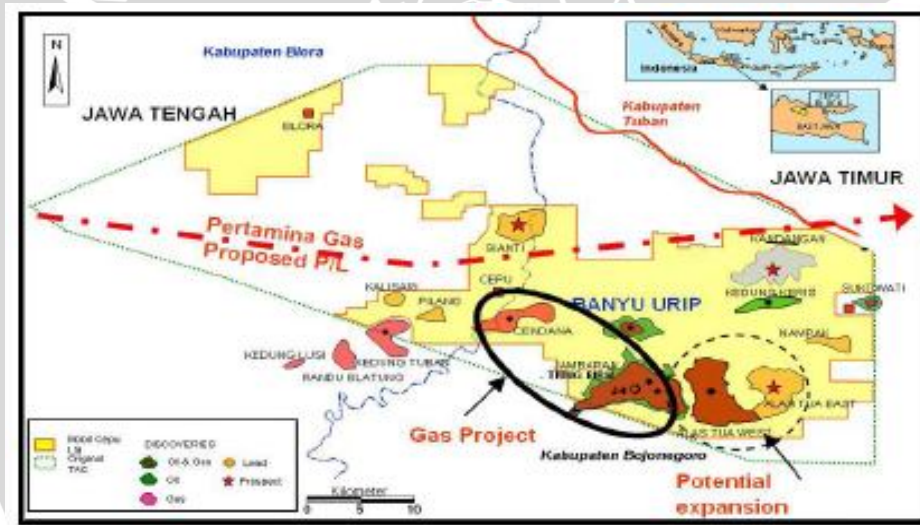


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Data Umum Proyek

Data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data hasil penelitian dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada proyek Pembangunan Gas Plan Pertamina, Ngasem-Bojonegoro. Data umum dari proyek tersebut adalah:

1. nama Proyek : Gas Plan Pertamina, Bojonegoro
2. lokasi Proyek : Kecamatan Ngasem, Bojonegoro
3. pemilik Proyek : PT. Pertamina
4. gambar lokasi proyek: Dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi proyek

### 3.2 Metode Penentuan Data

Pada tahap ini data-data yang sudah terkumpul digunakan untuk perhitungan dan perencanaan. Dalam pelaksanaannya dimungkinkan adanya perubahan yang terjadi diakibatkan revisi dari data yang sudah ada.

Untuk mencapai maksud dan tujuan studi ini, dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu dan secara garis besar diuraikan sebagai berikut :

1. Melakukan review dan studi kepustakaan terhadap text book dan jurnal-jurnal yang terkait dengan pondasi blok, permasalahan pada pondasi blok, desain dan pelaksanaan pondasi blok.
2. Meninjau langsung ke lokasi proyek dan menentukan lokasi pengambilan data yang dianggap perlu.
3. Pelaksanaan pengumpulan data – data yang telah ada.

Data yang diperoleh adalah :

1. Data hasil sondir pada beberapa titik yang ditinjau.
2. Data hasil SPT.
3. Data Laboratorium.
4. Data spesifikasi pompa.

Data-data tersebut dapat dilihat pada lampiran.

### 3.3 Menentukan Parameter mesin

Dalam penentuan parameter mesin ada beberapa parameter yang harus di cari yaitu:

1. Sumbu putaran mesin (  $X_m$ ,  $Y_m$ ,  $Z_m$ )
2. Massa mesin

$$m_{mesin} = \frac{W_{mesin}}{g}$$

3. Massa rotor

$$m_e = \frac{w_e}{g}$$

4. Frekuensi operasi

$$\omega = \frac{2\pi f}{60}$$

### 3.4 Coba Dimensi Pondasi

Dalam perencanaan pondasi agar mendapat hasil yang ekonomis dan aman maka diperlukan adanya coba-coba dimensi pondasi meliputi panjang, lebar dan tinggi. Cara ini dianggap lebih efisien dan mudah dalam pengerjaannya. Selain itu juga tidak diragukan lagi keakuratannya.

