

## ANALISIS FONDASI AKIBAT BEBAN DINAMIK MESIN GENSET DI JAKARTA TIMUR DAN TANGERANG

Theodore Seamditia<sup>1</sup>, Hedy Wijaya<sup>2</sup>, Amelia Yuwono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
*theodore.325180063@stu.untar.ac.id*

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
*hendyw@ft.untar.ac.id*

<sup>3</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
*ameliayuwono@yahoo.com*

Masuk: 06-01-2022, revisi: 12-02-2022, diterima untuk diterbitkan: 22-02-2022

### ABSTRACT

*The foundation structure is one of the most important structures in a building construction work which is underground. The foundation structure must be able to support the loads above it. Not only static loads but also dynamic loads. In this journal, analysis is carried out due to the dynamic load of the generator engine on the group pile foundation structure which is united with the pile cap. The dynamic load analysis is calculated using the Lumped Parameter System method then processed using a geotechnical-based program so that it can be obtained how the effects caused by the dynamic load of the generator engine on the pile foundation structure.*

*Keywords: group pile foundation, dynamic load, geotechnical-based program.*

### ABSTRAK

Struktur fondasi adalah salah satu struktur yang sangat penting dalam sebuah pekerjaan konstruksi bangunan yang berada di bawah permukaan tanah. Struktur fondasi harus kuat dalam menopang beban yang berada di atasnya. Tak hanya beban statik namun juga beban dinamik. Pada jurnal ini dilakukan analisis akibat beban dinamik mesin genset pada struktur fondasi tiang pancang kelompok yang disatukan dengan *pile cap*. Analisis beban dinamik dihitung menggunakan metode *Lumped Parameter System* yang kemudian diolah menggunakan program berbasis geoteknik sehingga bisa diperoleh bagaimana pengaruh yang ditimbulkan akibat beban dinamik mesin genset pada struktur fondasi tiang pancang

Kata kunci: fondasi tiang pancang kelompok, beban dinamik, program berbasis geoteknik.

### 1. PENDAHULUAN

Salah satu bagian terpenting dalam sebuah pekerjaan konstruksi adalah struktur fondasi. Beban dari struktur yang berada di atas struktur fondasi serta seluruh beban luar yang bekerja harus dapat ditopang dan disalurkan oleh fondasi ke lapisan dan kedalaman tanah tertentu tanpa menimbulkan adanya penurunan tanah yang berlebihan ataupun keruntuhan geser pada tanah.

Berdasarkan arahnya, beban-beban yang harus ditopang dan disalurkan oleh fondasi dibagi menjadi dua bagian yakni beban aksial dan lateral. Beban aksial merupakan beban vertikal atau dapat diartikan sebagai beban yang bekerja searah dengan fondasi. Sedangkan beban lateral adalah beban horizontal atau beban yang bekerja tegak lurus dengan fondasi.

Kemudian terdapat pula pengelompokan beban berdasarkan sifat atau cara beban tersebut bekerja terhadap struktur yakni beban statis dan beban dinamis. Menurut pengertiannya beban statis adalah beban yang tetap baik besarnya (intensitasnya) maupun titik bekerja dan arah garis kerjanya pun tetap. Lalu untuk beban dinamis adalah beban yang besarnya (intensitasnya) berubah-ubah menurut waktu serta arahnya pun dapat berubah-ubah secara cepat. (Lumantarna, 2000)

Beban dinamik juga dapat diartikan sebagai beban yang bekerja secara tiba-tiba terhadap struktur. Pada umumnya beban dinamik bersifat tidak tetap (*unsteady-state*) namun jika beban dinamik tidak diperhitungkan dengan baik dapat

menimbulkan kerusakan pada struktur fondasi sehingga sangat penting untuk dilakukannya analisis mengenai pengaruh beban dinamik pada fondasi yang direncanakan.

