

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Metode Eksperimental* skala kecil dengan menggunakan *shaking table test*. Eksperimen dilakukan dengan membuat model skala kecil dinding penahan tanah dengan variasi geometri. Yang dimaksud dengan geometri dalam penelitian ini adalah type dinding penahan tanah, yaitu type *gravity* dan type kantilever.

Sejumlah 49 tes *shaking table* dilakukan dalam rangka untuk menentukan dampak dari *input motion* yang diberikan yaitu merupakan hasil pergerakan mesin sebagai beban dinamis *sinusoidal*. Penelitian ini akan menggunakan beberapa variasi parameter peubah dan dengan demikian terlihat pengaruh tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah akibat beban gempa. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi percepatan dinamis yang berbeda sebagai akibat variasi amplitudo dan variasi frekuensi yang diberikan. Di samping itu, tiga variasi kerapatan relatif (*DR*) pasir yang berbeda dan dua model dinding penahan tanah yang berbeda (model *gravity* dan model kantilever) digunakan dalam percobaan ini. Variasi parameter kerapatan relatif pasir, model dinding penahan tanah dan percepatan dinamis sinusoidal, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variasi Kerapatan Relatif (*DR*), Model Dinding Penahan Tanah dan Percepatan Dinamis Sinusoidal

Variasi		Model gravity			Model kantilever		
Variasi simpangan	Variasi <i>DR</i>	Percepatan (<i>a</i>)			Percepatan (<i>a</i>)		
		<i>a</i> ₁	<i>a</i> ₂	<i>a</i> ₃	<i>a</i> ₁	<i>a</i> ₂	<i>a</i> ₃
Simpangan 1	<i>DR</i> ₁	x	x	x	x	x	x
	<i>DR</i> ₂	x	x	x	x	x	x
	<i>DR</i> ₃	x	x	x	x	x	x
Simpangan 2	<i>DR</i> ₁	x	x	x	x	x	x
	<i>DR</i> ₂	x	x	x	x	x	x
	<i>DR</i> ₃	x	x	x	x	x	x

Dalam setiap *input motion* tes diterapkan selama lebih kurang 2 menit dan dicatat percepatannya dengan menggunakan sistem data yang terekam dalam komputer. Selama pengujian dilakukan rekaman pergerakan butiran tanah. Hasil penelitian laboratorium ini dibandingkan dengan hasil analisis dengan menggunakan program Plaxis Dinamis.

3.2. Peralatan dan Material

3.2.1. Sistem Meja Getar (*Shaking Table*)

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat meja getar terletak di Laboratorium Mekanika Tanah di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana. Meja getar (*shaking table*) dibuat dari material baja yang bertumpu pada rangka baja profil C-8 dan digerakkan oleh motor penggerak dengan variasi kecepatan yang diatur dengan *inverter*. Dimensi meja getar dengan panjang 2,0 m, lebar 0,4 m dan tinggi 1,0 m. Alat meja getar terdiri dari dua bagian utama:

- 1) Sistem pembangkit gerak
- 2) Kotak tanah.

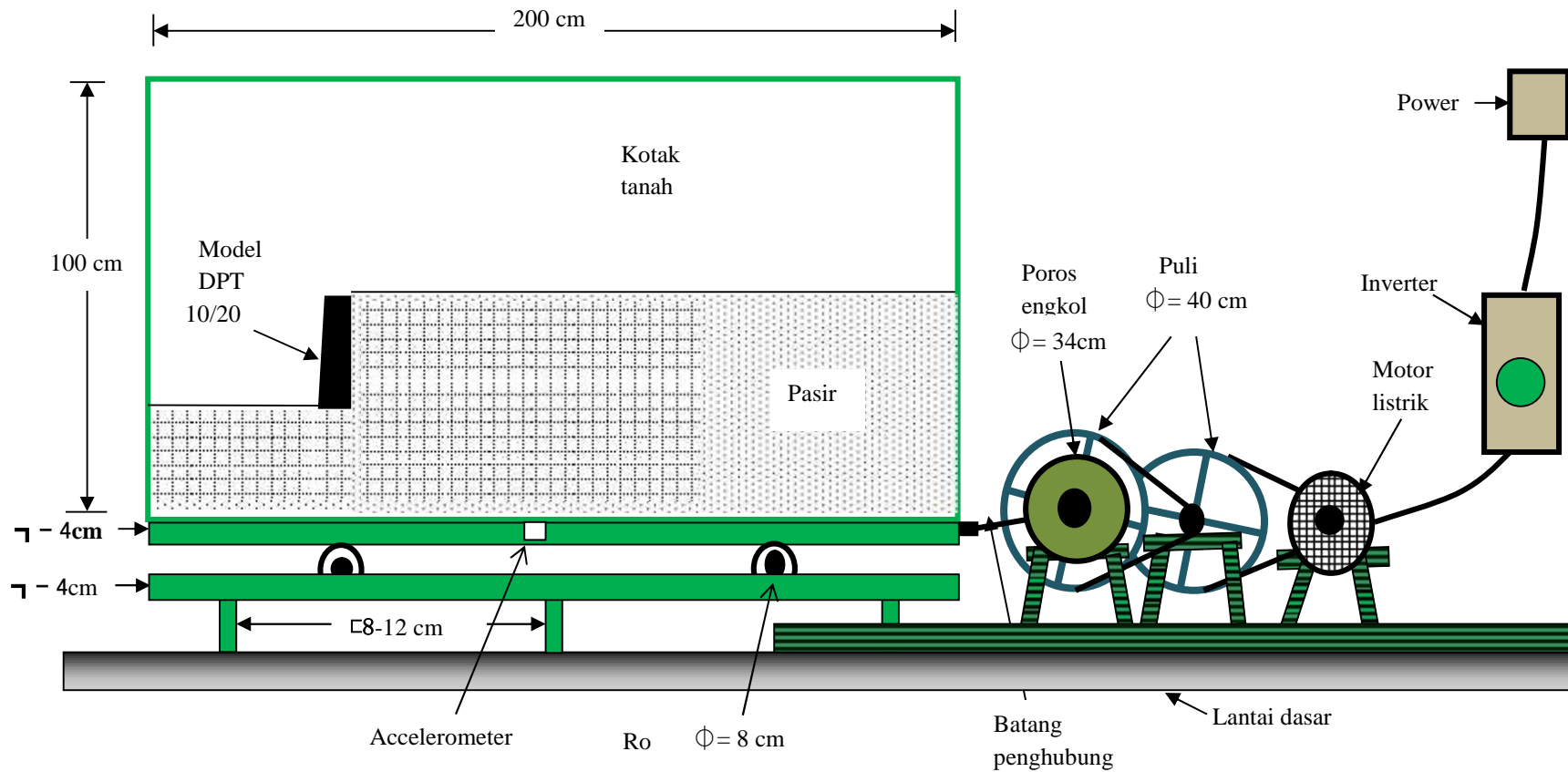
Seluruh sistem terletak di atas pondasi yang cukup kuat. Meja getar bergerak mulus pada arah horisontal di atas 4 (empat) buah roda pada rel yang disediakan. Pada meja getar dilengkapi dengan alat pencatat getaran (*accelerometer*). Hasil pencatatan *accelerometer* dapat dilihat pada komputer berupa grafik atau biasa disebut *accelerograph*. Hasil output pada komputer dapat dilihat dengan program *G-Trace*. Meja getar digerakkan hanya pada arah horizontal. Seperangkat peralatan tes dinding penahan tanah dengan beban dinamis *sinusoidal* (sketsa) seperti dapat dilihat pada Gambar 3-1 dan peralatan tes dinding penahan tanah dengan beban dinamis *sinusoidal* yang digunakan ditampilkan pada Gambar 3-2.