### 3.5 Parameter Tanah

- Kerapatan tanah

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

- N-SPT pada kedalaman  $2 \times B_p$  (lebar pondasi)  
Kedalaman  $2B$  diambil dengan asumsi bahwa efek getaran mesin hanya berpengaruh sampai kedalaman tersebut
- Gelombang geser  
 $V_s = 91N^{0.337}$
- Modulus geser  
 $G' = \rho V_s^2$
- Jenis tanah pada kedalaman  $2 \times B_p$  (lebar pondasi)
- Poisson rasio

### 3.6 Frekuensi dan Amplitudo Pondasi Dinamis

Dalam perencanaan pondasi perlu adanya kontrol terhadap frekuensi dan amplitudo masing-masing derajat kebebasan. Masing-masing derajat kebebasan harus memenuhi syarat keamanan pondasi dinamis tersebut. Langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :

- Persamaan gerak vertikal

$$m\ddot{z} + c_z\dot{z} + k_z z = F_0 \sin \omega t$$

Jari-jari efektif

$$r_0 = \sqrt{\frac{BL}{\pi}}$$

Rasio massa

$$B_z = \frac{1-\mu}{4} \frac{m}{\rho r_0^3}$$

Konstanta pegas

$$k_z = \frac{4Gr_0}{1-\mu}$$

Konstanta redaman

$$c_z = \frac{3.4r_0^2}{1-\mu} \sqrt{G\rho}$$

Rasio redaman

$$\xi_z = \frac{0.425}{\sqrt{B_z}}$$

Frekwensi alami

$$\omega_{nz} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_z}{m}}$$

- Persamaan gerak horisontal

$$m\ddot{z} + c_x\dot{z} + k_x z = F_0 \sin \omega t$$

Jari-jari efektif

$$r_0 = \sqrt{\frac{BL}{\pi}}$$

Rasio massa

$$B_x = \frac{7-8\mu}{32(1-\mu)} \frac{m}{\rho r_0^3}$$

Konstanta pegas

$$k_x = \frac{32(1-\mu)Gr_0}{7-8\mu}$$

Konstanta redaman

$$c_z = \frac{18.4(1-\mu)r_0^2 \sqrt{G\rho}}{7-8\mu}$$

Rasio redaman

$$\xi_z = \frac{0.288}{\sqrt{B_x}}$$

Frekwensi alami

$$\omega_{nx} = \sqrt{\frac{k_x}{m}}$$

- Persamaan Rocking adalah sebagai berikut:

$$m\ddot{\theta} + c_\theta \dot{\theta} + k_\theta \theta = F_0 \sin \omega t$$

Jari-jari efektif

$$r_0 = \sqrt[4]{\frac{BL^3}{3\pi}}$$

Rasio massa

$$B_\theta = \frac{3(1-\mu)}{8} \frac{I_\theta}{\rho r_0^5}$$

Konstanta pegas

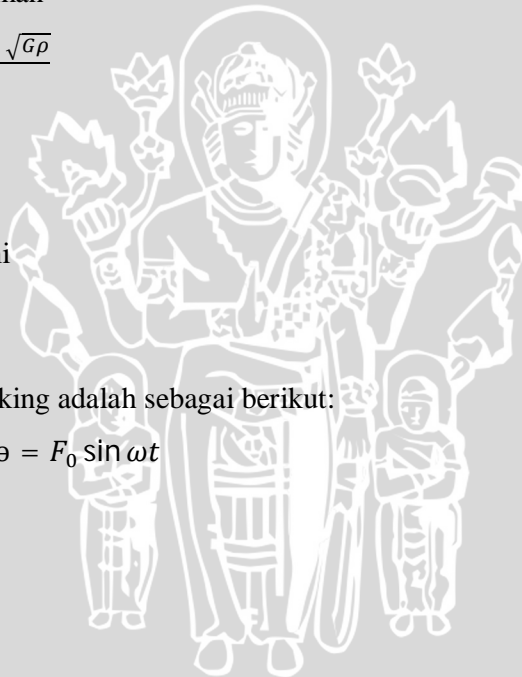
$$k_\theta = \frac{8Gr_0}{3(1-\mu)}$$

Konstanta redaman

$$c_\theta = \frac{0.8r_0^2 \sqrt{G\rho}}{(1-\mu)(1+B_\theta)}$$

Rasio redaman

$$\xi_\theta = \frac{0.15}{\sqrt{B_\theta(1+B_\theta)}}$$



Frekwensi alami

$$\omega_{n\theta} = \sqrt{\frac{k_{\theta}}{m}}$$

- Persamaan Torsi adalah sebagai berikut:

$$m\ddot{\Psi} + c_{\Psi}\dot{\Psi} + k_{\Psi}\Psi = F_0 \sin \omega t$$

Jari-jari efektif

$$r_0 = \sqrt[4]{\frac{BL(B^2 + L^2)}{6\pi}}$$

Rasio massa

$$B_{\Psi} = \frac{I_{\Psi}}{\rho r_0^5}$$

Konstanta pegas

$$k_{\Psi} = \frac{16Gr_0^3}{3}$$

Konstanta redaman

$$c_{\Psi} = \frac{4\sqrt{B_{\Psi}G\rho}}{(1+2B_{\Psi})}$$

Rasio redaman

$$\xi_{\Psi} = \frac{0.5}{(1+2B_{\Psi})}$$

Frekwensi alami

$$\omega_{n\Psi} = \sqrt{\frac{k_{\Psi}}{m}}$$

Amplitudo maksimum vibrasi

- Untuk constant force ( $Q_0 = \text{konstan}$ )

$$X_{\max} = \frac{Q_0}{k} \frac{1}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}}$$

- Untuk rotating mass ( $Q_0 = m_e \omega$ )

$$X_{\max} = \frac{m_e e}{m} \frac{1}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}}$$

Amplitudo pada frekuensi operasi mesin

$$\text{➤ } A_z = \frac{(m_1 e / m)(\omega_{op} / \omega_n)^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega_{op}^2}{\omega_n^2}\right)^2 + 4D_z^2 \left(\frac{\omega_{op}^2}{\omega_n^2}\right)}}$$

Frekuensi maksimum

- Untuk constant force ( $Q_0 = \text{konstan}$ )

$$f_m = f_n \sqrt{1 - 2\xi^2}$$

- Untuk rotating mass ( $Q_0 = m_e \omega$ )

$$f_m = f_n / \sqrt{1 - 2\xi^2}$$

### 3.7 Penurunan

#### 3.7.1 Penurunan Akibat Beban Statis

- Menentukan kedalaman tanah dari dasar pondasi
- Membagi tanah menjadi dua lapis
- Menentukan kedalaman dari dasar pondasi ke pertengahan lapisan
- Menghitung tegangan yang terjadi pada pondasi dengan persamaan

$$q = \frac{W_{\text{mesin}}}{A}$$

- Menghitung tegangan yang terjadi saat ini
- Menentukan faktor m dan n
- Menentukan nilai Ir dari grafik 2.12
- Menghitung perubahan tegangan dengan persamaan:
 
$$\Delta\sigma = 4 I_r q$$
- Menghitung penurunan yang terjadi
- Menghitung penurunan total

#### 3.7.2 Penurunan Akibat Beban Dinamis

- Membagi tanah menjadi tiga lapisan
- Menentukan Df tiap lapisan dengan tabel 2.6
- Menentukan amplitudo maksimum dalam *inch*. Amplitudo didapat dari hasil perhitungan amplitudo pada arah gerak translasi sumbu Z (vertikal) pada perhitungan sebelumnya karena penurunan yang terjadi dalam arah vertikal
- Menghitung frekuensi operasi mesin dalam rad/dtk
- Menghitung panjang dan lebar pondasi dalam *feet*. Kemudian menghitung jari-jari ekuivalen dalam *feet*:

$$R = \sqrt{\frac{LB}{\pi}}$$

- Menghitung percepatan getaran pondasi dalam g dengan persamaan:

$$a_o = \frac{\omega^2 A \max}{12 * 32.2}$$

- Menentukan berat isi tanah tiap lapisan dalam *lb/ft<sup>3</sup>*
- Menentukan kedalaman tanah tiap lapisan dalam *feet*

- i) Menentukan kedalaman dari dasar pondasi ke pertengahan lapisan (dm)
- j) Menghitung percepatan getaran pondasi dalam g pada pertengahan lapisan dengan persamaan:

$$dm > R ; a_j = a_o \left[ \frac{R}{dm} \right]^{1/3}$$

$$dm \leq R ; a_j = a_o$$

- k) Menentukan koefisien pemadatan  $\beta_v$  berdasarkan kadar air
- l) Menghitung percepatan kritis dalam g dengan persamaan:

$$a_{\text{kritis}} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{D_m}{100}\right)}{\beta_v}$$

- m) Menghitung kepadatan relatif akhir dengan persamaan:

$$a_j > a_{\text{kritis}} \quad D_{\text{rf}} = 100 \left( 1 - e^{-\beta_v (a_{\text{kritis}} + a)} \right)$$

$$a_j \leq a_{\text{kritis}} \quad D_{\text{rf}} = D_m$$

- n) Menghitung perubahan kepadatan dengan persamaan:

$$\Delta D_r = D_{\text{rf}} - D_m$$

- o) Menghitung penurunan yang terjadi dengan persamaan:

$$\rho_v = 0.0025 \frac{\Delta D_r}{100} \gamma_{\text{do}} H$$

- p) Menjumlahkan penurunan yang terjadi tiap lapisan sehingga didapat penurunan total.

### 3.8 Daya Dukung Tanah Lempung

- a) Menentukan faktor daya dukung tanah:  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $\frac{N_q}{N_c}$ ,  $\tan \phi$
- b) Menentukan faktor bentuk pondasi:

$$S_q = 1 + \tan \phi$$

$$S_c = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \left( \frac{N_q}{N_c} \right)$$

- c) Menentukan faktor kedalaman pondasi:

$$\text{Untuk } \frac{D_f}{B} \leq 1,$$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$$

$$\text{Untuk } \frac{D_f}{B} > 1,$$

$$dc = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{Df}{B}$$

$$dq = 1$$

d) Menentukan tekanan tanah

$$q = \gamma Df$$

e) Menentukan daya dukung tanah

$$qu = Cu Nc Sc dc + q Nq Sq dq$$

f) Menentukan daya dukung tanah ijin:

$$qa = \frac{q_{ult}}{SF}$$

g) Menghitung tegangan tanah yang terjadi akibat getaran:

$$\sigma = \frac{P_x}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y}$$

h) Menghitung tegangan tanah yang terjadi akibat berat mesin dan pondasi

$$\sigma = \frac{P_x}{A}$$

### 3.9 Penulangan

Pondasi blok yang bersifat masif tidak memiliki persyaratan sebagaimana balok atau kolom, meskipun demikian dibutuhkan penulangan minimum untuk menahan efek-efek suhu (panas hidrasi) dan susut. Berikut langkah-langkah penulangan pada pondasi dinamis.

Menentukan berat pondasi

$$W = B \times L \times T \times 2400$$

Beban terfaktor

$$W_u = 1,4 \times W$$

Gaya aksial total dan momen lapangan

$$W_{tot} = W_{mesin} + W_u$$

$$M_{ult} = \frac{1}{4} \times W_{tot} \times B$$

Mencari  $\rho_{min}$ ,  $\rho$ ,  $\rho_{max}$  yang merupakan rasio kebutuhan tulangan

$$\rho_{min} = 1,4/f_y$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \times f'_c/f_y \times 0.85 \times 600/(600 + f_y)$$

$$R_n = \frac{M_{ult}}{\Phi \times b \times d^2}$$



$$\omega = 0.85 \left( 1 - \sqrt{1 - 2.353 \frac{R_n}{f'_c}} \right)$$

$$\rho = \omega f'_c / f_y$$

Membandingkan nilai  $\rho$ ,  $\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\max}$  untuk digunakan dalam menentukan luas penampang tulangan ( $A_s$ ) sehingga didapatkan kebutuhan tulangan dan kebutuhan tulangan. Ketentuannya sebagai berikut :

jika  $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$  maka digunakan  $\rho_{\min}$

jika  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$  maka digunakan  $\rho$

Menentukan luas penampang tulangan minimum

$$A_s = \rho \times b \times d$$

Dari  $A_s$  tersebut dapat ditentukan diameter dan jarak tulangan baik tulangan atas maupun tulangan bawah, dengan membandingkan nilai  $A_s$  hasil perhitungan dengan  $A_s$  tulangan pada tabel tulangan yang terlampir.

### 3.10 Mengontrol Pondasi

Pondasi dinyatakan aman apabila nilai pembesaran dinamisnya kurang dari sama dengan satu (1). Nilai pembesaran dinamis merupakan fungsi dari rasio frekuensi dan rasio redaman. Selain itu rasio antara frekuensi mesin dan frekuensi pondasi tidak boleh sama dengan satu (1).