Menurut (Gazetas, Analysis of Machine Foundation Vibrations: State of The Art, 1983), fondasi yang didesain untuk menahan beban dinamik akibat mesin dapat disebut sebagai fondasi mesin. Tujuan utama dari fondasi mesin adalah untuk membatasi pergerakan pada daerah sekitar mesin yang dapat membahayakan orang yang bekerja di sekitarnya. Respon harmonik dari sebuah fondasi tiang kelompok sesungguhnya dipengaruhi oleh respon dinamik yang dihasilkan oleh setiap individu tiang. (Gazetas & Makris, Dynamic Pile-Soil-Pile Interaction. Part I: Analysis of Axial Vibration, 1992)

Dalam meningkatkan kekakuan dinamik dari fondasi tiang kelompok tidak hanya dengan menambahkan kekakuan setiap tiang saja, melainkan harus diperhatikan juga pengaruh serta defleksi yang ditimbulkan antar tiang. (Markis & Gazetas, 1991). Agar dapat menganalisa terjadinya beban dinamik pada fondasi, maka dapat digunakan program berbasis geoteknik. Hasil dari program ini adalah reaksi yang diberikan oleh struktur fondasi yang direncanakan saat beban dinamik tersebut bekerja sehingga dapat terlihat apa saja yang terjadi pada struktur fondasi jika terdapat beban dinamik yang bekerja.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh beban dinamik mesin genset terhadap *displacement*, *axial beam force* dan *bending moment* yang terjadi pada tiang dan daerah sekitar tiang. Kemudian dapat diketahui bagaimana kinerja struktur fondasi terhadap beban dinamik serta mengetahui bagaimana pemodelan program berbasis geoteknik untuk tanah serta interaksi struktur dan tanah.

### Metode Lumped Parameter System

- Dalam program berbasis geoteknik yang digunakan perlu dihitung beban dinamik yang bekerja pada sistem fondasi. Dengan metode ini nilai dari beban dinamik yang bekerja dapat diperoleh sehingga pembebanan pada program dapat dilakukan.
- Metode yang paling mudah diikuti dalam menganalisa beban dinamis adalah dengan menggunakan *Lumped Parameter System*. Metode ini menganalisa beban dinamis menggunakan massa, pegas dan peredam seperti pada teori getaran, dimana pada metode ini redaman tidak diabaikan. (Irsyam, 2018)
- Tahapan awal dalam metode ini adalah mencari koefisien pegas dengan menggunakan rumus seperti pada tabel 1.

Tabel 1. *Equivalent Spring Constants for Rectangular Footings*

<i>Mode of Vibration</i>	<i>Rectangular Footings</i>
<i>Vertical</i>	$K_z = \frac{G}{1 - \nu} \cdot \beta_z \cdot \sqrt{B \cdot L} \cdot \eta_z$
<i>Horizontal</i>	$K_x = 2(1 + \nu) \cdot G \cdot \beta_x \cdot \sqrt{B \cdot L} \cdot \eta_x$
<i>Rocking</i>	$K_\phi = \frac{G}{1 - \nu} \beta_\phi B L^2 \eta_\phi$
<i>Torsional</i>	Tidak ada penyelesaian

(Sumber : Arya dkk, 1979)

Nilai koefisien yang terdapat pada rumus di table 1 adalah nilai dari data tanah yang mengacu pada uji lab. Dengan  $k_z$  = koefisien pegas akibat gaya arah vertikal,  $k_h$  = koefisien pegas akibat gaya arah horizontal,  $k_\phi$  = koefisien pegas akibat momen,  $G$  = modulus geser, dan  $\nu$  = *poisson ratio*.

- Selanjutnya dicari nilai modulus geser berdasarkan data tanah yang digunakan. Untuk memperoleh nilai modulus geser, digunakan rumus:

$$G = 1230 \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} (OCR)^k (\sqrt{\sigma_o}) \quad (1)$$

dengan  $G$  = modulus geser,  $OCR$  = *Over Consolidated Ratio*,  $e$  = *void ratio*,  $k$  = koefisien yang nilainya bergantung dari nilai indeks plastisitas,  $\sigma_o$  = tegangan efektif. (Bowles, 1991)

- Untuk menentukan besarnya nilai tegangan efektif, maka digunakan rumus seperti berikut:

$$\sigma_o = 0.333(\sigma_v + 2\sigma_h) \quad (2)$$

degan  $\sigma_v$  = tegangan efektif arah vertikal,, dan  $\sigma_h$  = tegangan efektif pada kedalaman yang ditinjau.

- Setelah didapatkan nilai modulus geser, kemudian dicari nilai frekuensi natural yang dapat diperoleh dari rumus seperti berikut

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

dengan  $k$  = koefisien k pada tabel 1, dan  $m$  = massa.

- Dari nilai frekuensi natural yang didapat, dihitung besarnya nilai frekuensi resonansi yang terjadi menggunakan rumus seperti berikut:

$$f_{res} = f_n \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot D^2} \quad (4)$$

dengan  $D$  = rasio redaman pada arah gaya yang bekerja.