3.2.1.1. Sistem Pembangkit Gerak

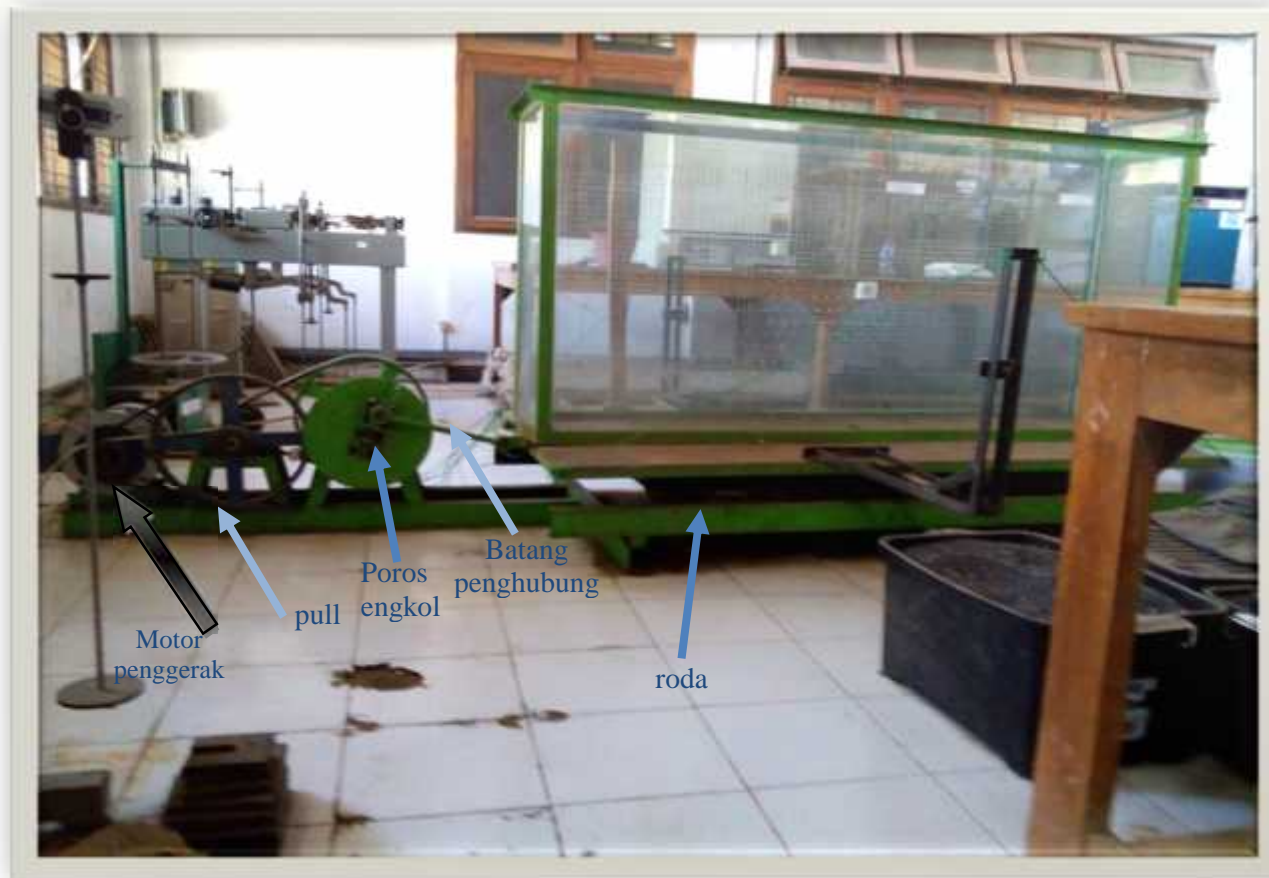
Input motion berupa gerak *sinusoidal* dihasilkan dengan menggunakan motor listrik yang terhubung pada meja getar melalui batang penghubung. Gerakan dihasilkan oleh motor listrik ditransmisikan ke batang penghubung melalui puli. Ada 2 (dua) buah puli yang dirangkai untuk menggerakkan poros engkol. Sistem pembangkit gerak menggunakan *inverter*, sehingga kecepatan dan frekuensi *input motion* dapat disesuaikan secara otomatis. Amplitudo (simpangan) dari gerak *sinusoidal* dapat disesuaikan secara manual dengan memindah-mindahkan posisi tuas pengatur atau poros engkol.