Sedangkan amplitudo yang terjadi dinyatakan aman apabila amplitudo tersebut kurang dari amplitudo yang diijinkan.

Apabila penurunan yang terjadi nilainya besar maka kepadatan tanah tersebut harus ditambah supaya penurunan yang terjadi kecil.

Tegangan tanah yang terjadi akibat beban dibandingkan dengan daya dukung ijin tanah. Daya dukung ijin harus lebih besar dari tegangan tanah yang terjadi agar pondasi yang direncanakan aman.

### 3.11 Variabel Analisis

Variabel analisis yang dipakai antara lain:

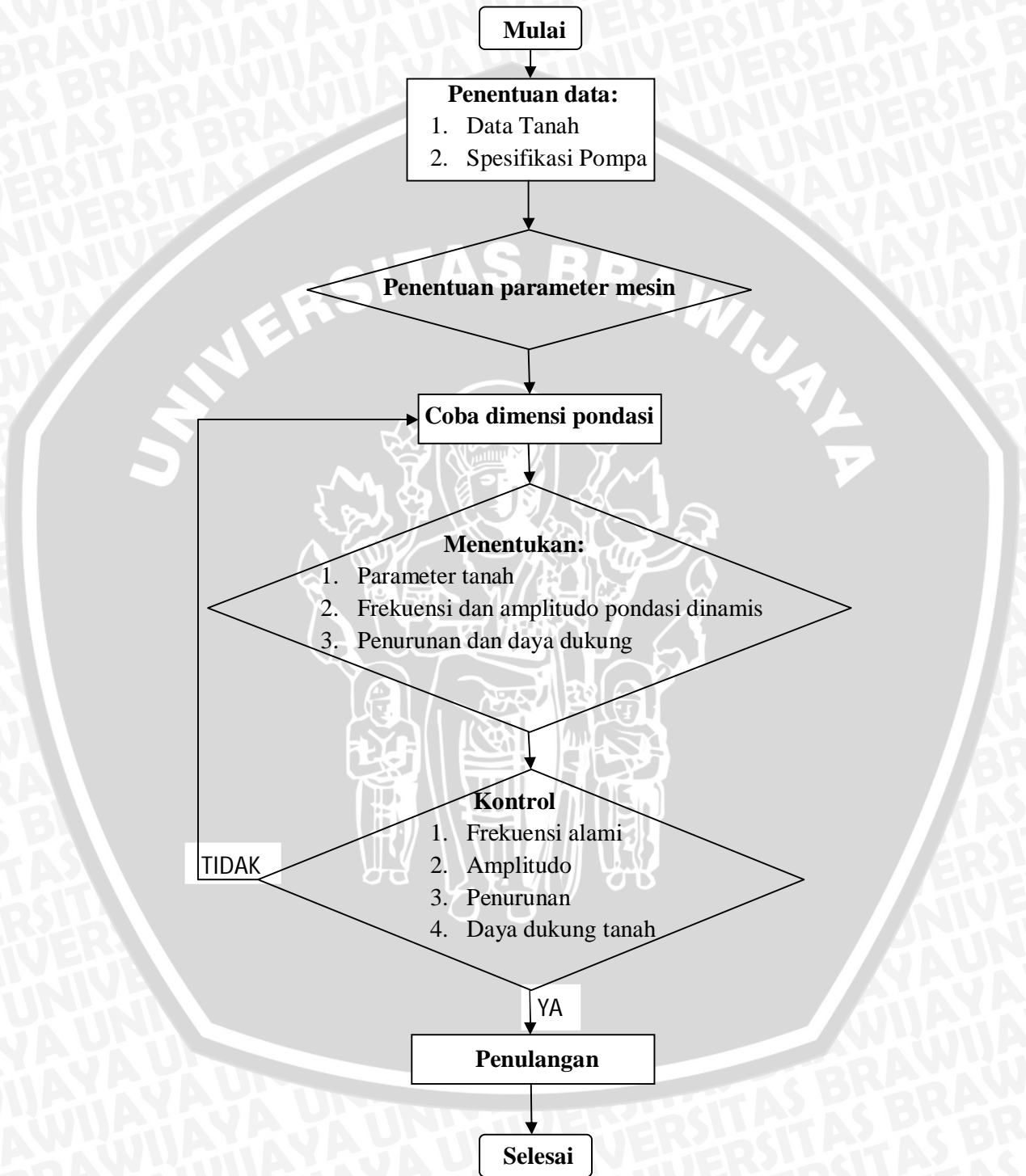
1. Variabel bebas, yaitu variabel yang perubahannya bebas ditentukan oleh penulis. Dalam skripsi ini yang merupakan variabel bebas adalah data tanah, data mesin.
2. Variabel terikat, yaitu variabel yang bergantung pada variabel bebas. Variabel terikat dalam analisis ini adalah ukuran pondasi, frekuensi, amplitudo, penurunan, dan daya dukung tanah.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



### 3.12 Diagram Alir Penelitian

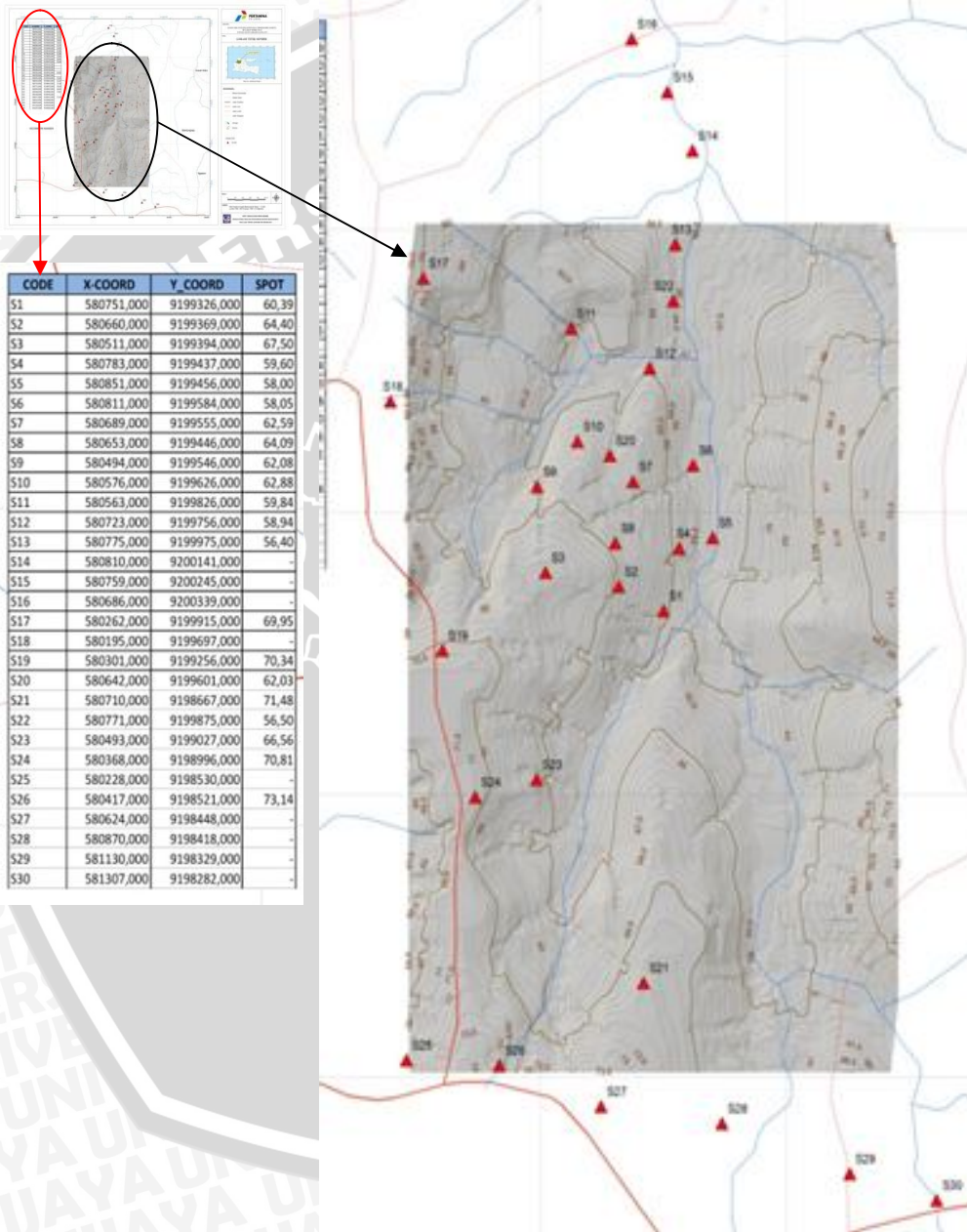
Diagram alir penelitian studi ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



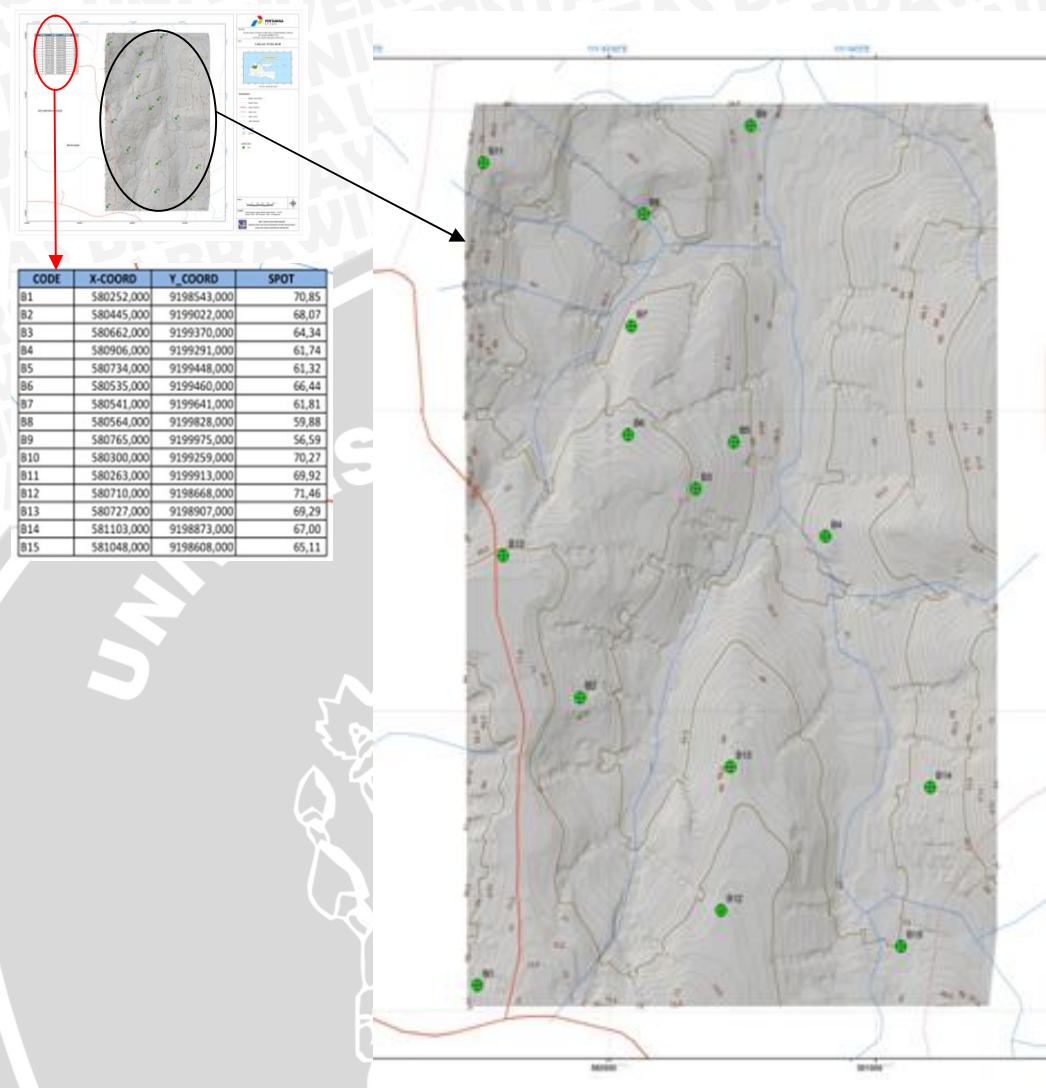
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

### 3.13 Lokasi Titik Sondir dan Bor

Untuk mengetahui keadaan lokasi tanah yang ada di data diperlukan peta untuk memperjelas titik pada data yang digunakan dalam perhitungan. Adapun petunjuk gambar lokasi titik sondir dan bor adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Letak titik sondering test



Gambar 3.4 Letak titik bor