelaskan sebelumnya. Pondasi dipasang dengan jarak B dari ujung lereng, B merupakan dimensi lebar pondasi.
2. Memasang *load cell* untuk mengukur besarnya beban yang terjadi. Untuk memastikan beban sentris di tengah pondasi, dilakukan pengecekan dengan *waterpass* dan unting-unting.
3. Memasang *dial lvdt* dan *lvdt digital* pada pondasi untuk mengetahui besarnya penurunan selama pembebanan.
4. Melakukan uji pembebanan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Pembebanan dilakukan bertahap tiap 25 kg hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau hingga lereng mengalami keruntuhan.



- Mencatat beban yang diberikan serta penurunan yang terjadi.

Tampak samping susunan pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 3.14** berikut ini.



**Gambar 3.14** Contoh susunan pembebanan

### 3.6 Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan, diperoleh data beban dan penurunan untuk lereng tanpa perkuatan serta beban dan penurunan untuk lereng dengan perkuatan geotekstil yang divariasikan panjang dan spasi vertikal antarlapisannya.

Daya dukung dihitung dengan **Persamaan 3.1**.

$$qu = \frac{Pu}{A} \quad \dots (3.1)$$

Dimana,

$P_u$  = beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

$A$  = luasan pondasi

Data-data di atas kemudian disajikan pada **Tabel 3.2** sampai **Tabel 3.4** berikut ini:

**Tabel 3.2** Daya dukung dan penurunan lereng tanpa perkuatan dengan  $d = B$

No.	Sudut lereng	Lebar Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	$qu$ (kN/cm <sup>2</sup> )
1	4	46°			
2		51°			
3		56°			
4	6	46°			



5		51°		
6		56°		
7		46°		
8	8	51°		
9		56°		

**Tabel 3.3** Daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi kemiringan sudut lereng dengan  $d = B$

No.	Sudut lereng	Lebar Pondasi (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	qu (kN/cm <sup>2</sup> )
1	46°	4			
2		6			
3		8			
4	51°	4			
5		6			
6		8			
7	56°	4			
8		6			
9		8			

**Tabel 3.4** Daya dukung dan penurunan lereng dengan variasi dimensi lebar pondasi dengan  $d = B$

No.	Lebar Pondasi (cm)	Sudut lereng	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	qu (kN/cm <sup>2</sup> )
1	4	46°			
2		51°			
3		56°			
4	6	46°			
5		51°			
6		56°			
7	8	46°			
8		51°			
9		56°			

Data-data pada tabel di atas kemudian disajikan dalam grafik hubungan daya dukung dan penurunan. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil sebagai perkuatan lereng dalam meningkatkan daya dukung dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)*. Nilai *BCI* diperoleh dengan **Persamaan 3.2**.

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

Dimana,

$BCI$  = *Improvement Bearing Capacity*

$q$  = daya dukung dengan perkuatan geotekstil

$q_0$  = daya dukung tanpa perkuatan

Hasil analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)* kemudian disajikan pada **Tabel 3.5** dan **Tabel 3.6**.

**Tabel 3.5** *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi kemiringan sudut lereng dengan  $d = B$

No.	Sudut lereng	Lebar Pondasi (cm)	$q_u$ lereng tanpa perkuatan ( $\text{kN/cm}^2$ )	$q_u$ lereng dengan perkuatan ( $\text{kN/cm}^2$ )	<i>BCI</i>
1	46°	4			
2		6			
3		8			
4	51°	4			
5		6			
6		8			
7	56°	4			
8		6			
9		8			

**Tabel 3.6** *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi dimensi lebar pondasi dengan  $d = B$

No.	Lebar Pondasi (cm)	Sudut lereng	$q_u$ lereng tanpa perkuatan ( $\text{kN/cm}^2$ )	$q_u$ lereng dengan perkuatan ( $\text{kN/cm}^2$ )	<i>BCI</i>
1	4	46°			
2		51°			
3		56°			
4	6	46°			
5		51°			

6		56°		
7		46°		
8	8	51°		
9		56°		

### 3.7 Variabel Penelitian

Dalam hubungan antara dua variabel, misalnya antara variabel X dan Y. Jika variabel X disebabkan oleh variabel Y, maka variabel X merupakan variabel *dependent* (konsekuensi) dan variabel Y adalah variabel *antecedent* (bebas)