Untuk penelitian ini input gerak dapat diwakili dengan mengembangkan persamaan-persamaan :

Persamaan 2.8: $x = A \sin \check{S}t$



Gambar 3-1. Sketsa Alat Uji Dinding Penahan Tanah dengan Beban dinamis Sinusoidal



Gambar 3-2. Alat Uji Dinding Penahan Tanah dengan Beban dinamis Sinusoidal

Persamaan 2.16: $x(t) = A \sin \check{S}t$

Persamaan 2.45: $F = \hat{M} \cdot \hat{F} \sin(\check{S}t + w_0)$ menjadi Persamaan 3.1.

$$x = A \sin(\check{S}t + s) \quad (3.1)$$

dimana :

- x = perpindahan pada saat t
- A = amplitudo perpindahan
- = frekwensi angular dari gerakan
- t = waktu
- = sudut tahap awal dalam derajat dalam fungsi sinus

Dengan mengadopsi Persamaan 3.1, dapat ditentukan kecepatan gerakan sistem yang merupakan turunan pertama dari fungsi yaitu Persamaan 3.2.

$$\dot{x} = A \check{S} \cdot \cos(\check{S}t + s) \quad (3.2)$$

Dengan demikian dapat ditentukan percepatan gerakan sistem yang merupakan turunan kedua fungsi gerak dan diekspresikan pada Persamaan 3.3.

$$\ddot{x} = -A \check{S}^2 \cdot \sin(\check{S}t + s) \quad (3.3)$$

3.2.1.2. Kotak Tanah

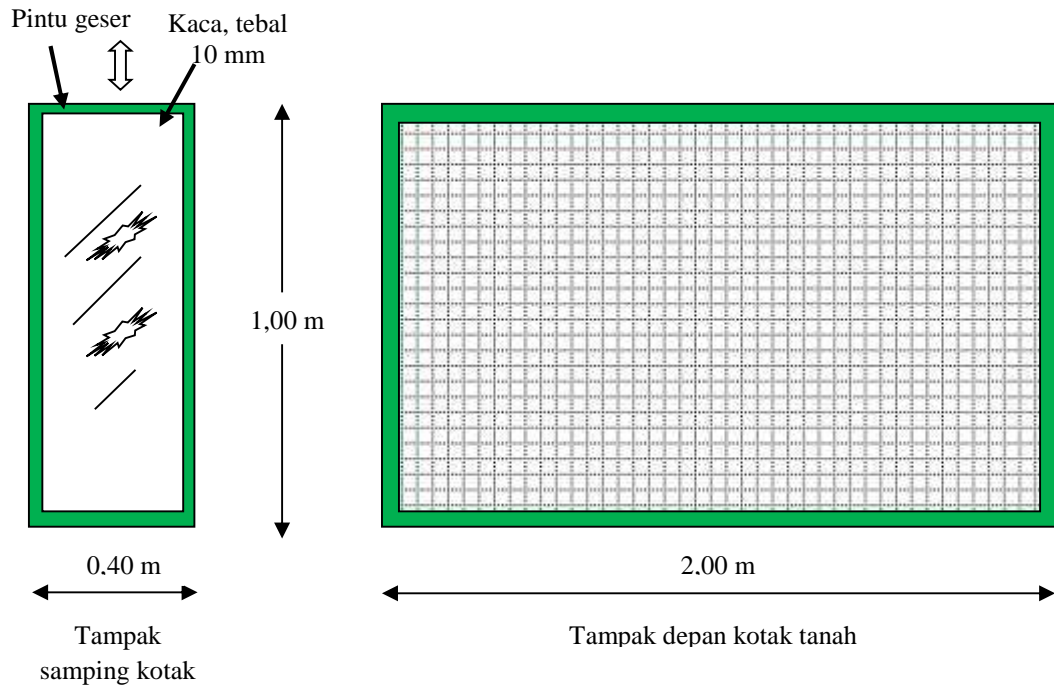
Kotak tanah bertumpu pada meja getar (*shaking table*). Kotak tanah dengan dimensi panjang 2,0 m, lebar 0,4 m dan tinggi 1,0 m. Material kotak tanah terbuat dari kaca pada keempat sisinya dengan ketebalan 10 mm. Pada pertemuan sisi-sisinya dihubungkan dengan material baja. Arah memanjang kedua sisi kotak tanah dilengkapi dengan gambar milimeter.

Sebuah pintu geser dengan ukuran 90 cm x 35 cm terletak di salah satu sisi kotak tanah (Lihat Gambar 3-3). Hal ini dimaksudkan agar operasional eksperimen lebih mudah saat mengisi dan mengosongkan kotak tanah.

3.2.2. Model Dinding Penahan Tanah

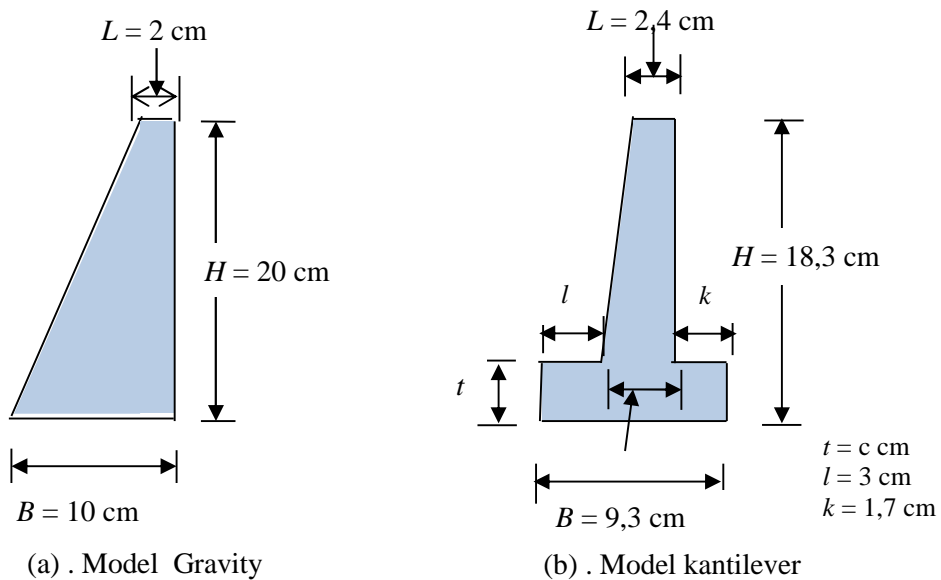
Dua jenis model dinding penahan tanah yang berbeda digunakan selama pengujian. Model dinding penahan tanah yang digunakan pada studi ini adalah type gravity dan type kantilever, sebagaimana digambarkan pada Gambar 3-4.