- Dalam menghitung besarnya nilai frekuensi resonansi, besaran koefisien redaman diperoleh menggunakan rumus seperti berikut:

$$D = \frac{c}{2\sqrt{km}} \quad (5)$$

dengan  $c$  = konstanta redaman pada arah gaya yang bekerja.

- Kemudian dicari nilai amplitudo yang berfungsi untuk mengontrol hasil dengan rumus seperti berikut:

$$A = M \frac{Q_o}{k} \quad (6)$$

dengan  $Q_o$  = gaya luar yang berasal dari mesin (ton).

- Sedangkan nilai  $M$  pada persamaan 6 diperoleh dengan menggunakan rumus:

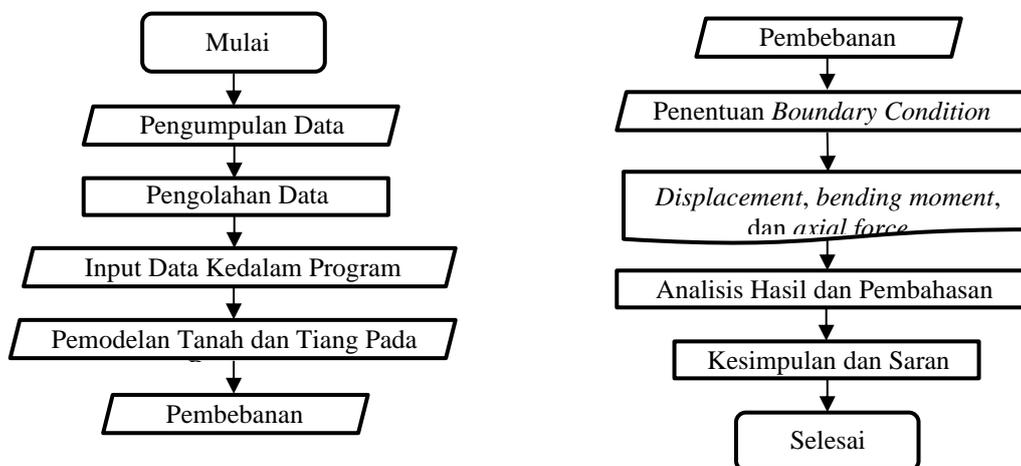
$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2 \cdot D \cdot r)^2}} \quad (7)$$

dengan  $r$  = perbandingan frekuensi mesin dengan frekuensi natural.

- Beban dinamik yang diinput kedalam program berupa grafik sinusoidal yang diperoleh menggunakan program lain dengan cara menginput nilai frekuensi yang telah didapat berdasarkan rumus diatas. Untuk beban arah vertikal, horizontal dan akibat *rocking* diinput secara terpisah..

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data, setelah data-data yang dibutuhkan diperoleh maka dilanjutkan dengan pengolahan data sehingga dapat dimasukkan ke dalam program berbasis geoteknik. Setelah data selesai di olah, dilakukan pemodelan pada program lalu program di jalankan sehingga diperoleh nilai-nilai yang dibutuhkan untuk analisis. Setelah data didapatkan, dilakukan analisis kemudian dapat ditarik kesimpulan berdasarkan hasil analisa.



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada awal penelitian dilakukan penurunan parameter tanah sehingga didapat *summary* data tanah pada kedua data seperti tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2, *Summary* Data Tanah Jakarta Timur

Elevasi (m)	Type of Soil	Consistency	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$e_o$	$\phi$ (°)	Su (KPa)	OCR	E (KPa)	Poisson Ratio	Plasticiy Index (%)
0-6	Silt	Hard	21	0,4	0	170	24	52000	0,2	54,6
6-12	Silty Gravel	Medium Dense	19	0,62	41	0	0	28000	0,25	37,28
12-18	Silt	Stiff	20	0,48	0	90	4	36000	0,2	39,71
18-24	Coarse Sand	Very Dense	21	0,4	44	0	0	54000	0,25	39,71
24-30	Cemented Silt	Hard	20	0,4	0	180	3,5	54000	0,2	33,95
30-36	Sand	Very Dense	20,5	0,46	40	0	0	42000	0,25	33,95
36-42	Gravelly Sand	Very Dense	21	0,42	43	0	0	48000	0,25	30,85
42-48	Silt	Hard	21	0,4	0	150	1	52000	0,2	30,85
48-50	Sand	Very Dense	21	0,4	44	0	0	54000	0,25	30,85