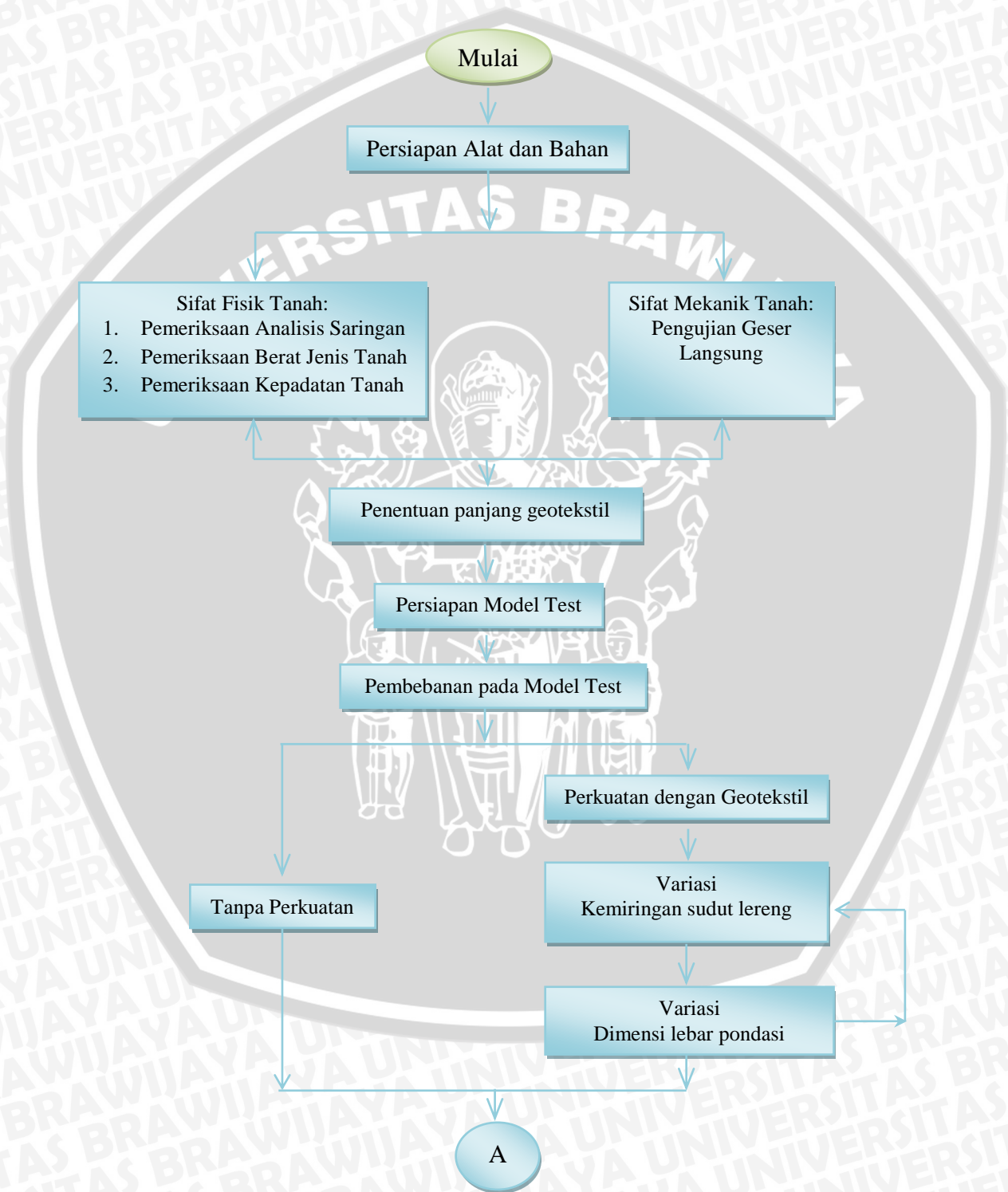
Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Variabel *antecedent* (bebas) dalam penelitian ini antara lain.
  - Kemiringan sudut lereng (46°; 51°; 56°)
  - Dimensi lebar pondasi (4 cm; 6 cm; 8 cm)
  - Rasio perbandingan jarak pondasi ke tepi lereng dengan lebar pondasi sebesar satu ( $d/B=1$ )
  - Pondasi terletak di atas permukaan lereng
  - Jumlah lapisan geotekstil ( $n = 2$ )
  - Panjang geotekstil 40 cm
  - Panjang lipatan geotekstil
  - Jarak vertikal antar lapisan geotekstil 3,2 cm
  - Jenis tanah pasir dengan  $R_c = 74\%$
- b. Variabel *dependent* (konsekuensi) dalam penelitian ini antara lain.
  - Pola keruntuhan yang terjadi
  - Beban maksimum yang mampu ditahan oleh lereng
  - Penurunan maksimum yang terjadi akibat beban maksimum di atasnya
  - Daya dukung lereng menahan beban di atasnya



### 3.8 Bagan Alir Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, tahap-tahap pelaksanaan dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan dalam **Gambar 3.15**.





**Gambar 3.15** Bagan alir percobaan