Material dinding penahan tanah adalah terbuat dari spesi beton. Gradasi butiran pembentuk spesi beton direncanakan menggunakan pasir lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 100. Sebagai bahan spesi beton dipilih semen Gresik. Panjang



Gambar 3-3. Kotak tanah

model dinding penahan tanah type gravity 37,5 cm dan panjang model dinding penahan tanah type kantilever 38 cm.



Gambar 3-4. Geometri Model Dinding Penahan Tanah

3.2.3. Material Timbunan dan Mekanisme Pelaksanaan Penimbunan

Penelitian ini menggunakan pasir sebagai material timbunan. Pasir diperoleh dari daerah Karangasem yang merupakan wilayah Bali Timur. Material timbunan adalah pasir

kering oven dengan kombinasi ukuran butiran lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 100.

Penimbunan dilakukan dengan metode yang sama dengan metode yang digunakan pada saat menentukan nilai berat volume kering pasir maksimum ($\chi_{d(maks)}$), dan berat volume kering pasir minimum ($\chi_{d(min)}$). Penimbunan pasir dilakukan lapis demi lapis dengan ketebalan lapisan masing-masing 2 cm yang dihitung sesuai dengan kerapatan relatif yang direncanakan, guna mendapatkan kerapatan lapisan pasir yang seragam. Tinggi timbunan direncanakan sama dengan tinggi dinding penahan tanah dan tidak direncanakan adanya inklinasi timbunan. Adapun proses analisis dinding penahan tanah akibat beban dinamis (sinusoidal) dilakukan seperti tersaji dalam bagan alir proses analisis dinding penahan tanah (Gambar 3.5).

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam 6 tahap, dimana tahap-tahap ini saling bergantung. Adapun urutan ke 6 (enam) tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

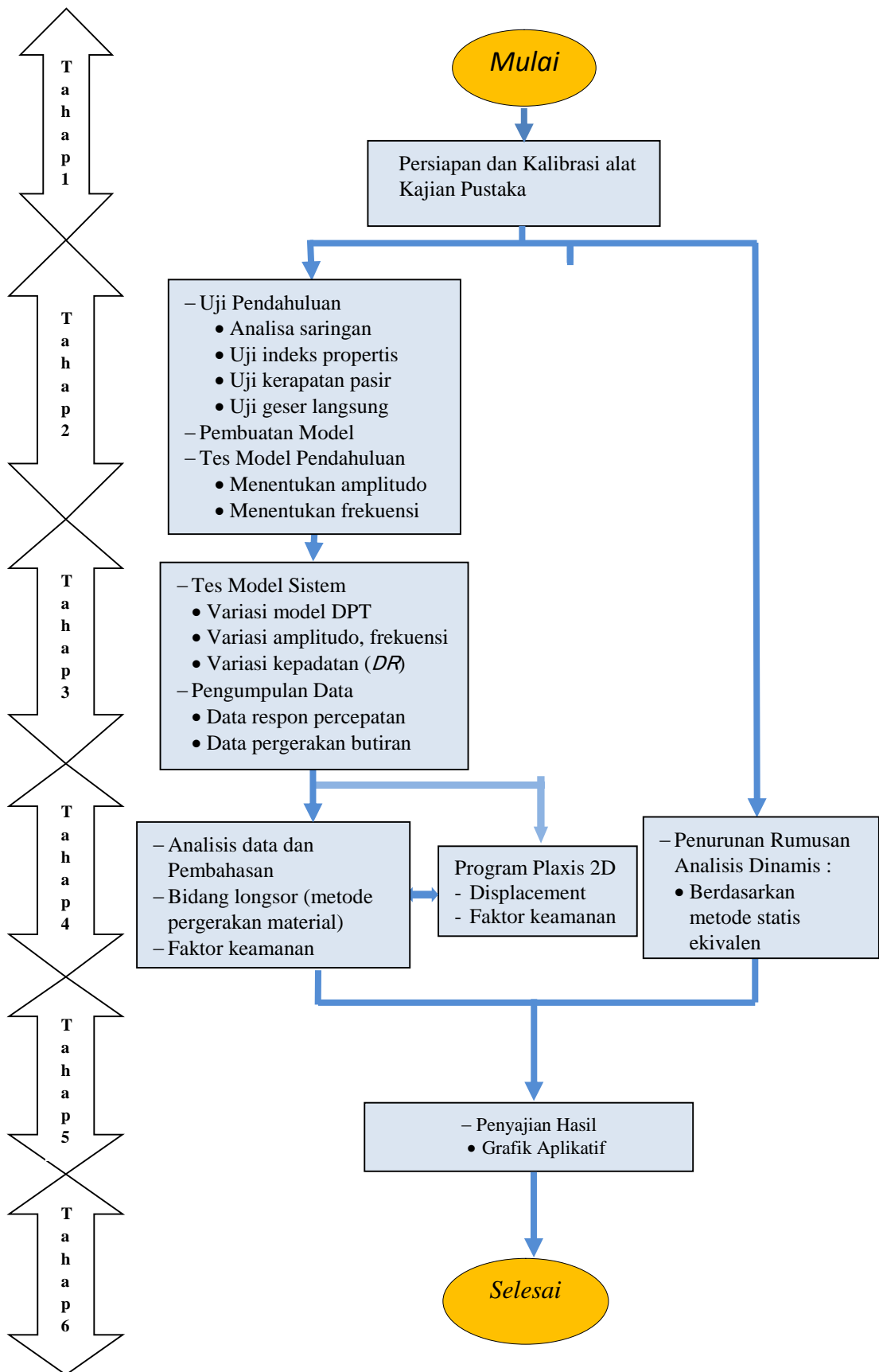
- Tahap 1. Tahap persiapan dan kalibrasi alat
- Tahap 2. Tahap uji pendahuluan
- Tahap 3. Tahap tes model sistem dan pengumpulan data
- Tahap 4. Tahap analisis data dan pembahasan
- Tahap 5. Tahap penyajian hasil
- Tahap 6. Tahap analisis stabilitas konstruksi dengan program Plaxis Dinamis.