Tabel 3, *Summary* Data Tanah Tangerang

Elevasi (m)	Type of Soil	Consistency	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$e_o$	$\phi$ (°)	Su (KPa)	OCR	E (KPa)	Poisson Ratio	Plasticiy Index (%)
0-12	Clay	Very Soft	15,371	2,216	16,98	27,365	3,6	11820	0,4	55,03
12-20	Clayey Silt	Medium Stiff	16,813	1,28	-	86,691	3,6	39320	0,4	60
20-26	Silty Sand	Hard	16,812	1,28	-	80,909	3,6	38110	0,4	60
26-36	Silty Clay	Very Stiff	17,034	1,23	-	58,272	1,8	35720	0,4	24,83
36-48	Clayey Silt	Very Stiff	17,265	1,23	-	52,761	1,8	30190	0,4	24,83
48-61	Clayey Silt	Very Stiff	17,881	1,2	-	59,4	1,8	24660	0,4	41,139

Kemudian setelah didapatkan *summary* penurunan parameter tanah, dilakukan perhitungan amplitudo akibat beban dinamik sehingga didapatkan hasil sebagai berikut

1. Data Tanah Tangerang (Fondasi Tiang)

- Akibat beban dinamik arah vertikal : 0,000122 mm
- Akibat beban dinamik arah horizontal : 0,00013 mm
- Akibat beban dinamik *rocking* : 0,03624 mm

2. Data Tanah Jakarta Timur (Fondasi Tiang)

- Akibat beban dinamik arah vertikal : 0,000095 mm

- Akibat beban dinamik arah horizontal : 0,000126 mm
- Akibat beban dinamik *rocking* : 0,04611 mm

3. Data Tanah Jakarta Timur (Fondasi Dangkal)

- Akibat beban dinamik arah vertikal : 0,000128 mm
- Akibat beban dinamik arah horizontal : 0,000126 mm
- Akibat beban dinamik *rocking* : 0,000251 mm

Setelah didapat nilai amplitudo, kemudian beban dinamik dapat diinput kedalam pemodelan pada program berbasis geoteknik sehingga setelah dilakukan analisa menggunakan aplikasi berbasis geoteknik, diperoleh nilai-nilai sebagai berikut

1. Reaksi Fondasi Tiang untuk Tanah Daerah Tangerang

Jenis Beban	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Axial Beam Force</i> (kN)	<i>Bending Moment Y</i> (kNmm)	<i>Bending Moment Z</i> (kNmm)
Beban Statik	8,695	0,953	398,02	627,006
Beban Dinamik Vertikal	$1,16 \times 10^{-4}$	$4,81 \times 10^{-4}$	0,0393	0,0412
Beban Dinamik Horizontal	$1,39 \times 10^{-4}$	$1,17 \times 10^{-4}$	0,0338	0,0045
Beban Dinamik <i>Rocking</i>	$1,93 \times 10^{-7}$	$2,8 \times 10^{-10}$	$1,61 \times 10^{-6}$	$1,99 \times 10^{-6}$

2. Reaksi Fondasi Tiang untuk Tanah Daerah Jakarta Timur

Jenis Beban	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Axial Beam Force</i> (kN)	<i>Bending Moment Y</i> (kNmm)	<i>Bending Moment Z</i> (kNmm)
Beban Statik	4,528	1,144	47,747	114,145
Beban Dinamik Vertikal	0	0	0	0
Beban Dinamik Horizontal	0	0	0	0
Beban Dinamik <i>Rocking</i>	0	0	0	0

3. Reaksi Fondasi Dangkal untuk Tanah Daerah Jakarta Timur

Jenis Beban	<i>Displacement</i> (mm)
Beban Statik	8,695
Beban Dinamik Vertikal	$2,18 \times 10^{-4}$
Beban Dinamik Horizontal	$2,79 \times 10^{-4}$
Beban Dinamik <i>Rocking</i>	0

Alasan tidak adanya nilai yang timbul akibat beban dinamik pada tanah ini dapat dilihat pada lampiran perhitungan, Pada perhitungan beban dinamik di tanah ini sebenarnya hanya diperlukan 2 tiang untuk menahan seluruh beban sistem fondasi, Namun karena di sini digunakan 18 tiang maka nilai yang dihasilkan akan sangat kecil sehingga dianggap 0 (nol),

Selain itu, alasan lain yang menjadi faktor kecilnya pengaruh beban dinamik terhadap reaksi sistem fondasi adalah mesin genset yang digunakan sebagai objek penghasil beban dinamik telah memiliki sistem peredam yang sudah tertanam pada alat itu sendiri atau yang sering disebut mesin genset tipe *silent* sehingga beban dinamik akibat getaran yang timbul menjadi lebih kecil lagi,

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut:

##### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengolahan data yang dilakukan pada pemodelan fondasi dalam, maka dapat disimpulkan menjadi tabel seperti berikut:

Lokasi Tanah	Jenis Beban	Displacement (mm)	Axial Beam Force (kN)	Bending Moment Y (kNmm)	Bending Moment Z (kNmm)
Tangerang	Statik	8,695	0,953	398,02	627,006
	Dinamik	$2,5 \times 10^{-4}$	$5,9 \times 10^{-4}$	0,0731	0,0457
	S + D	8,6952	0,9536	398,093	627,025
	% Statik	99,997%	99,937%	99,982%	99,993%
	% Dinamik	0,003%	0,063%	0,018%	0,007%
Jakarta Timur	Statik	4,528	1,144	47,747	114,145
	Dinamik	0	0	0	0
	S + D	4,528	1,144	47,747	114,145
	% Statik	100%	100%	100%	100%
	% Dinamik	0%	0%	0%	0%

1. Berdasarkan hasil analisis fondasi dalam, dapat diketahui bahwa total *displacement*, *axial beam force* dan *bending moment* akibat beban dinamik pada tanah daerah Jakarta Timur adalah **0 mm** dikarenakan tanah tersebut dikategorikan sebagai tanah medium yang memiliki daya dukung lebih besar sehingga sistem fondasi mengalami reaksi yang sangat kecil sehingga dapat dianggap 0 (nol).
2. Reaksi sistem fondasi akibat beban dinamik berupa *displacement*, Namun besarnya *displacement* sangat kecil sekali jika dibandingkan dengan reaksi akibat beban statik.
3. Berdasarkan hasil analisa dapat dilihat bahwa pada tanah Jakarta Timur dapat digunakan fondasi dangkal karena total *displacement* yang dihasilkan akibat beban dinamik dan statik tidak lebih besar dari 1 inch yakni 25,4 mm, Berikut adalah *summary* hasil analisa fondasi dangkal pada tanah Jakarta Timur.

Jenis Beban	Displacement (mm)
Beban Statik	5,819
Beban Dinamik Vertikal	$2,18 \times 10^{-4}$
Beban Dinamik Horizontal	$2,79 \times 10^{-4}$
Beban Dinamik <i>Rocking</i>	0
Total	5,8195

4. Telah mengetahui cara pemodelan struktur fondasi pada aplikasi berbasis geoteknik Midas GTS NX.

### **Saran**

1. Jika akan dilakukan penelitian yang serupa yakni menganalisa pengaruh beban mesin, maka lebih baik digunakan data tanah dengan kategori tanah lunak sehingga nilai yang didapat bisa lebih besar dan mudah untuk dianalisa.
2. Diperlukan studi lebih lanjut untuk jenis mesin genset yang berbeda yakni jenis mesin genset yang bukan tipe *silent*.
3. Agar hasil yang didapat bisa lebih akurat, dapat digunakan aplikasi berbasis geoteknik lain sebagai pembandingan hasil analisis.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arya, S., O'Neill, M., & Pincus, G. (1979). *Design of Structures and Foundations for Vibrating Machines*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- Bowles, J. E. (1991). *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Gazetas, G. (1983). Analysis of Machine Foundation Vibrations: State of The Art. *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 1983, Vol. 2, No. 1, 1-39.
- Gazetas, G., & Makris, N. (1992). Dynamic Pile-Soil-Pile Interaction. Part I: Analysis of Axial Vibration. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 21, 145-162.
- Irsyam, M. (2018). *Mesin, Dinamika Tanah dan Fondasi*. Bandung: ITB PRESS.
- Lumantarna, B. (2000). *Pengantar Analisis Dinamis Dan Gempa*. Surabaya: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Kristen PETRA Surabaya.
- Markis, N., & Gazetas, G. (1991). Dynamic Pile-Soil-Pile Interaction. Part II: Lateral and Seismic Response. *Earthquake Engineering and Structure Dynamics*, Vol 20, 115-132.

