

## PENGARUH MODULUS GESER TANAH TERHADAP KESTABILAN PONDASI MESIN JENIS BLOK STUDI KASUS: MESIN ID FAN PLTU 2 AMURANG SULUT

Almey Lolo

S.Balamba, A.N.Sarajar, A.T.Mandagi

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

email: [mey\\_lo@rocketmail.com](mailto:mey_lo@rocketmail.com)

### ABSTRAK

*Mesin ID Fan merupakan salah satu mesin penunjang untuk mesin penghasil listrik. Mesin ini menghasilkan beban statis berupa berat mesin itu sendiri dan beban dinamis berupa getaran ketika mesin tersebut beroperasi. Untuk itu, diperlukan analisis statis dan analisis dinamis sebagai indikator dalam menentukan kestabilan pondasi mesin dan mengaitkan pengaruh modulus geser tanah terhadap kestabilan pondasi mesin. Analisis statis yang memperhitungkan penurunan tanah dan daya dukung tanah dengan menggunakan Metode Terzaghi dan Metode Meyerhof, sedangkan untuk analisis dinamis memperhitungkan frekuensi, redaman, dan amplitudo getaran yang terjadi pada getaran vertikal, getaran horizontal, getaran rocking dan getaran torsi dengan menggunakan Metode Lumped Parameter.*

*Pada analisis statis, untuk Metode Terzaghi hasil yang diperoleh yaitu daya dukung tanah ultimate ( $q_u$ ) = 447,20 t/m<sup>2</sup> dan daya dukung izin ( $q_{all}$ ) = 149,07 t/m<sup>2</sup> sedangkan untuk Metode Meyerhof hasil yang diperoleh yaitu daya dukung tanah ultimate ( $q_u$ ) = 472,95 t/m<sup>2</sup> dan daya dukung izin ( $q_{all}$ ) = 157,65 t/m<sup>2</sup>. Nilai beban pondasi untuk pondasi blok massive ( $\sigma_{statis}$ ) = 6,24 t/m<sup>2</sup> dan pondasi blok rangka ( $\sigma_{statis}$ ) = 2,19 t/m<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa nilai beban dari pondasi lebih kecil dari daya dukung tanah yang diizinkan sehingga daya dukung tanah aman mendukung beban struktur. Sedangkan hasil yang diperoleh pada penurunan tanah untuk pondasi blok massive akibat beban statis 137,68 ton yaitu 0,0196 cm dan pondasi blok rangka akibat beban statis 48,38 ton yaitu 0,0069 cm.*

*Pada analisis dinamis, hasil yang diperoleh dari perhitungan menunjukkan bahwa pondasi blok massive dan pondasi blok rangka tetap stabil pada semua ragam getaran dengan nilai modulus geser tanah 528 t/m<sup>2</sup>. Selain itu, pondasi blok rangka juga tetap stabil pada getaran vertikal dan getaran horizontal dengan nilai modulus geser tanah 6274 t/m<sup>2</sup>. Sedangkan, untuk hasil variasi nilai modulus geser tanah pada masing-masing ragam getaran didapat bahwa penambahan nilai modulus geser tanah berbanding lurus dengan frekuensi sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya resonansi. Namun untuk redaman, nilai yang dihasilkan tetap konstan dan untuk amplitudo getaran, nilai yang dihasilkan cenderung meningkat sebelum terjadi resonansi tetapi akan cenderung berkurang setelah terjadi resonansi. Hal ini berlaku untuk pondasi blok massive dan pondasi blok rangka.*

*Kata kunci : beban dinamis, pondasi mesin, pondasi massive, pondasi rangka, modulus geser*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Salah satu mesin penunjang mesin penghasil listrik yaitu mesin ID Fan yang berfungsi mempertahankan tekanan dalam boiler dan menghisap gas dan abu sisa pembakaran pada boiler. Mesin ini menghasilkan beban statis yang berupa berat mesin itu sendiri dan beban dinamis berupa getaran ketika mesin tersebut beroperasi.

Salah satu jenis pondasi mesin yang sering digunakan yaitu pondasi mesin jenis blok yang digunakan apabila tanah dasar dibawah pondasi mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul beban yang ada. Selain itu, pondasi jenis ini juga digunakan apabila pondasi memikul beban dinamis karena beban dinamis yang berasal dari mesin terjadi berulang-ulang dan secara aktual hal ini mempengaruhi pondasi, sehingga pondasi juga ikut bergerak.

Oleh karena itu, untuk merespon aksi eksentrisitas dari massa yang berotasi akibat beban dinamis maka diperlukan suatu analisis statis dan analisis dinamis sebagai indikator dalam menentukan kestabilan pondasi mesin dan mengaitkan pengaruh variasi modulus geser tanah sebagai salah satu parameter tanah yang penting dalam mengetahui perilaku tanah terhadap beban statis dan beban dinamis yang ada. Data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan pondasi mesin antara lain data tanah, data pondasi, dan data mesin.

**Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan suatu analisis pengaruh modulus geser tanah terhadap kestabilan pondasi mesin jenis blok di PLTU 2 Amurang.