Tahap 1. Tahap Persiapan dan Kalibrasi Alat

Persiapan dan kalibrasi peralatan dan material dilakukan sebelum tes pendahuluan dilaksanakan. Dalam tahap ini peralatan dan material dipersiapkan terlebih dahulu. Peralatan laboratorium yang akan digunakan dicek kelaikannya. Tes kalibrasi alat dilakukan untuk mendapatkan hasil uji yang akurat.

Peralatan yang dikalibrasi meliputi peralatan laboratorium yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat fisis dan mekanik pasir uji. Demikian juga dengan meja getar, dilakukan tes kalibrasi terhadap kecepatan gerak, periode gerak dan frekuensi dengan amplitudo yang ditentukan.

Pada tahap ini kajian pustaka penting dilakukan untuk mempersiapkan peralatan yang akurat untuk digunakan pada tahap uji selanjutnya. Kajian pustaka dilakukan se-



Gambar 3-5. Bagan Alir Proses Analisis Dinding Penahan Uji kerapatan pasir Tanah

cara bersamaan dengan tahap persiapan dan kalibrasi alat.

Tahap 2. Tahap Uji Pendahuluan

Penelitian ini didahului dengan melakukan tes pendahuluan. Pertama, dilakukan tes analisa saringan untuk mendapatkan jenis pasir dan distribusi ukuran butiran yang digunakan. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Karangasem. Prosedur analisis saringan dilakukan sesuai dengan standar ASTM D422-63. Analisis saringan dilengkapi dengan menentukan koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c). Pemeriksaan kadar air pasir dilakukan sesuai dengan standar ASTM D 2216-90 sedangkan pemeriksaan berat jenis pasir dilakukan sesuai dengan standar ASTM D854-72 (Bowles, 1986). Tes selanjutnya adalah tes kerapatan pasir untuk mendapatkan berat volume kering pasir minimum ($\gamma_{d(\min)}$) dan berat volume kering pasir maksimum ($\gamma_{d(\max)}$). Tes ini dilakukan sesuai dengan standar ASTM D 4253-83 untuk mendapatkan kerapatan relatif maksimum pasir, sedangkan untuk mendapatkan kerapatan relatif minimum pasir dilakukan sesuai dengan standar ASTM D 4254-83 (Bowles, 1986). Selanjutnya, dilakukan uji geser langsung. Uji geser langsung dilakukan sesuai dengan standar ASTM D3080 (Bowles, 1986). Uji ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kekuatan pasir (ϕ dan c) secara cepat. Sampel yang digunakan pada uji geser langsung adalah pasir dengan kerapatan tinggi, sedang dan lepas. Alat uji geser langsung yang dipergunakan dalam eksperimen ini ditampilkan pada Gambar 3-6.

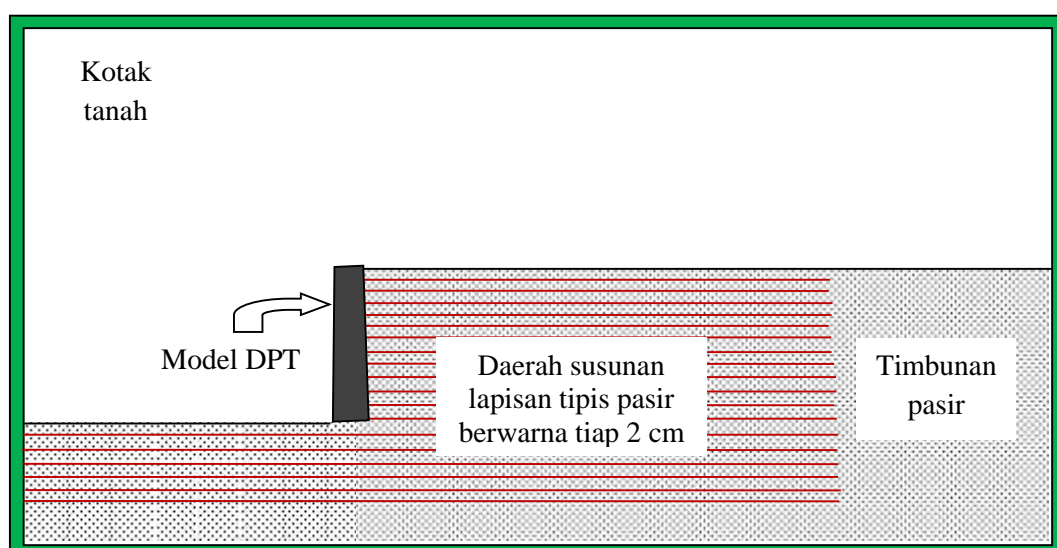


Gambar 3-6. Alat Uji Geser Langsung

Pembuatan model sistem dilakukan pada tahap ini, dilanjutkan dengan tes awal peralatan dan model yang telah dipersiapkan untuk menguji semua peralatan, dan model sistem sudah bisa dipergunakan. Ada dua macam type model dinding penahan tanah yang digunakan pada penelitian ini, yaitu type gravity dan type kantilever. Pada masing-masing type model dinding penahan tanah dilakukan tes dengan variasi kerapatan relatif pasir (DR), variasi frekuensi getaran (f) dan variasi amplitudo (A).

Selanjutnya dilakukan pengujian model dengan beban dinamis sementara, dengan satu model dinding penahan tanah, yaitu untuk mengetahui bentuk bidang pergerakan butiran yang terjadi di belakang dinding akibat beban dinamis. Hasil tersebut digunakan sebagai dasar anggapan untuk tahap analisis data. Untuk dapat merekam pergerakan butiran pasir, pada setiap jarak 2 cm diberikan lapisan tipis pasir berwarna arah horisontal, yang disusun dengan jarak vertikal yang sama dan disusun di daerah yang diasumsikan sebagai daerah bidang pergerakan butiran. Lapisan tipis pasir berwarna tersebut dianggap mewakili butiran pasir yang akan diuji pergerakannya. Perlakuan ini diberikan terhadap model DPT gravity dan model DPT kantilever.

