

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2013 di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi serta Laboratorium Mekanika Tanah dan Geologi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan model lereng yang dibentuk dari timbunan tanah pasir dengan simbol SP (*Poorly Graded Sand*) berdasarkan Sistem *Unified* (U.S.C.S.). Selain itu, untuk penguatan lereng digunakan *woven geotextile* tipe Geo-Reinfox HRX 300 yang diperoleh dari PT. Geo Green Envirotama.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- 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
 - *Sand Cone*

- e. Peralatan pemadatan
- Silinder beton ukuran diameter 15 cm
- f. Peralatan uji pembebanan
- Dongkrak hidrolik
 - Balok pembeban
 - *Load cell*
 - *Dial LVDT*
 - *Waterpass*
 - Unting-unting
 - Pondasi



(a) Timbangan Digital



(b) Ayakan

Gambar 3.1 Peralatan untuk analisa saringan



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



(c) Sand Cone

Gambar 3.4 Peralatan untuk pemeriksaan kepadatan dan kadar air



Gambar 3.5 Peralatan untuk pemadatan berupa silinder beton



(a) *LVDT Digital dan dial LVDT*



(b) *Load Cell*



(c) *Dongkrak Hidraulik*



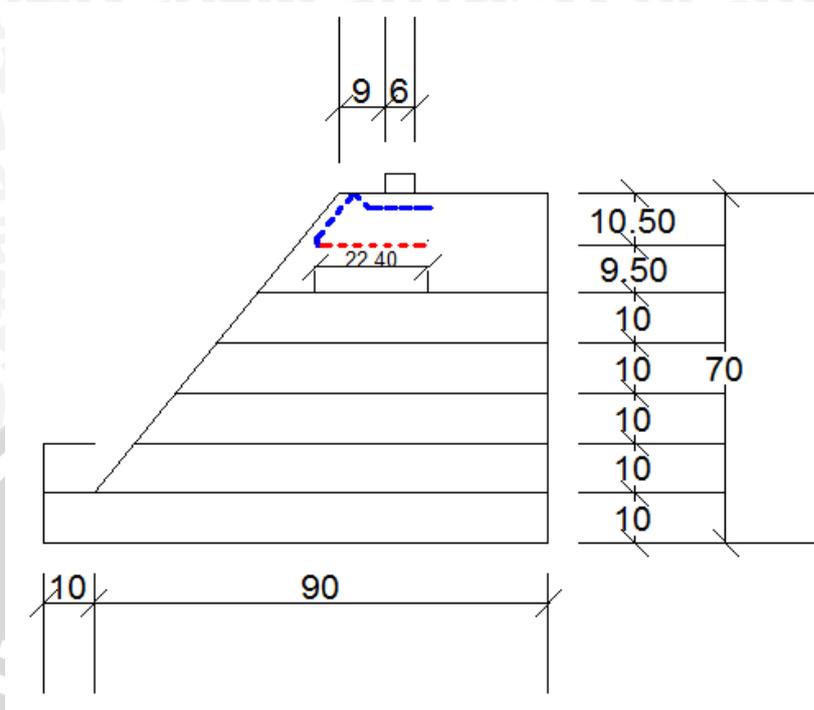
(d) *Waterpass*

Gambar 3.6 Peralatan untuk uji pembebanan

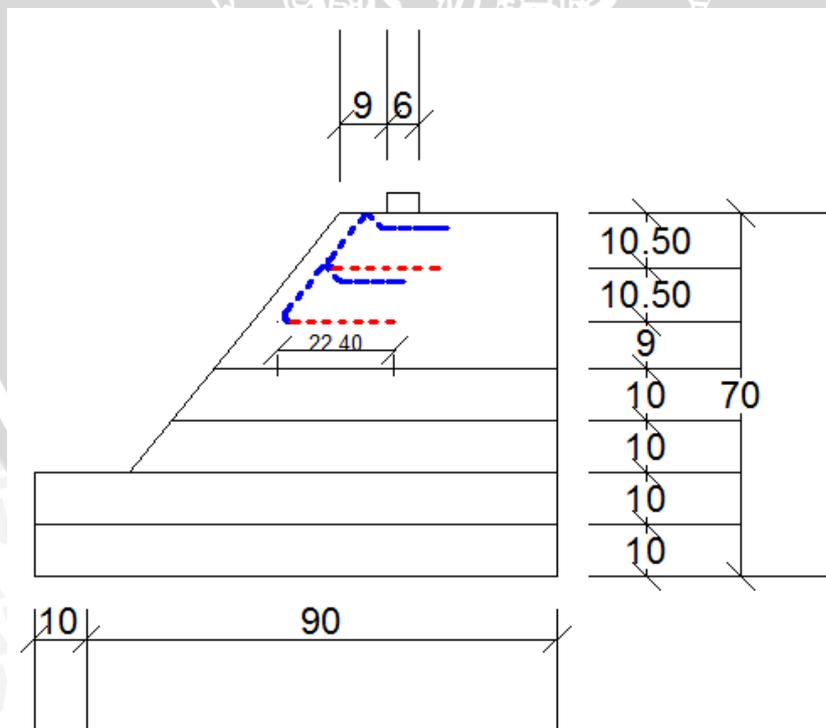
3.3 Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan daya dukung dan penurunan pondasi pada lereng tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat 1 model lereng tanpa perkuatan serta 9 model lereng yang diperkuat dengan geotekstil dengan 3 variasi panjang lapisan geotekstil dan 3 variasi jumlah lapisan geotekstil. Lereng dibuat dengan sudut kemiringan 51° . Pondasi menerus diletakkan 9 cm dari ujung lereng. Sementara itu, pada perkuatan geotekstil

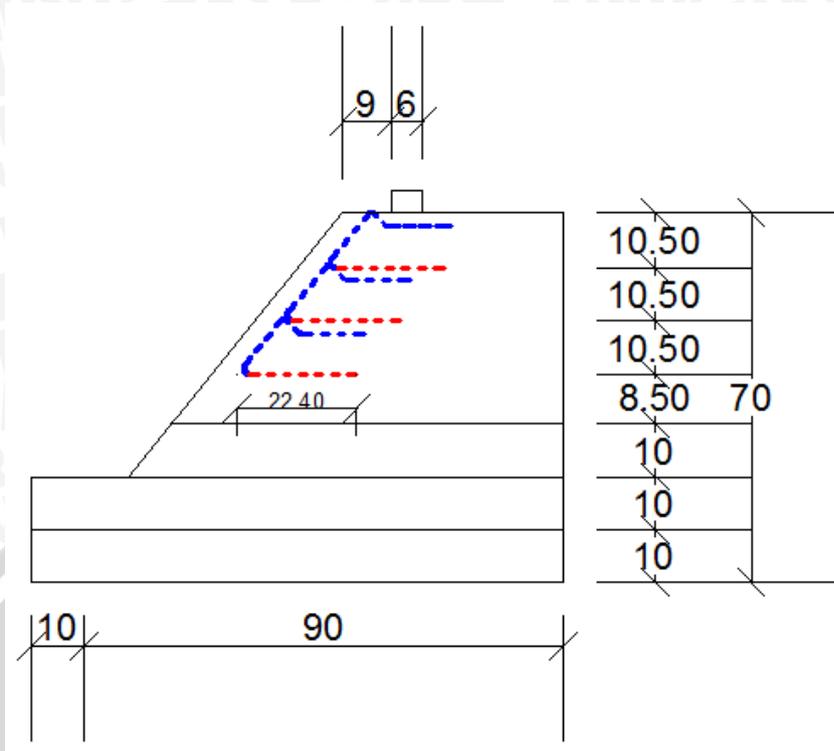
panjang lipatan ditentukan sebesar 15,4 cm. Pengulangan dilakukan dengan perlakuan yang sama apabila hasil dari pengujian benda uji terdapat penyimpangan.



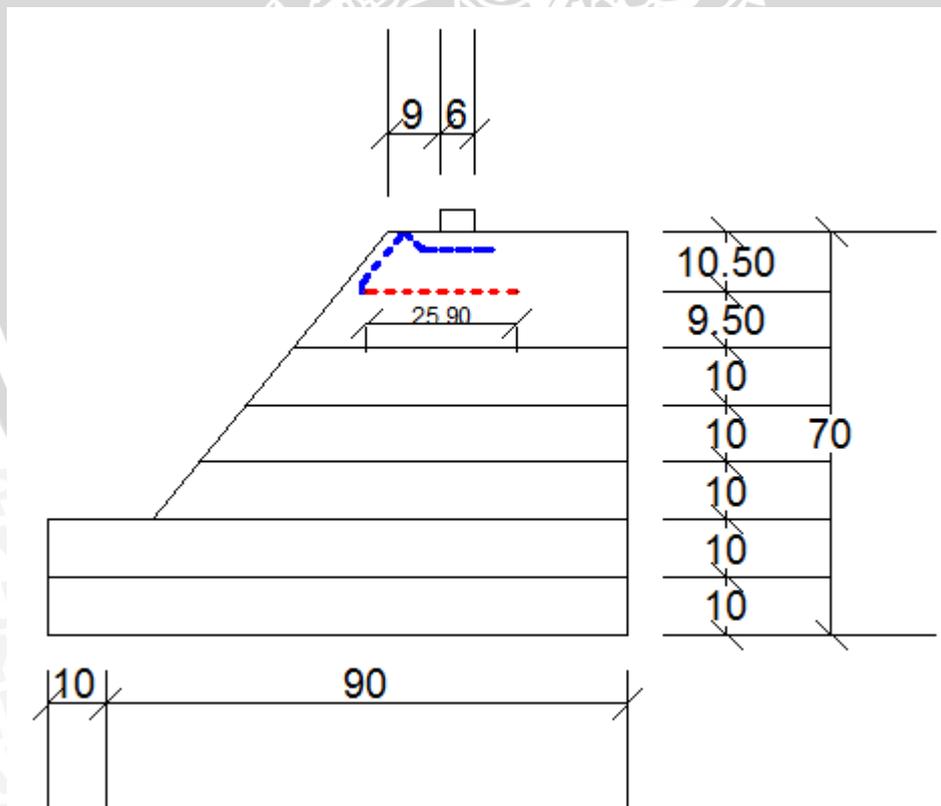
Gambar 3.7 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil $0,45H$ dan jumlah satu lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



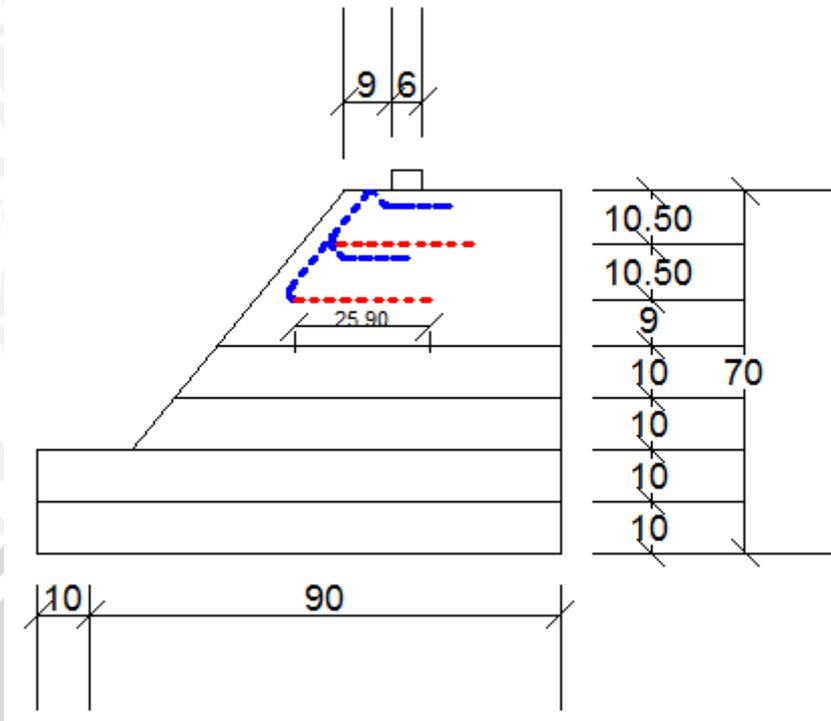
Gambar 3.8 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil $0,45H$ dan jumlah dua lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



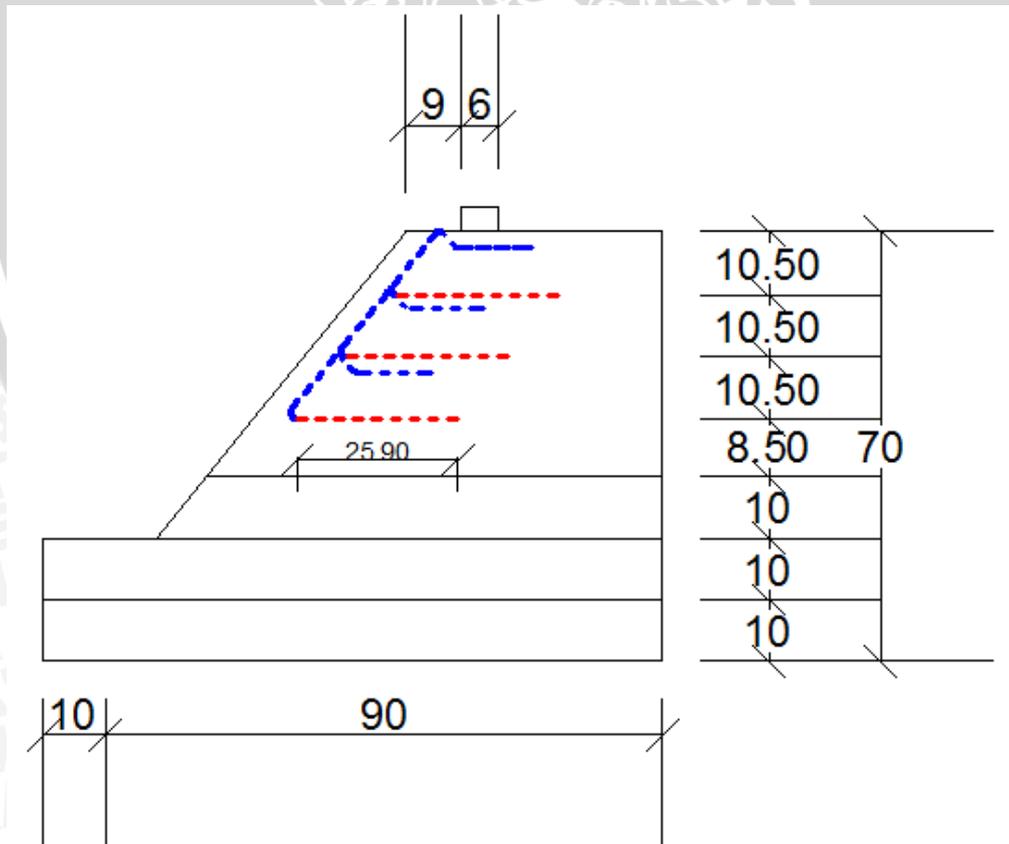
Gambar 3.9 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil $0,45H$ dan jumlah tiga lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



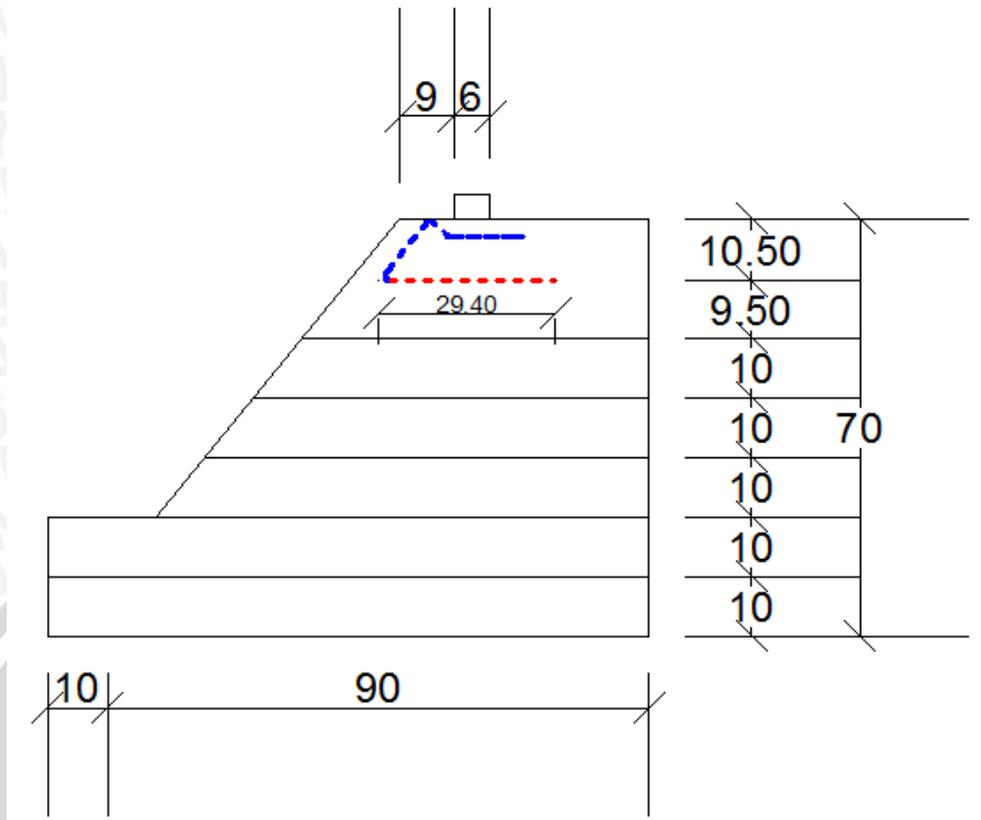
Gambar 3.10 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil $0,52H$ dan jumlah satu lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



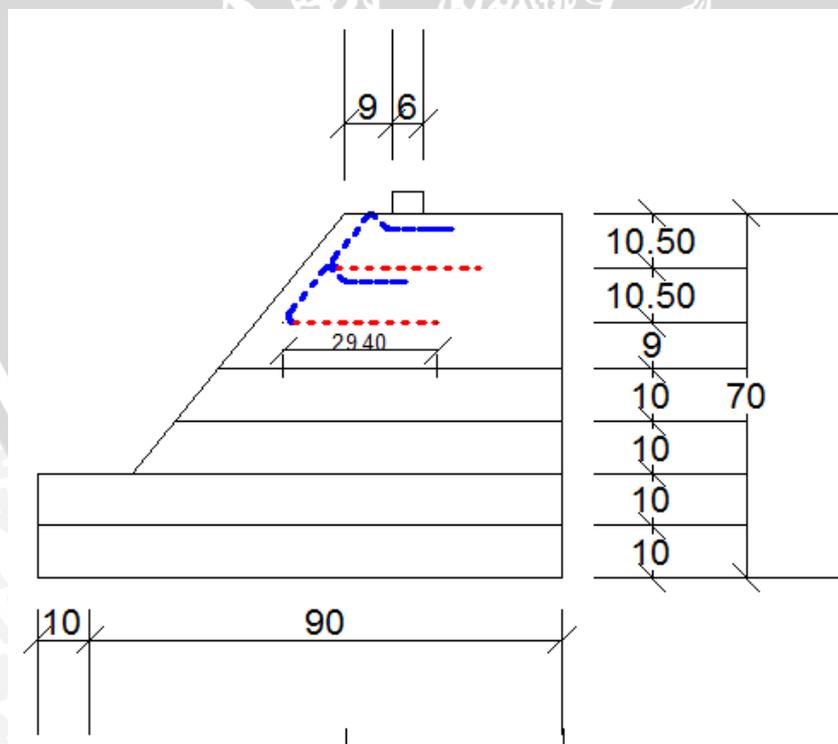
Gambar 3.11 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil 0,52H dan jumlah dua lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



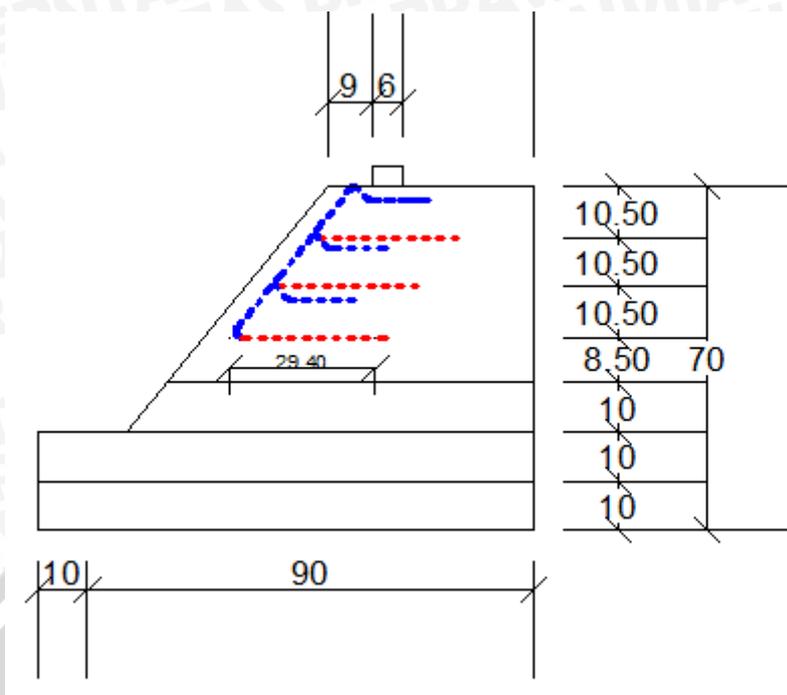
Gambar 3.12 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil 0,52H dan jumlah tiga lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



Gambar 3.13 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil 0,59H dan jumlah satu lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



Gambar 3.14 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil 0,59H dan jumlah dua lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)



Gambar 3.15 Model pemadatan pada lereng dengan panjang geotekstil 0,59H dan jumlah tiga lapisan perkuatan (Sumber: Penulis)

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 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
- Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji *sand cone* untuk memperoleh kepadatan model lereng kepadatan 74%.

3.4.2 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 $100 \times 100 \times 70 \text{ cm} = 700000 \text{ cm}^3 = 24,7 \text{ ft}^3$ yang dibagi dalam beberapa lapisan seperti **Gambar 3.17**.

Pemadatan dilakukan dengan menggunakan silinder beton dengan diameter 15 cm, tinggi 30 cm dan berat 11,26 kg yang digelindingkan di atas lapisan pasir tersebut. Pemadatan memakai metode pemadatan yang dilakukan dengan menggunakan kontrol volume dimana dapat dihasilkan berat pasir di setiap lapisan pada boks. Lalu silinder beton digelindingkan hingga mencapai ketebalan yang diinginkan

Elemen utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *box*, terbuat dari *fiberglass* 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

3.4.3 Model Test

Pemodelan fisik lereng tanah pasir yang dibuat di laboratorium dirancang menyerupai kondisi yang terdapat di lapangan. Pemodelan ini menggunakan skala 1:40 yang 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 setiap lapisan sesuai tinggi lapisan yang dijelaskan sebelumnya menggunakan alat pemadat silinder beton.
3. Setiap lapisan harus dilakukan pengecekan dengan menggunakan *density ring* agar kepadatan dan kadar air yang ada pada pasir tetap terjaga dan sesuai dengan kepadatan yang diinginkan.
4. Lalu membuat kemiringan lereng sesuai dengan sudut yang akan diuji yaitu 51°
5. Pemasangan pondasi dengan dimensi 6 x 4 x 98 cm. pondasi dipasang dengan jarak 9 cm dari ujung lereng.
6. Pemberian beban dilakukan pada bagian puncak lereng sepanjang lebar lereng.
7. Pemberian beban diatas pondasi dilakukan secara bertahap

8. Pembacaan alat-alat uji pembebanan terhadap *model test*
9. Pengamatan dilakukan sampai *model test* sudah tidak dapat dibebani lagi

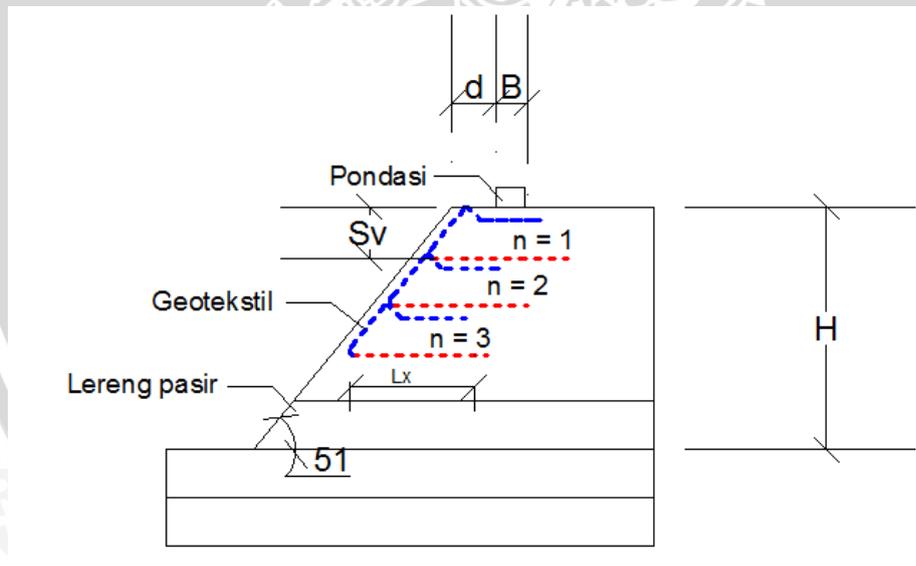
Langkah-langkah percobaan pada pembuatan pemodelan fisik lereng dengan perkuatan geotekstil sebagai berikut:

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 sebelumnya menggunakan alat pemadat silinder beton.
3. Setiap lapisan harus dilakukan pengecekan dengan menggunakan *density ring* agar kepadatan dan kadar air yang ada pada pasir tetap terjaga dan sesuai dengan kepadatan yang diinginkan.
10. Perkuatan geotekstil dipasang sesuai dengan letak yang telah dijelaskan pada gambar sebelumnya.
11. Lalu usai pemasangan geotekstil, dilakukan pemadatan dengan cara menggilingkan silinder beton. Setiap lapisan perlu dilakukan pengecekan kepadatan dan kadar airnya dengan menggunakan *density test*.
12. Kemiringan lereng dibuat sesuai dengan sudut yang akan diuji yaitu 51° .
13. Pemasangan pondasi dengan dimensi 6 x 4 x 98 cm. pondasi dipasang dengan jarak 9 cm dari ujung lereng.
14. Pemberian beban dilakukan pada bagian puncak lereng sepanjang lebar lereng.
15. Pemberian beban diatas pondasi dilakukan secara bertahap
16. Pembacaan alat-alat uji pembebanan terhadap *model test*
17. Pengamatan dilakukan sampai *model test* sudah tidak dapat dibebani lagi



Gambar 3.16 Pemodelan lereng tanpa perkuatan (Sumber : Penulis)

Pemodelan fisik lereng tanah pasir dilakukan dengan menggunakan pondasi menerus dengan lebar pondasi (B) sebesar 6 cm, jarak pondasi dari tepi lereng sebesar 9 cm, dan jarak vertikal/spasi antar perkuatan (S_v) sebesar 10,5 cm. Pemodelan ini dilakukan dengan 3 macam variasi panjang perkuatan geotekstil (L_x), yaitu 22,4 cm; 25,9 cm; 29,4 cm dan 3 macam variasi jumlah lapisan geotekstil (n), yaitu 1, 2, dan 3.



Gambar 3.17 Model Lereng Percobaan (Sumber : Penulis)

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 *fiber glass* dengan menggunakan pelat siku baja

40.40.4. Penggunaan *fiber glass* diharapkan dapat digunakan supaya dapat diamati dan dilihat saat pelaksanaan. Gambar box terlihat seperti pada **Gambar 3.18** berikut ini.

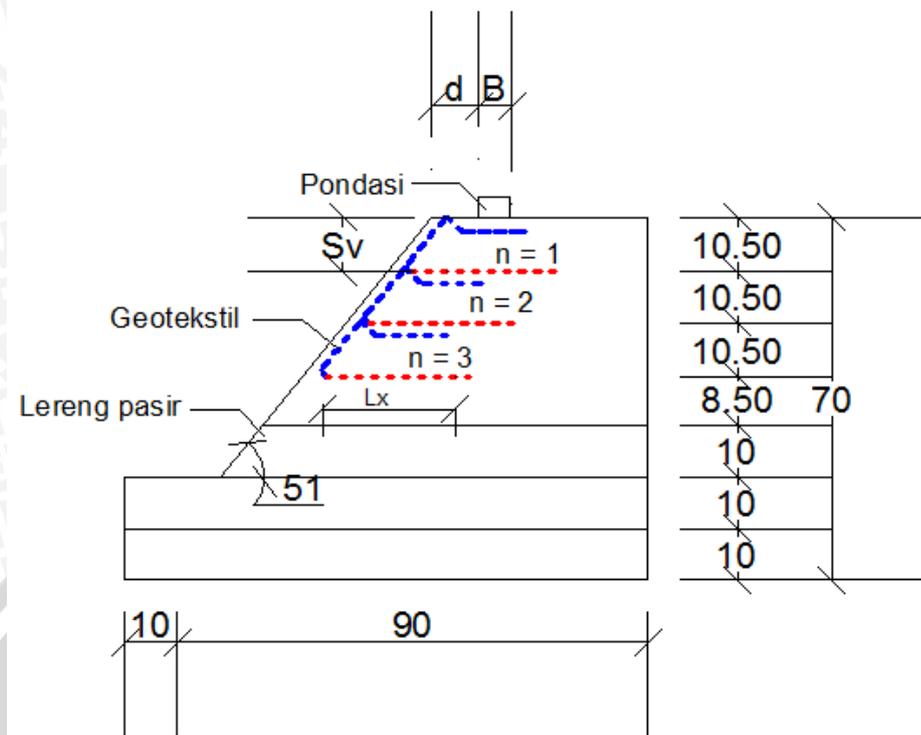


Gambar 3.18 Model *Box* Penelitian (Sumber : Penulis)

3.4.4 Pengujian Pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, dalam pembebanan digunakan *load cell* dan LVDT. 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 memiliki dimensi sebesar 6 x 4 x 98 cm. Beban yang diberikan diusahakan dapat berupa beban merata pada permukaan atas model lereng, dengan ukuran luasan beban 6 x 98 cm. Tampak samping susunan pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 3.19** berikut ini.



Gambar 3.19 Contoh susunan pembebanan (Sumber : Penulis)

3.5 Metode Pengambilan Data

Setelah tahapan pembuatan pemodelan lereng selesai dikerjakan, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan jumlah lapisan geotekstil (n) serta panjang perkuatan geotekstil (L_x) yang bervariasi. Pengambilan data pada penelitian ini minimal dikerjakan oleh dua orang. Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut.

1. Memasang pondasi menerus yang terbuat dari baja yang di dalamnya diisi dengan balok kayu. Pondasi yang digunakan memiliki dimensi sebesar 6 x 4 x 98 cm. Pondasi dipasang dengan jarak 9 cm dari ujung lereng.
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 hingga beban tidak dapat ditambahkan lagi atau hingga lereng runtuh.
5. Mencatat beban yang diberikan serta penurunan yang terjadi.

Untuk penelitian ini variasi jumlah lapisan geotekstil (n) dan panjang perkuatan geotekstil (L_x) yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variasi perlakuan pondasi

Kepadatan 74% Lebar Pondasi (B) = 6 cm Jarak pondasi ke tepi lereng (d) = 1,5B	L_x (cm)		
	0,45 H	0,52H	0,59H
$n = 1$	√	√	√
$n = 2$	√	√	√
$n = 3$	√	√	√

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 jumlah lapisannya. Daya dukung dihitung dengan rumus berikut:

$$qu = \frac{Pu}{A} \quad (3-1)$$

Dengan:

P_u : beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan

A : luasan pondasi

Selain itu, untuk mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil sebagai perkuatan lereng dalam meningkatkan daya dukung dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)*. Nilai *BCI* diperoleh dengan rumus:

$$BCI = \frac{qu \text{ lereng dengan perkuatan}}{qu \text{ lereng tanpa perkuatan}} \quad (3-2)$$

Hasil analisis *Bearing Capacity Improvement (BCI)* kemudian disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.2 *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi panjang geotekstil

No.	Jumlah Lapisan	Panjang (cm)	qu lereng tanpa perkuatan (kg/cm ²)	qu lereng dengan perkuatan (kg/cm ²)	BCI
1	1 Lapisan	0,45H			
2		0,52H			
3		0,59H			
4	2 Lapisan	0,45H			
5		0,52H			
6		0,59H			
7	3 Lapisan	0,45H			
8		0,52H			
9		0,59H			

Tabel 3.3 *Bearing Capacity Improvement (BCI)* untuk variasi lapisan geotekstil

No.	Panjang (cm)	Jumlah Lapisan	qu lereng tanpa perkuatan (kg/cm ²)	qu lereng dengan perkuatan (kg/cm ²)	BCI
1	0,45H	1 Lapisan			
2		2 Lapisan			
3		3 Lapisan			
4	0,52H	1 Lapisan			
5		2 Lapisan			
6		3 Lapisan			
7	0,59H	1 Lapisan			
8		2 Lapisan			
9		3 Lapisan			

Data-data pada tabel di atas kemudian disajikan dalam grafik *BCI*.

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. Pematatan

Tanah yang dipakai merupakan tanah dengan jenis pasir, maka cara mekanis pemadatan yang dipakai adalah dengan cara *roller* yaitu menggunakan silinder beton. Jenis pemadatan seperti ini lebih memungkinkan pemadatan yang lebih merata pada setiap lapisan. Pemadatan dengan menggunakan silinder yaitu dengan cara menggelindingkan silinder diatas lapisan yang telah diberikan perkuatan geotekstil. Silinder yang digunakan dari bahan beton dengan ukuran diameter 15 cm, berat 11,26 kg dan tinggi 30 cm. Alasan dipakainya silinder beton sebagai alat pemadat karena jika dibandingkan dengan kenyataan asli di lapangan, usai pemasangan perkuatan geotekstil akan ditumbuk dengan menggunakan silinder mesin pemadat. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan silinder beton sebagai alat pemadat.

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.

3. Sudut kemiringan lereng

Berdasarkan percobaan yang pernah dilakukan, lereng yang dibentuk pada sudut kemiringan lereng diatas 51° rawan mengalami keruntuhan sebelum terbebani. Dengan demikian, pada penelitian kali ini sudut kemiringan yang digunakan ditetapkan sebesar 51° . 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 51° , yaitu merupakan lereng sangat curam.

3.6 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.
 - Panjang geotekstil (Lx) 0,45H, 0,52H, dan 0,59H
 - Jumlah lapisan geotekstil (n) 1 lapisan, 2 lapisan dan 3 lapisan
 - Lebar pondasi (B) 6 cm
 - Jarak pondasi ke tepi lereng (d) 9 cm
 - Jarak vertikal antarlapisan geotekstil (Sv) sebesar 10,5 cm
 - Pondasi terletak di atas permukaan lereng
 - Sudut kemiringan lereng 51°
 - Jenis tanah pasir dengan kepadatan pasir = 74%
- b. Variabel *dependent* (konsekuensi) dalam penelitian ini antara lain.
 - Beban maksimum yang mampu ditahan oleh lereng
 - Penurunan pondasi yang terjadi akibat pembebanan
 - Daya dukung Lereng menahan beban di atasnya

3.7 Hipotesis Pengujian Terhadap Peningkatan Daya Dukung Pasir dengan Kepadatan 74% pada Lereng

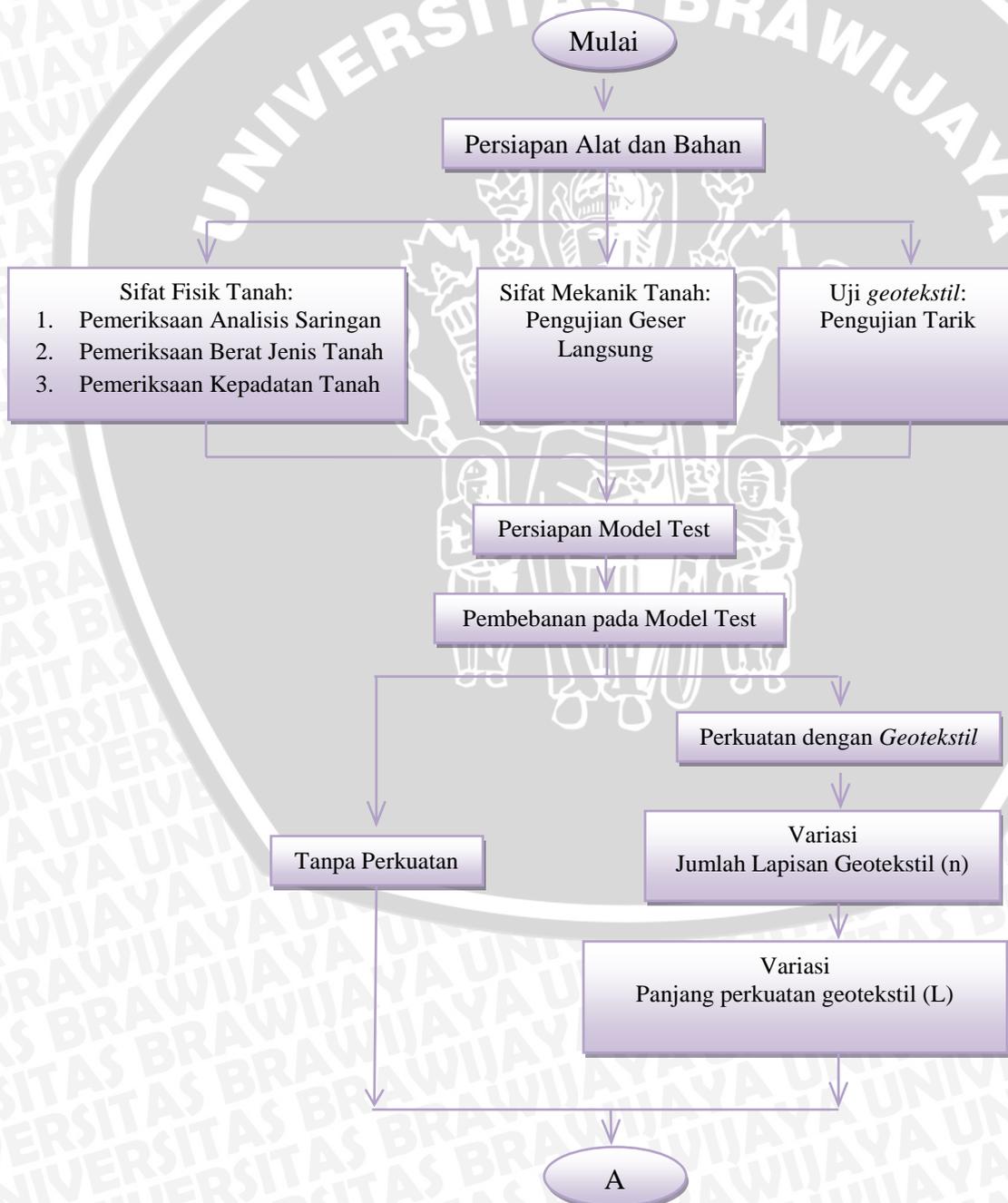
Hipotesis yang dapat diambil dari rumusan masalah yaitu perkuatan geotekstil terhadap daya dukung dan penurunan pondasi pada lereng jika dibandingkan dengan lereng tanpa perkuatan dengan lereng perkuatan geotekstil memiliki pengaruh yang besar terhadap daya dukung dan penurunannya.

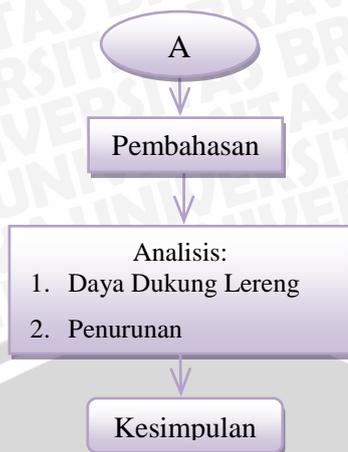
Selain itu, penggunaan variasi jumlah lapisan geotekstil dan panjang geotekstil terhadap daya dukung pondasi juga memiliki pengaruh yang besar karena jika jumlah lapisan semakin banyak dengan syarat tidak melebihi dari potensi pola keruntuhan pada lereng maka daya dukung akan semakin kuat sedangkan pengaruh panjang geotekstil juga sangat berpengaruh. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan Yun Hu, Ga Zhang*, Jian-Min Zhang, C.F. Lee (2009).

Jumlah lapisan dan panjang perkuatan yang optimum untuk mengetahui daya dukung pondasi pada lereng dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada pola keruntuhan lereng terlebih dahulu serta menentukan jarak vertical antar perkuatan (sv) sehingga dapat dilihat jumlah optimum yang bisa digunakan. Sedangkan panjang perkuatan, semakin panjang perkuatan maka akan semakin meningkatkan nilai daya dukungnya dengan syarat tidak melebihi titik pola keruntuhan lereng.

3.8 Bagan Alir Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, tahap-tahap pelaksanaan dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan dalam gambar berikut.





Gambar 3.20 Bagan alir percobaan