**Batasan Masalah**

Untuk penelitian ini dibatasi masalah sebagai berikut:

- Keadaan tanah diambil dari data sekunder
- Jenis tanah heterogen (berlapis)
- Jenis pondasi yaitu blok (tertanam).
- Pembebanan bersifat statis dan dinamis.
- Getaran yang diperhitungkan, yaitu :
  - Getaran vertikal
  - Getaran horizontal
  - Getaran rocking
  - Getaran torsi
- Menghitung resonansi
- Menghitung pengaruh modulus geser terhadap kestabilan pondasi

**Tujuan Penelitian**

- Tujuan dari penelitian ini, antara lain:
- a. Untuk menghitung daya dukung tanah dan penurunan tanah akibat beban statis.
  - b. Untuk menghitung frekuensi, redaman maupun amplitudo akibat beban dinamis berupa getaran yang dihasilkan oleh mesin ketika beroperasi sehingga tetap stabil.
  - c. Untuk mengetahui pengaruh modulus geser tanah terhadap kestabilan pondasi mesin.

**LANDASAN TEORI**

**Pengertian Pondasi**

Dalam teknik sipil, istilah pondasi didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan yang

berfungsi menopang serta menyalurkan beban bangunan di atasnya langsung ke lapisan tanah dibawahnya. Penelitian ini memfokuskan pembahasan terhadap pondasi dangkal yang memikul mesin yang memiliki beban dinamis (pondasi mesin).

**Pondasi Mesin**

**Definisi Pondasi Mesin**

Pondasi mesin merupakan pondasi yang digunakan untuk menopang beban dinamis berupa getaran yang dihasilkan oleh mesin yang berada diatas pondasi tersebut.

**Perencanaan Pondasi Mesin**

Dalam merencanakan pondasi mesin yang berkaitan dengan getaran periodik ada beberapa masalah yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

Penurunan

Getaran atau vibrasi cenderung memadatkan tanah yang non plastis sehingga terjadi penurunan.

Resonansi

Dalam desain pondasi, kriteria yang penting adalah menghindari resonansi ketika frekuensi natural sama dengan frekuensi operasi.

Transmisibilitas

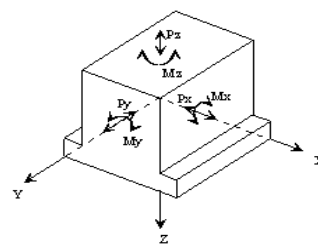
Transmisibilitas adalah rasio antara besarnya gaya dinamis dari mesin yang disalurkan ke bangunan disekitar pondasi.

**Derajat Kebebasan Pondasi Mesin**

Akibat gaya-gaya yang bekerja secara dinamis, maka pondasi mesin bergetar dalam enam ragam getaran yaitu :

1. Translasi (perpindahan), yang terdiri dari:
  - a. Perpindahan dalam arah sumbu X
  - b. Perpindahan dalam arah sumbu Y
  - c. Perpindahan dalam arah sumbu Z
2. Rotasi (perputaran), yang terdiri dari :
  - a. Perputaran terhadap sumbu X
  - b. Perputaran terhadap sumbu Y
  - c. Perputaran terhadap sumbu Z

Keenam ragam tersebut ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Ragam Getaran Pondasi Mesin (Sumber: Shamsher Prakash, 1981)

**Analisis Pondasi Mesin**

Pada pondasi mesin perhitungan yang dilakukan terbagi atas dua yaitu perhitungan analisis statis yang hanya memperhitungkan beban statis berupa berat sendiri dan perhitungan analisis dinamis yang memperhitungkan beban dinamis berupa getaran dari mesin.

**Analisis Statis**

Pada perhitungan analisis statis, pondasi mesin diidealisasikan sebagai pondasi dangkal.

Komposisi Tanah

Jenis tanah dapat diketahui dari data pengujian SPT (*Standard Penetration Test*).

Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity*)

Perhitungan daya dukung tanah menggunakan teori beberapa ahli (Bowles, 1991), diantaranya:

a. Metode Terzaghi

$$q_u = c N_c + q N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma \quad (1)$$

b. Metode Meyerhof

$$q_u = c N_c S_c d_c + q N_q S_q d_q + 0,5 B \gamma N_\gamma S_\gamma d_\gamma \quad (2)$$

Penurunan (*Settlement*)

Dengan gaya-gaya yang dihasilkan oleh mesin dan didukung konstruksi pondasi yang menahan gaya tersebut maka penurunan hanya terjadi akibat beban sendiri (berat mesin dan pondasi). Dalam memperkirakan penurunan konsolidasi dibawah pondasi digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_c = \frac{C_c H}{1+e_o} \log \frac{\sigma_o + \Delta\sigma}{\sigma_o} \quad (3)$$

Sedangkan untuk tanah yang tergolong pasir, penurunan segera juga harus diperhitungkan (Das, 2006), dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_i = \Delta\sigma \cdot B \cdot I_p \frac{1-\mu^2}{E} \quad (4)$$

**Analisis Dinamis**

Analisis dinamis pada pondasi mesin memperhitungkan beban dinamis yang berasal dari getaran mesin menggunakan metode *Lumped Parameter* yang mengasumsikan tanah elastis, homogen dan isotropis serta diidealisasikan sebagai sistem massa-pegas-redaman. Analisis dinamis terbagi atas beberapa bagian tergantung pada jenis getaran yang dianalisis.