Posisi model DPT terhadap dinding kotak tanah mengacu pada Persamaan 2.16 dan Persamaan 2.17 seperti yang sudah dirumuskan pada sub-bab 2.3.2.6. Kedalaman minimum model DPT dari dasar kotak tanah mengacu pada Persamaan 2.18 seperti yang telah dirumuskan pada sub-bab 2.3.2.6. Susunan lapisan tipis pasir berwarna pada kotak tanah dan posisi model DPT dapat dilihat pada Gambar 3-7.



Gambar 3-7. Daerah Susunan Lapisan Tipis Pasir Berwarna Pada Kotak Tanah

Pada saat tes model dilaksanakan, pergerakan butiran direkam dan kemudian hasil rekaman diplotkan pada gambar, untuk mengetahui pola pergerakan dari butiran pasir akibat beban dinamis sinusoidal. Selanjutnya bidang pergerakan butiran di belakang dinding penahan dapat digambarkan.

Tahap 3. Tahap Tes Model Sistem dan Pengumpulan Data

Percobaan dilakukan dengan memperhatikan dan mempertimbangkan hasil percobaan pendahuluan, yang dilakukan dengan beberapa variasi amplitudo/simpangan dan frekuensi getaran, yang menghasilkan respon percepatan dinamis pada rentang $a = (0,1 - 0,6)g$ untuk zona gempa wilayah Bali, sebagaimana peta zonasi gempa Indonesia yang diusulkan Irsyam et al. (2010). Selanjutnya dilakukan serangkaian pengujian model Dinding Penahan Tanah, terhadap beban dinamis (sinusoidal) yang diberikan secara seragam. Tes model dinding penahan tanah type gravity dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu:

- 1) Kelompok berdasarkan variasi kerapatan relatif dan frekuensi getaran dengan amplitudo tetap (sama).
 - 2) Kelompok berdasarkan variasi kerapatan relatif, frekuensi getaran dan amplitudo.
- Selama pembebanan berlangsung, respon percepatan dinamis model dinding penahan tanah direkam. Pada tahap ini, tes dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi parameter peubah, dan dengan demikian terlihat pengaruh tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah akibat beban dinamis sinusoidal. Variasi parameter yang digunakan adalah: percepatan maksimum (a_{max}), geometri struktur dinding penahan tanah (*retaining wall*) dan variasi kerapatan tanah. Untuk percepatan gempa direncanakan 3 (tiga) variasi. Variasi kerapatan pasir digunakan 3 (tiga) macam untuk mewakili masing-masing jenis kerapatan pasir. Untuk model DPT gravity, variasi kerapatan yang ditentukan $DR = 30\%$, $DR = 55\%$ dan $DR = 60\%$. Untuk model DPT kantilever, variasi kerapatan pasir yang digunakan $DR = 30\%$, $DR = 70\%$ dan $DR = 75\%$. Dimensi masing-masing model dinding penahan tanah ditentukan seperti pada Gambar 3-4.

Pengumpulan data dilakukan pada tahap tes model sistem ini. Selama pengujian setiap pergerakan butiran akibat pembebanan dinamis (sinusoidal) direkam. Demikian juga terjadinya perpindahan pada model dinding penahan tanah direkam.

Tahap 4. Tahap Analisis Data dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dinamis sementara, maka analisis stabilitas dinamis dinding penahan tanah dapat dilakukan dengan memperhitungkan kemiringan bidang pergerakan butiran dengan sudut gesek dalam tanah efektif (material tes adalah pasir kering).

Analisis data dibedakan menjadi 4 bagian :

- 1) Analisis data sifat-sifat tanah (pasir).
- 2) Analisis data respon percepatan dinamis model dinding penahan tanah.
- 3) Analisis data pergerakan butiran pasir.
- 4) Analisis perhitungan faktor keamanan model dinding penahan tanah.

Tanah (pasir) yang ada digunakan untuk tes model selanjutnya dianalisis untuk mengetahui sifat-sifat fisisnya, yaitu kadar air, berat jenis dan analisis saringan. Sifat mekanis pasir dianalisis berdasarkan tes kerapatan pasir dan tes uji geser langsung.

Analisis data respon percepatan dinamis model dinding penahan tanah dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu:

- 1) Analisis respon percepatan dinamis model dinding penahan tanah type gravity.
- 2) Analisis respon percepatan dinamis model dinding penahan tanah type kantilever.

Analisis respon percepatan kedua type dinding penahan tanah dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.3 : $\ddot{x} = -A \cdot \check{S}^2 \cdot \sin(\check{S}t + s)$ seperti yang sudah dibahas di sub-bab 3.2.1.1.

Analisis data pergerakan butiran pasir dilakukan untuk mendapatkan luas bidang pergerakan butiran dan pusat berat bidang pergerakan butiran. Dengan mengembangkan

Persamaan 2.46 : $A = \int y dx_{(x=b)} - \int y dx_{(x=a)} = \int_a^b y dx$ dan melihat Gambar 2-32 dapat

ditentukan luas bidang (A) yang dibatasi oleh 2 kurva yaitu kurva $y_1 = f(x)$, $y_2 = f(x)$, sumbu x dan ordinat di $x = 0$ dan $x = x_1$.

Luas bidang (A_1) di bawah kurva $y_1 = f(x)$, $x = 0$ dan $x = x_1$ (lihat Gambar 3-8) dengan

menggunakan Persamaan 2.46 : $A = \int y dx_{(x=b)} - \int y dx_{(x=a)} = \int_a^b y dx$ akan diperoleh

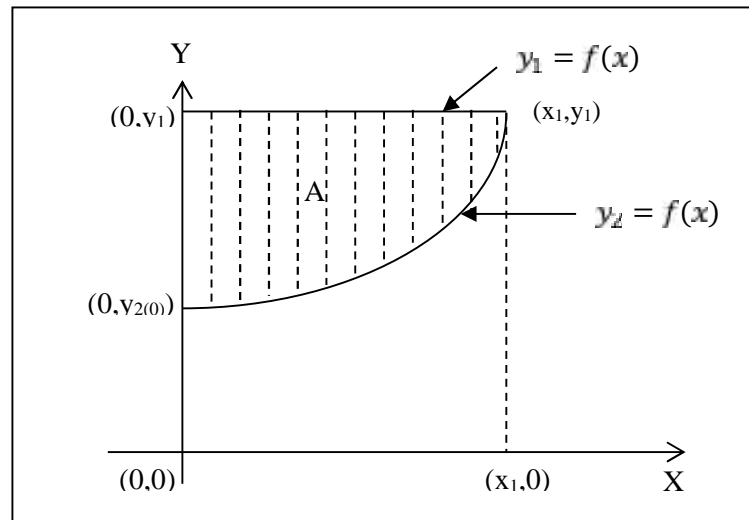
Persamaan 3.4.