Menentukan Parameter Tanah untuk Analisis Dinamis

Analisis dinamis menggunakan parameter-parameter tanah yang dirumuskan berikut:

Poisson ratio ( $\mu$ )  $\mu = \frac{(V_p^2 - 2V_s^2)}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (6)$

Shear Modulus (G)  $G = \rho V_s^2 \quad (7)$

$$= \frac{E}{2(1+\mu)} \quad (8)$$

Analisis Dinamis Getaran

Perhitungan analisis dinamis menggunakan metode yang dikembangkan untuk pondasi lingkaran dengan jari-jari ( $r_o$ ) yang tergantung pada jenis getaran (Das, 1993).

Untuk getaran vertikal dan horizontal

$$r_o = \sqrt{\frac{B L}{\pi}} \quad (9)$$

Untuk getaran rocking

$$r_o = \sqrt[4]{\frac{B L^3}{3 \pi}} \quad (10)$$

Untuk getaran torsi

$$r_o = \sqrt[4]{\frac{B L (B^2 + L^2)}{6 \pi}} \quad (11)$$

Selanjutnya, perhitungan dilanjutkan pada analisis pondasi mesin secara tertanam (*embedded foundations*).

Analisis Getaran Vertikal

Pada analisis getaran ini diberikan suatu persamaan antara hubungan konstanta pegas dan redaman (Das, 1993), yaitu sebagai berikut:

Konstanta pegas:

$$k_v = G r_o \left( C_1 + \frac{G_s}{G} \frac{D_f}{r_o} S_1 \right) \quad (12)$$

Redaman:

Koefisien redaman

$$C_v = r_o^2 \sqrt{\rho G} \left( C_2 + S_2 \frac{D_f}{r_o} \sqrt{\frac{G_s \rho s}{G \rho}} \right) \quad (13)$$

Analisis Getaran Horizontal

Pada analisis getaran ini diberikan suatu persamaan antara hubungan konstanta pegas dan redaman (Das, 1993), yaitu sebagai berikut:

Konstanta pegas:

$$k_h = G r_o \left( C_{x1} + \frac{G_s}{G} \frac{D_f}{r_o} S_{x1} \right) \quad (14)$$

Redaman:

Koefisien redaman

$$C_h = r_o^2 \sqrt{\rho G} \left( C_{x2} + S_{x2} \frac{D_f}{r_o} \sqrt{\frac{G_s \rho s}{G \rho}} \right) \quad (15)$$

Untuk rasio redaman pada getaran vertikal dan horizontal menggunakan persamaan berikut:

Rasio redaman

$$\xi = \left( \frac{C}{2 m \omega_n} \right) \quad (16)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (17)$$

**Analisis Getaran Rocking**

Pada analisis getaran ini diberikan suatu persamaan antara hubungan konstanta pegas dan redaman (Das, 1993), yaitu sebagai berikut:

Konstanta pegas :

$$k_\theta = G r_o^3 \left( C_{\theta 1} + \frac{G_s}{G} \frac{Df}{r_o} \left( S_{\theta 1} + \frac{Df^2}{3r_o^2} S_{x1} \right) \right) \quad (18)$$

Redaman :

Koefisien redaman

$$C_{\theta} = r_o^4 \sqrt{\rho G} \left( C_{\theta 2} + \frac{G_s}{G} \frac{Df}{r_o} \left( S_{\theta 2} + \frac{Df^2}{3r_o^2} S_{x2} \right) \right) \quad (19)$$

**Analisis Getaran Torsi**

Pada analisis getaran ini diberikan suatu persamaan antara hubungan konstanta pegas dan redaman (Das, 1993), yaitu sebagai berikut:

Konstanta pegas :

$$k_\alpha = G r_o^3 \left( C_{\alpha 1} + \frac{G_s}{G} \frac{Df}{r_o} S_{\alpha 1} \right) \quad (20)$$

Redaman :

Koefisien redaman

$$C_\alpha = r_o^4 \sqrt{\rho G} \left( C_{\alpha 2} + S_{\alpha 2} \frac{Df}{r_o} \sqrt{\frac{G_s \rho s}{G \rho}} \right) \quad (21)$$

Untuk rasio redaman pada getaran rocking dan torsi menggunakan persamaan berikut:

Rasio redaman

$$\xi = \left( \frac{C}{2 m \omega_n} \right) \quad (22)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{I_{cg}}} \quad (23)$$

Sedangkan frekuensi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

a. Frekuensi Natural

Untuk getaran vertikal dan horizontal

$$F_n = \left( \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \right) \quad (24)$$

Untuk getaran rocking dan torsi

$$F_n = \left( \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{I_{cg}}} \right) \quad (25)$$

b. Frekuensi Resonansi

$$F_r = \left( F_n \sqrt{1 - 2\xi^2} \right) \quad (26)$$

Untuk menghitung amplitudo getaran, menggunakan rumus dibawah ini:

Untuk getaran vertikal dan horizontal

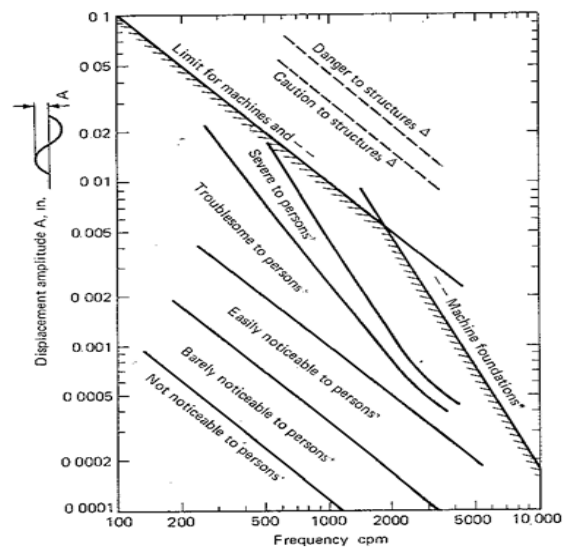
$$A = \frac{Q_o}{k \sqrt{\left( 1 - \left( \frac{w}{\omega_n} \right)^2 \right)^2 + \left( 2 \xi_v \frac{w}{\omega_n} \right)^2}} \quad (27)$$

Untuk getaran rocking dan torsi

$$A_\theta = \frac{M_o}{k\theta \sqrt{\left( 1 - \left( \frac{w}{\omega_n} \right)^2 \right)^2 + \left( 2 \xi_\theta \frac{w}{\omega_n} \right)^2}} \quad (28)$$

**Amplitudo yang diizinkan**

Amplitudo izin dari pondasi mesin ditentukan berdasarkan kecepatan mesin yang beroperasi dan dibagi atas lima daerah yang menunjukkan respon kepekaan yang berbeda oleh manusia terhadap getaran yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Batas Izin Amplitudo Getaran (Sumber: Shamsheer Prakash, 1981)

Batasan nilai amplitudo getaran maksimal untuk masing-masing ragam getaran yaitu dalam daerah ‘*Troublesome to Persons*’ (menggangu manusia)

**Syarat-Syarat Pondasi Mesin**

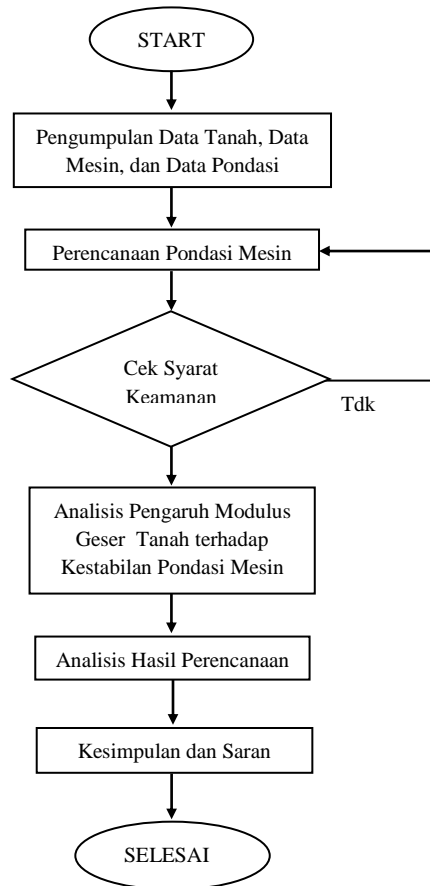
Berdasarkan tinjauan perencanaan secara umum ada beberapa syarat pada perencanaan pondasi mesin, yaitu:

- a. Beban statis. Pondasi harus mampu memikul beban luar yang dilimpahkan tanpa menyebabkan keruntuhan.
- b. Beban dinamis. Tidak boleh terjadi resonansi yaitu frekuensi natural tidak boleh sama dengan frekuensi operasi mesin dan amplitudo dari frekuensi operasi tidak boleh melebihi amplitudo yang diizinkan.
- c. Getaran yang terjadi tidak boleh mengganggu orang-orang yang bekerja atau merusak mesin-mesin lainnya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Metodologi Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Bagan Alir Metode Penelitian

### Pengumpulan Data

#### Data Mesin

Mesin yang digunakan yaitu mesin ID-Fan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Dimensi = 5,8 x 3,2 x 3,8

Berat mesin = 5200 kg

Kecepatan operasi mesin = 985 rpm

#### Data Tanah

Data tanah diperoleh melalui penyelidikan tanah dengan *Standard Penetration Test* (SPT).

#### Data Pondasi

Jenis pondasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pondasi mesin jenis blok tertanam dengan panjang  $L=6,9$  m, lebar  $B=3,2$  m, dan tinggi  $H=2,5$  m (tertanam 1,3 m).

### Perencanaan Pondasi Mesin

Perencanaan pondasi mesin berhubungan dengan penentuan dimensi dari pondasi, setelah itu dilakukan analisis yaitu analisis statis dan analisis dinamis. Selanjutnya yaitu cek syarat keamanan dari pondasi mesin dan selanjutnya menganalisis pengaruh modulus geser tanah terhadap kestabilan pondasi mesin dengan variasi nilai modulus geser tanah yang ada pada masing-masing kedalaman.

## ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Statis

#### Daya Dukung Tanah

Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tanah Berlapis:

a. Metode Terzaghi

$\Phi = 29,45^\circ$ , maka harga  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  adalah :

$$N_c = 35,554$$

$$N_q = 21,096$$

$$N_\gamma = 17,508$$

$$q_{ult} = c' N_c + q N_q + 0,5 \gamma' B N_\gamma = 447,20 \text{ t/m}^2$$

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{SF} = 149,07 \text{ t/m}^2$$

Pondasi blok massive

$$\sigma_{statis} = 6,24 \text{ t/m}^2 < q_{all} = 149,07 \text{ t/m}^2$$

Pondasi blok rangka

$$\sigma_{statis} = 2,19 \text{ t/m}^2 < q_{all} = 149,07 \text{ t/m}^2$$

b. Metode Meyerhof

$\Phi = 29,45^\circ$ , maka harga  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  adalah :

$$N_c = 28,886$$

$$N_q = 17,322$$

$$N_\gamma = 14,334$$

Faktor bentuk pondasi

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right) = 2,93$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0,1 K_p \frac{B}{L} = 1,14$$

$$S_c = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} \frac{B}{L} = 1,16$$

Faktor kedalaman pondasi

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B} = 1,13$$

$$d_c = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B} = 1,13$$

$$q_{ult} = c N_c S_c d_c + q N_q S_q d_q + 0,5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma d_\gamma c' N_c = 472,95 \text{ t/m}^2$$

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{SF} = 157,65 \text{ t/m}^2$$

Pondasi blok massive

$$\sigma_{statis} = 6,24 \text{ t/m}^2 < q_{all} = 157,65 \text{ t/m}^2$$

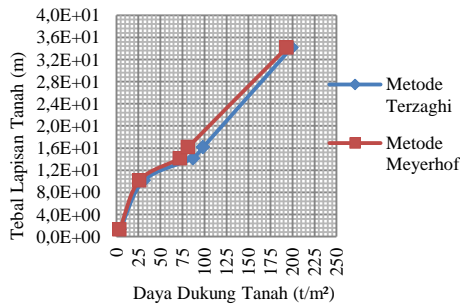
Pondasi blok rangka

$$\sigma_{statis} = 2,19 \text{ t/m}^2 < q_{all} = 157,65 \text{ t/m}^2$$

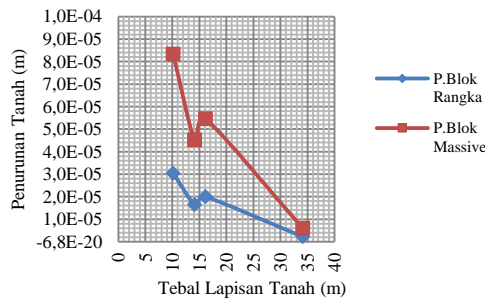
Hasil perhitungan daya dukung tanah untuk tanah berlapis menunjukkan bahwa beban yang diterima oleh tanah lebih kecil dari daya dukung tanah yang diizinkan. Hal ini berarti bahwa tanah mampu memikul beban statis yang ada.

Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiap Lapisan Tanah

Untuk perhitungan daya dukung tanah pada tiap lapisan tanah disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Daya Dukung Tanah dan Tebal Lapisan Tanah



Gambar 5. Grafik Hubungan Tebal Lapisan Tanah dan Penurunan Tanah

Hasil perhitungan daya dukung tanah untuk tiap lapisan tanah dengan menggunakan kedua metode tersebut menunjukkan bahwa semakin tebal lapisan tanah maka semakin besar nilai daya dukung tanah sehingga tanah semakin kuat dalam memikul beban yang berasal dari pondasi.

**Penurunan Tanah (Settlement)**

Dengan menggunakan persamaan untuk menghitung penurunan tanah maka diperoleh penurunan tanah 0,0196 cm untuk beban

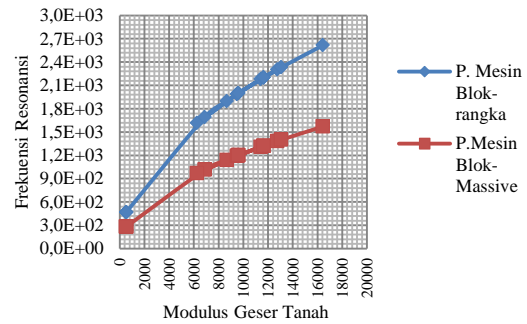
statis yang bekerja yaitu 137,68 ton pada pondasi blok massive, sedangkan untuk pondasi blok rangka total penurunan tanah yaitu 0,0069 cm untuk beban statis 48,38 ton. Hal ini menunjukkan pondasi mesin blok rangka lebih stabil dibandingkan dengan pondasi blok massive.

Penurunan tanah untuk kedua jenis pondasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.

**Analisis Dinamis**

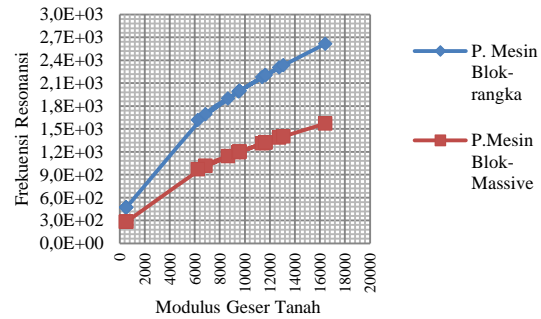
**Getaran Vertikal**

a. Frekuensi Natural



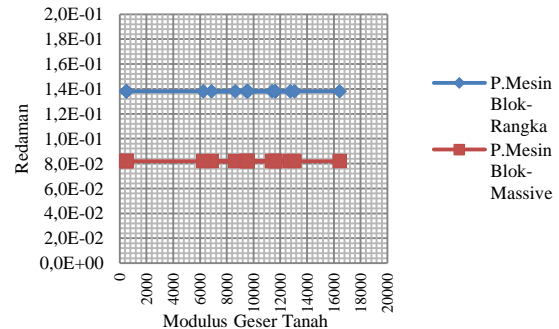
Gambar 6. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Natural

b. Frekuensi Resonansi



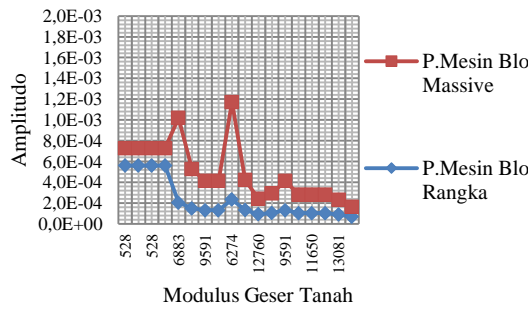
Gambar 7. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Resonansi

c. Redaman



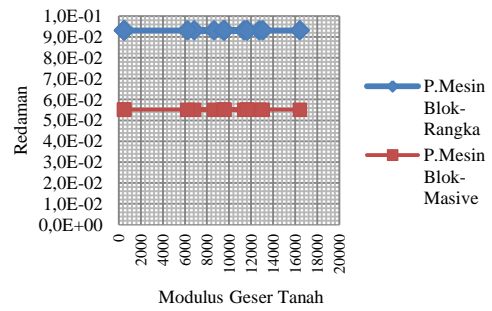
Gambar 8. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Redaman

d. Amplitudo



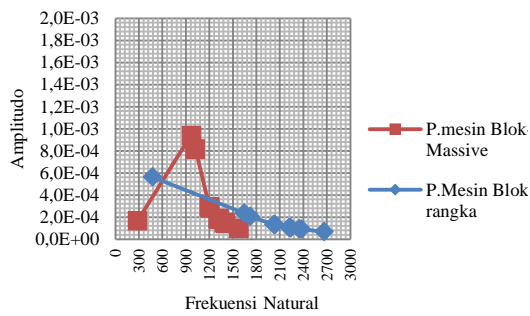
Gambar 9. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Amplitudo

c. Redaman



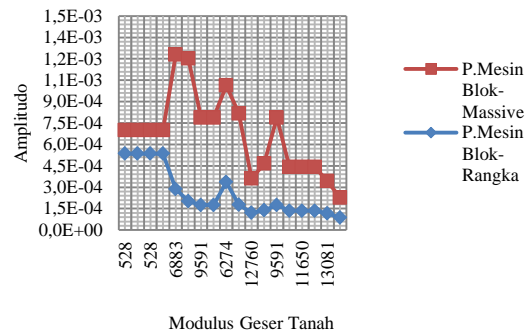
Gambar 13 Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Redaman

e. Frekuensi Natural dan Amplitudo



Gambar 10. Grafik Hubungan Frekuensi Natural dan Amplitudo

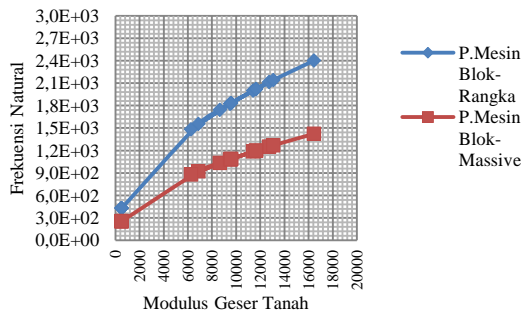
d. Amplitudo



Gambar 14. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Amplitudo

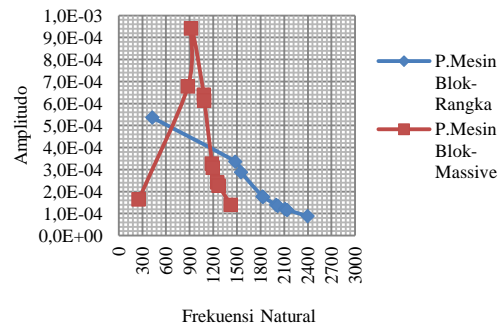
**Getaran Horizontal**

a. Frekuensi Natural



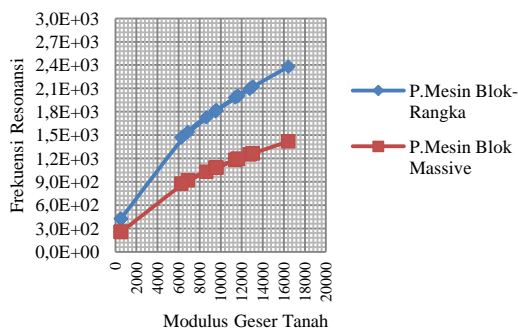
Gambar 11. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Natural

e. Frekuensi Natural dan Amplitudo



Gambar 15. Grafik Hubungan Frekuensi Natural dan Amplitudo

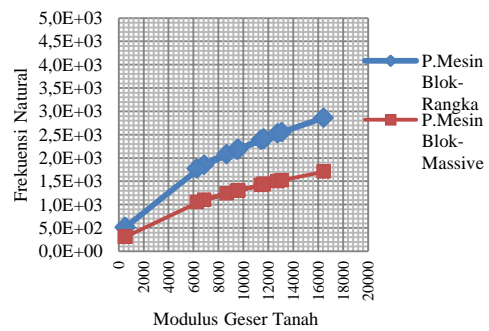
b. Frekuensi Resonansi



Gambar 12. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Resonansi

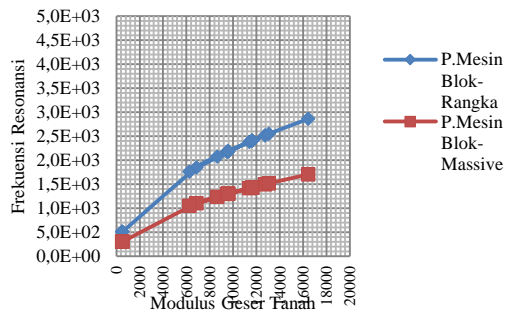
**Getaran Rocking**

a. Frekuensi Natural



Gambar 16. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Natural

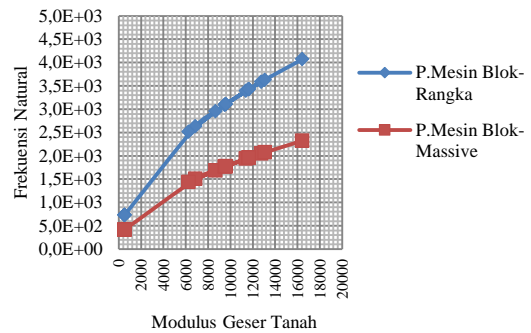
b. Frekuensi Resonansi



Gambar 17 Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Resonansi

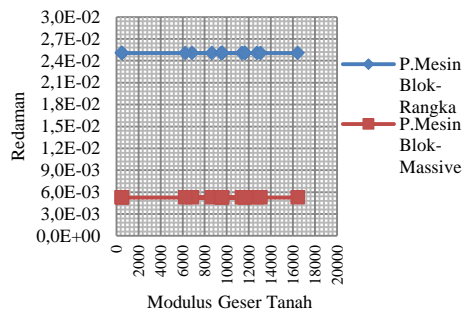
*Getaran Torsi*

a. Frekuensi Natural



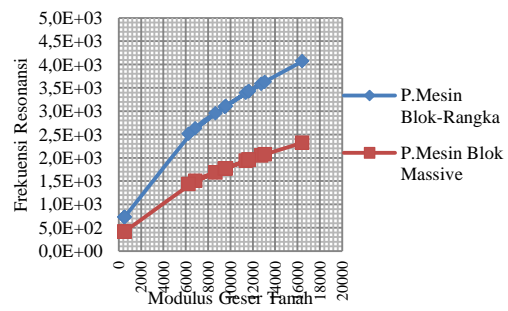
Gambar 21. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Natural

c. Redaman



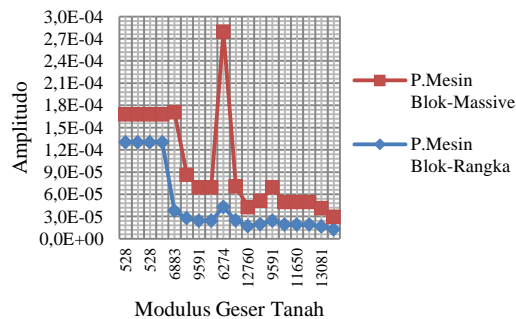
Gambar 18 Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Redaman

b. Frekuensi Resonansi



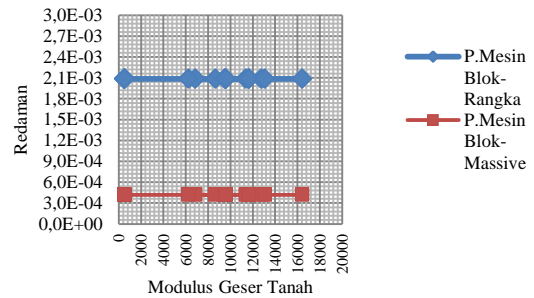
Gambar 22. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Frekuensi Resonansi

d. Amplitudo



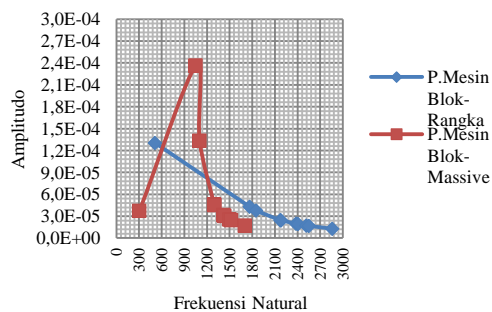
Gambar 19. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Amplitudo

c. Redaman



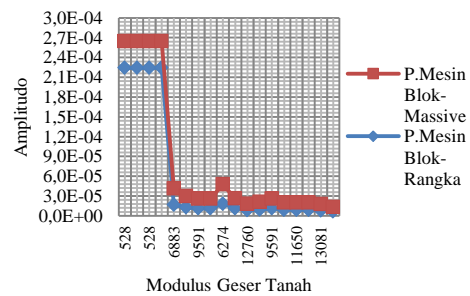
Gambar 23. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Redaman

e. Frekuensi Natural dan Amplitudo



Gambar 20. Grafik Hubungan Frekuensi Natural dan Amplitudo

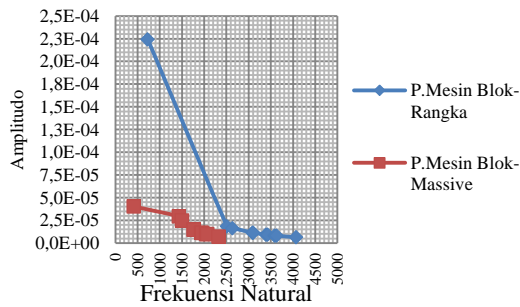
d. Amplitudo



Gambar 24. Grafik Hubungan Modulus Geser Tanah dan Amplitudo



e. Frekuensi Natural dan Amplitudo



Gambar 25. Grafik Hubungan Frekuensi Natural dan Amplitudo

Masing-masing ragam getaran menunjukkan adanya hubungan antara penambahan nilai modulus geser tanah dan kestabilan pondasi. Dari gambar-gambar tersebut dapat dilihat penambahan nilai modulus geser tanah berbanding lurus terhadap frekuensi natural dan resonansi pada masing-masing ragam sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya resonansi.

Nilai frekuensi resonansi lebih kecil dari nilai frekuensi natural karena adanya pengaruh faktor redaman. Sedangkan untuk redaman, tidak ada pengaruh dari penambahan nilai modulus geser tanah.

Sedangkan dengan penambahan modulus geser tanah nilai dari amplitudo getaran cenderung meningkat sebelum terjadi resonansi dan nilai dari amplitudo getaran ini akan cenderung berkurang setelah terjadi resonansi.

Untuk hubungan antara frekuensi natural dan amplitudo getaran dapat diketahui bahwa sebelum terjadi resonansi, amplitudo getaran akan cenderung bertambah, namun setelah terjadi resonansi nilai amplitudo getaran tersebut akan cenderung berkurang.

Dari gambar-gambar tersebut juga diketahui bahwa dengan mengurangi massa pada pondasi blok (rangka) menyebabkan meningkatnya nilai redaman, frekuensi sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya resonansi. Namun lain halnya dengan untuk nilai amplitudo getaran yang cenderung berkurang.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

1. Analisis Statis

- a. Daya Dukung Tanah  
Dengan metode Terzaghi dan metode Meyerhof menunjukkan bahwa daya dukung tanah aman mendukung beban struktur.
- b. Penurunan Tanah  
Penurunan tanah pada pondasi blok (massive) yaitu 0,0196 cm, sedangkan pondasi mesin blok (rangka) yaitu 0,0069 cm.

2. Analisis Dinamis

- a. Analisis dinamis pondasi mesin blok menunjukkan bahwa pondasi mesin tetap stabil untuk nilai modulus geser tanah 528 t/m<sup>2</sup> karena nilai frekuensi natural yang lebih kecil dari frekuensi operasi (985 rpm).
- b. Penambahan nilai modulus geser tanah berpengaruh terhadap kestabilan pondasi mesin jenis blok karena penambahan nilai modulus geser tanah berbanding lurus dengan frekuensi.
- c. Penambahan nilai modulus geser tanah tidak mempengaruhi redaman pada masing-masing ragam getaran.
- d. Amplitudo getaran cenderung meningkat sebelum terjadi resonansi, setelah terjadi resonansi nilai tersebut akan cenderung berkurang.
- e. Pengurangan massa pada pondasi mesin blok (rangka) memperbesar nilai dari redaman dan frekuensi sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya resonansi dibanding dengan pondasi mesin jenis blok (massive) tetapi untuk amplitudo getaran, nilai yang dihasilkan cenderung lebih kecil.

**Saran**

Untuk penelitian selanjutnya perlu analisis pengaruh gaya gempa terhadap kestabilan pondasi mesin dan analisis pengaruh mesin lain yang berada di sekitar mesin yang ditinjau.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bowles, E. Josep, 1991. *Analisis dan Desain Pondasi*, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 2006. *Principles of Geotechnical Engineering*, Fifth Edition, Nelson A Division of Thomson Canada Limited, Canada
- Das, Braja M., 1993. *Principles of Soil Dynamics*, PWS-KENT Publishing Company, Canada.
- Prakash, Shamsheer, 1981. *Soil Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, USA.