$$A_1 = \int_0^{x_1} y_1 dx \quad (3.4)$$

Sedangkan luas bidang (A_2) di bawah kurva $y_2 = f(x)$, $x = 0$ dan $x = x_1$ dengan mengadopsi Persamaan 2.44 $A = \int y dx_{(x=b)} - \int y dx_{(x=a)} = \int_a^b y dx$ sehingga diperoleh

Persamaan 3.5.

$$A_2 = \int_0^{x_1} y_2 dx \quad (3.5)$$



Gambar 3-8. Luas Bidang Yang Dibatasi oleh Kurva $y_1 = f(x)$, $y_2 = f(x)$, $x = 0$ dan $x = x_1$

Maka luas bidang di bawah kurva yang dibatasi oleh perpotongan dua kurva diperoleh Persamaan 3.6.

$$A = A_1 - A_2 = \int_0^{x_1} y_1 dx - \int_0^{x_1} y_2 dx \quad (3.6)$$

Koordinat pusat berat bidang yang dibatasi oleh 2 kurva $y_1 = f(x)$, $y_2 = f(x)$, sumbu x , dan ordinat di $x = 0$ dan $x = x_1$ dapat diperoleh dengan cara mengembangkan Persamaan 2.49 dan Persamaan 2.50 serta melihat Gambar 2-32.

Persamaan 2.49:
$$\bar{x} = \frac{\int_a^b xy dx}{\int_a^b y dx}$$

Persamaan 2.50:
$$\bar{y} = \frac{\frac{1}{2} \int_a^b y^2 dx}{\int_a^b y dx}$$

Selanjutnya dengan melihat segmen pita $y \times dx$ pada Gambar 3-9, maka pusat berat segmen pita tersebut terhadap sumbu- x dan sumbu- y adalah $C(\bar{x}, \bar{y})$. Besar momen pada sumbu x dicari dengan menggunakan Persamaan 2.47. dan besar momen pada sumbu y dengan menggunakan Persamaan 2.48. Maka, momen pada sumbu- x diperoleh seperti pada Persamaan 3.7.

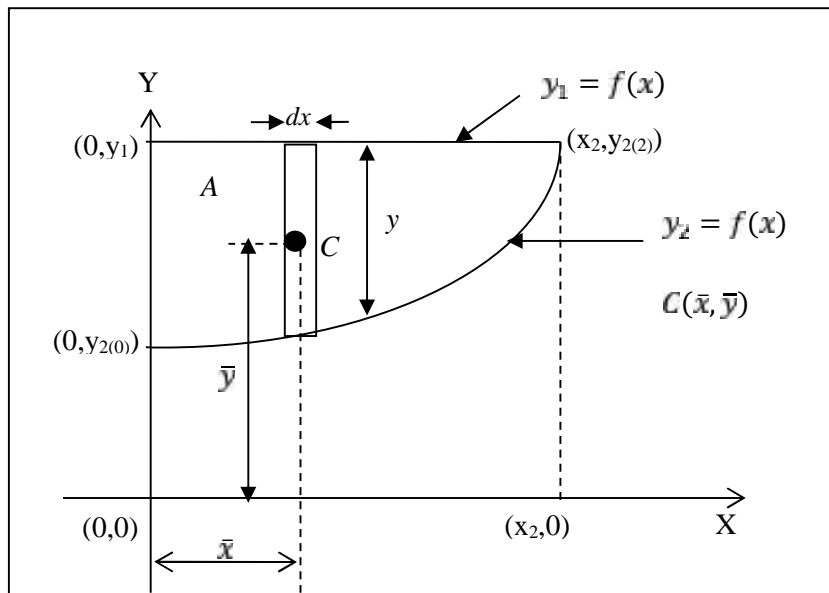
$$A \cdot \bar{x} \cong \sum_{x=0}^{x=x_2} x \cdot y \cdot dx \quad (3.7)$$

Selanjutnya momen pada sumbu- y didapat sebagaimana pada Persamaan 3.8.

$$A \cdot \bar{y} \cong \sum_{x=0}^{x=x_2} \left\{ \left(\frac{y_1 - y_2}{2} \right) + y_2 \right\} y \cdot dx \quad (3.8)$$

Koordinat pusat berat $C(\bar{x}, \bar{y})$ dapat diperoleh dengan mengembangkan Persamaan 2.47 dan Persamaan 2.48, diperoleh absis dengan menggunakan Persamaan 3.9 dan ordinat dengan menggunakan Persamaan 3.10.

$$\bar{x} = \frac{\int_0^{x_2} x \cdot y \, dx}{\int_0^{x_2} y \, dx} \quad (3.9)$$



Gambar 3-9. Koordinat Pusat Berat Bidang Yang Dibatasi Oleh Kurva $y_1 = f(x)$, $y_2 = f(x)$, $x = 0$ dan $x = x_1$

$$\bar{y} = \frac{\int_0^{x_2} \left(\frac{y_1 - y_2}{2} + y_2 \right) y \cdot dx}{\int_0^{x_2} y \cdot dx} = \frac{\frac{1}{2} \int_0^{x_2} (y_1^2 - y_2^2) dx}{\int_0^{x_2} y \cdot dx} \quad (3.10)$$

Gaya-gaya yang bekerja (gaya dinamik) pada sistem dinding penahan tanah termasuk massa tanah yang bergerak dapat ditentukan dengan memakai gaya-gaya yang ada pada Gambar 2-29.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai faktor keamanan terhadap guling dan nilai faktor keamanan terhadap geser pada sistem dinding penahan tanah dengan menggunakan Persamaan 2.41 diperoleh angka keamanan dinding penahan tanah dengan menggunakan Persamaan 3.11.

$$SF = \frac{M_R}{M_o} \quad \text{dan} \quad SF = \frac{\sum T_R}{\sum H_S} \quad (3.11)$$

dimana:

$M_R = (W_1 \times \text{lengan } W_1 \text{ terhadap titik O}) + \{W_2 \times (\overline{OA} + \overline{X})\} + (T_1 \times \overline{X}) + (T_{h,2} \times \text{ordinat titik singgung kurva terhadap titik O})$

$M_o = (F_{e1} \times \text{lengan } F_{e1} \text{ terhadap titik O}) + (F_{e2} \times \overline{Y}) + (T_{v,2} \times \text{absis titik singgung kurva terhadap titik O})$

$$\sum T_R = T + T_{h,2}$$

$$\sum H_S = F_{e1} + F_{e2}$$

$W_1 = (\text{Luas penampang dinding}) \times X_{\text{dinding}}$

$W_2 = (\text{Luas penampang/bidang tanah pergerakan butiran}) \times X_{\text{tanah}}$

$\overline{X} = \text{absis sentroid bidang pergerakan butiran}$

$\overline{Y} = \text{ordinat sentroid bidang pergerakan butiran}$

$T_1 = F_{e2} \times \tan(\delta)$, adalah sudut gesek DPT – tanah timbunan

$T_2 = W_2 \times \cos \alpha \times \tan \varphi$

$F_{e1} = W_1 \times (a_{\max}/g)$

$F_{e2} = W_2 \times (a_{\max}/g)$

$T_{v,2} = T_2 \times \sin \alpha = W_2 \times \cos \alpha \times \tan \varphi \times \sin \alpha$

$T_{h,2} = T_2 \times \cos \alpha = W_2 \times \cos^2 \alpha \times \tan \varphi$

$$T = c \times \overline{OA} + W_l \times (\tan \{ \text{dasar} \})$$

dengan c adalah nilai kohesi tanah dasar dan $\{ \text{dasar} \}$ adalah sudut gesek dalam tanah dasar.

= sudut pergerakan butiran di titik singgung kurva kepergerakan butiran

φ = sudut geser dalam tanah

Tahap 5. Penyajian Hasil

Setelah dilakukan rangkaian analisis dan pembahasan dengan menggunakan data-data tanah (pasir), data geometri dinding yang berbeda dan variasi percepatan dinamis, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap penilaian faktor keamanan model dinding penahan tanah seperti di sub-bab 3.3.4. Pada tahapan ini akan menghasilkan beberapa grafik-grafik yang memberikan nilai pengaruh dari masing-masing faktor ataupun secara bersamaan terhadap stabilitas dinamis dinding penahan tanah. Hasil ini nantinya akan bersifat aplikatif untuk digunakan oleh praktisi geoteknik di wilayah gempa yang berbeda.

Tahap 6. Tahap Analisis Stabilitas Konstruksi dengan Program Plaxis Dinamis

Angka keamanan adalah indikator stabilitas konstruksi dalam bidang rekayasa geoteknik. Plaxis merupakan salah satu paket program yang dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis *displacement* dan *safety factor* suatu konstruksi. Oleh karena itu, untuk keperluan validasi stabilitas konstruksi dinding penahan tanah pada penelitian ini digunakan alat bantu tersebut. Dimensi model dinding penahan tanah yang digunakan untuk validasi stabilitas konstruksi dinding penahan tanah dengan program Plaxis sama dengan yang dipakai pada tes laboratorium.

Data masukan material dalam menjalankan program Plaxis 2D dinamis diawali dengan memodelkan material. Material dinding penahan tanah terbuat dari beton, yang dimodelkan dengan menggunakan model *linear elastic* dengan modulus elastisitas $E_{ref} = \sqrt{f'c}$. Nilai $f'c$ diasumsikan sebesar 21 MPa. Sehingga $E_{ref} = 21538,11 \text{ MPa} = 21,54 \text{ kN/mm}^2$. Type material dinding penahan tanah dimodelkan *drained*. Material pasir dimodelkan dengan menggunakan model Mohr-Coulomb dengan perilaku material diatur sebagai *drained*. Antarmuka dalam lapisan pasir tidak memodelkan interaksi tanah-struktur, sehingga faktor reduksi kekuatan antarmuka harus diambil sebesar satu (kaku). Parameter elastis tanah dapat diadopsi pada Tabel 2.2.

Tahapan konstruksi dipilih *calculation type, plastic analysis*. Pada tahapan pembebanan dipilih *dynamic analysis* dengan parameter *time interval* sesuai dengan tes model laboratorium. Demikian juga untuk pembebanan dinamis dipilih pengali amplitudo dan frekwensi yang sama dengan tes model di laboratorium. Tahapan perhitungan faktor keamanan dipilih *calculation type Phi/ c-reduction*.

Hasil analisis dengan menggunakan program Plaxis dinamis 2D adalah pola/bentuk pergerakan (deformasi) butiran dan angka keamanan model dinding penahan tanah akibat pembebanan dinamis (harmonis). Selanjutnya hasil tersebut dibandingkan dengan hasil pengamatan laboratorium. Keluaran program Plaxis dinamis disajikan pada Lampiran F.

3.4. Hipotesis Penelitian

Sebagaimana analisis statis, kestabilan dinding penahan tanah akibat beban dinamis sangat ditentukan oleh beberapa hal berikut:

- 1) Jenis tanah di belakang dinding (dalam hal ini parameter tanah yang mempengaruhi).
- 2) Geometri dari dinding penahan tanah, meliputi tinggi dinding, lebar tapak dan bentuk dari penampang dinding penahan tanah gravity.
- 3) Beban dinamis yang diberikan. Beban dinamis ini selain mempengaruhi besarnya gaya dorong pada dinding juga sangat mempengaruhi bentuk keruntuhan tanah di belakang dinding. Hal ini tentunya sangat mempengaruhi masa tanah yang mendorong dinding. Bila beban dinamis yang diberikan mendekati nol, maka bentuk keruntuhan tanah di belakang dinding akan mendekati bentuk keruntuhan statis. Sebaliknya bila beban ini sangat besar sedemikian rupa sehingga seolah dinding bergerak sendiri akibat massa inersianya, maka keruntuhan tanah di belakang dinding akan mendekati kepergerakan butiran tanah tanpa dinding (disebabkan pengaruh dinding untuk menahan tanah tidak ada lagi).

3.5. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian : di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana.