

PENGARUH DIMENSI DAN KEDALAMAN TERTANAM TERHADAP RESPONS DINAMIS PONDASI MESIN TIPE BLOK PADA GETARAN VERTIKAL DAN LATERAL

Ir. Sjachrul Balamba, MT

ABSTRAK

Hingga saat ini masih banyak terdapat pondasi mesin yang direncanakan secara praktis yaitu dengan mengambil massa pondasi sama dengan dua sampai tiga kali massa mesin. Kontrol stabilitas pondasi banyak dilakukan untuk kondisi statis saja sedangkan respons dinamis akibat getaran mesin tidak ditinjau. Kenyataannya, sebagian besar pondasi tersebut memiliki rasio redaman kurang dari satu sehingga akan menimbulkan masalah bagi lingkungan di sekitarnya. Untuk mengantisipasi masalah tersebut perlu dilakukan analisis terhadap respons dinamis sistem pondasi-tanah yang meliputi perhitungan konstanta pegas ekuivalen, rasio redaman, frekuensi natural dan amplitudo sistem yang sangat tergantung pada dimensi dan kedalaman tertanam pondasi. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap respons dinamis sistem pondasi sesuai dengan perubahan dimensi dan kedalaman tertanam sehingga diperoleh solusi yang tepat untuk mengatasi ketidakstabilan dinamis dari pondasi mesin tipe blok. Pada penelitian ini dibuat beberapa model pondasi dengan berbagai variasi panjang, lebar dan kedalaman tertanam untuk mendapatkan dimensi yang sesuai dengan amplitudo yang memenuhi persyaratan. Hasil penelitian ini mendapatkan kesimpulan bahwa dimensi pondasi blok $l=3b$ akan memberikan amplitudo yang kecil pada $G=G_s$ dan $G=0,5G_s$ untuk getaran vertikal dan lateral. Untuk ragam getaran besar akan memberikan amplitudo kecil.

Kata kunci : respon dinamis, pondasi mesin, getaran vertikal dan lateral

PENDAHULUAN

Pondasi mesin merupakan pondasi yang digunakan untuk menopang beban dinamis berupa frekuensi getaran yang dihasilkan oleh mesin yang berada diatas pondasi tersebut. Untuk pondasi yang menopang beban dinamis ini digunakan perhitungan yang jelas berbeda dengan pondasi yang hanya menopang beban statis, dimana harus memperhatikan adanya beban dinamis akibat kerja mesin selain beban statis yang ada. Dengan memperhatikan Laporan Penyelidikan Tanah yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sam Ratulangi Manado, yang terdiri dari percobaan Kadar Air, Berat Jenis, Berat Isi, Boring, Sondir dan Analisa Saringan, yaitu berat isi basah = 1,52 (gram/cm²), kadar air = 33,90 dan berat isi kering = 1,14 gr/cm³, Tanah terdiri atas silt dan sebagian besar adalah pasir halus, sedang dan kasar. Untuk mendapatkan parameter tanah yang akan digunakan tabel 1, tabel 2 dan tabel 3. Mesin yang digunakan adalah mesin dengan putaran tetap (*rotating machines*). Mesin yang termasuk dalam kategori inidiantaranya adalah mesin turbogenerator, turbine dan rotary compressor. Berat total mesin = 25,500 ton. Pondasi yang digunakan adalah tipe blok (block foundation) yang langsung di dukung oleh tanah. Ukuran pondasi blok panjang pondasi (l) dan lebar pondasi (b). Dimensi pondasi blok terdiri

daril= b ; $l=1,5b$; $l=2b$ dan $l=3b$ dengan tinggi pondasi blok= $1,5$ m dengan kedalaman tertanam $D_f = 1,0$ m

Permasalahan

Pondasi blok yang memikul gaya dinamik seperti mesin harus didesain seteliti mungkin agar tidak terjadi hal-hal yang merugikan, baik kepada pekerja maupun pada mesin. Parameter yang perlu diperhatikan adalah dimensi pondasi blok dan getaran yang bekerja. Makalah itu mengangkat kedua masalah tersebut.

LANDASAN TEORI

Disain pondasi blok harus mempertimbangkan tiga hal utama, yaitu efeknya terhadap mesin itu sendiri, struktur secara keseluruhan, dan terhadap manusia. Disain pondasi mesin dianggap memuaskan apabila kondisi berikut terpenuhi :

1. Tidak ada kerusakan struktur pada lokasi mesin ditempatkan maupun pada struktur yang berdekatan.
2. Tidak ada kerusakan pada mesin itu sendiri.
3. Tidak menimbulkan perawatan dan perbaikan struktur maupun mesin yang berlebihan dari segi biaya.
4. Tidak menimbulkan gangguan bagi pekerja dalam mengoperasikan maupun memeriksa mesin.

5. Tidak menimbulkan gangguan kesehatan maupun ketidaknyamanan bagi orang-orang dalam lingkungan sekitarnya.

Dalam mendisain pondasi mesin, haruslah memenuhi disain kriteria sebagai berikut :

1. Untuk beban statik:
 - Pondasi harus aman dari kegagalan geser
 - Pondasi tidak boleh mengalami penurunan yang berlebihan
2. Untuk beban dinamik:
 - Tidak boleh terjadi resonansi
 - Pondasi mesin harus didisain pada *high tuned* (frekuensi natural lebih besar daripada putaran mesin) ataupun *low tuned* (frekuensi natural lebih kecil daripada putaran mesin).
 - Indian Standard mensyaratkan bahwa untuk mesin putaran tinggi, frekuensi alami tidak boleh berada dalam daerah 20% dari frekuensi mesin.
 - Amplitudo pada frekuensi operasi tidak boleh melebihi nilai yang diijinkan. Batasan nilai ini biasanya ditentukan oleh pabrik pembuat mesin.
 - Vibrasi yang terjadi pada saat mesin beroperasi tidak boleh mengganggu orang atau pun membahayakan posisi peralatan yang ditempatkan berdekatan atau menempel pada struktur pondasi mesin.
 - Secara umum, parameter dari disain pondasi mesin yang sering dijadikan ukuran kelayakan adalah frekuensi dan amplitudo. Frekuensi dan amplitudo yang terjadi seringkali menimbulkan efek yang bervariasi, mulai dari ketidaknyamanan yang dirasakan oleh manusia yang berada di dekat mesin sampai kerusakan struktural.
 - Secara umum, parameter dari disain pondasi mesin yang sering dijadikan ukuran kelayakan adalah frekuensi dan amplitudo. Frekuensi dan amplitudo yang terjadi seringkali menimbulkan efek yang bervariasi, mulai dari ketidaknyamanan yang dirasakan oleh manusia yang berada di dekat mesin sampai kerusakan struktural.

Pemodelan Kebebasan Pondasi Mesin

Akibat gaya-gaya yang bekerja secara dinamis, maka suatu pondasi mesin dapat bergetar dalam enam ragam getaran dan masing-masing ragam getaran tersebut memiliki enam frekuensi natural. Keenam ragam tersebut terbagi dalam dua bagian 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

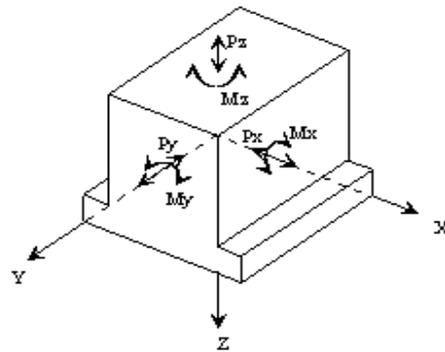
Dimana (a) dan (b) disebut ragam horizontal (sliding) dan (c) disebut ragam vertikal.

2. Rotasi (perputaran), yang terdiri dari :

- a. Perputaran terhadap sumbu X
- b. Perputaran terhadap sumbu Y
- c. Perputaran terhadap sumbu Z

Dimana (a) dan (b) disebut ragam goyangan (pitching untuk arah memendek dan rocking untuk arah memanjang) sedangkan (c) disebut ragam torsi.

Keenam ragam tersebut ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1 Ragam Getaran Pondasi Mesin

Sumber :Soil Dynamics, Shamsheer Prakash

Dari keenam ragam getaran, translasi arah sumbu z dan rotasi terhadap sumbu z dapat terjadi secara independen dari ragam lainnya. Sedangkan translasi arah sumbu x dengan rotasi terhadap sumbu y atau translasi arah sumbu y dengan rotasi terhadap sumbu x selalu terjadi secara simultan dan saling mempengaruhi sehingga disebut ragam kopel. Jadi pada kenyataannya, pondasi blok memiliki empat ragam getaran yaitu dua ragam tunggal (vertikal dan yawing) dan dua ragam kopel.

Perencanaan Pondasi Mesin

Dalam merencanakan pondasi mesin, kita harus mempertimbangkan beban dinamis yang ditimbulkan oleh bekerjanya mesin. Selanjutnya beban dinamis ini disalurkan ke pondasi yang mendukung mesin tersebut. Dalam merencanakan pondasi mesin yang berkaitan dengan getaran periodik ada beberapa masalah yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

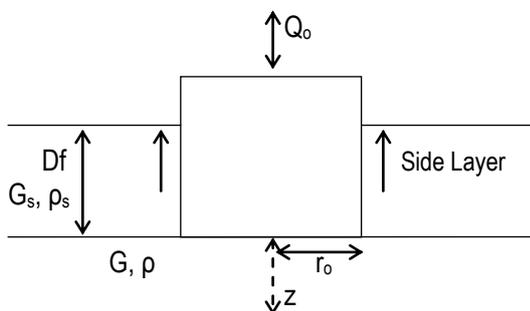
- Penurunan
Getaran atau vibrasi cenderung memadatkan tanah yang non plastis sehingga terjadi penurunan. Pengaruh maksimal terjadi pada material berbutir kasar yang bersih.
- Resonansi

Setiap sistem fisik memiliki frekuensi karakteristik masing-masing yang dikenal dengan frekuensi natural. Frekuensi natural didefinisikan sebagai frekuensi pada saat sistem akan bergetar ketika mengalami getaran bebas. Pada waktu getaran bekerja pada sebuah mesin mendekati frekuensi natural pondasinya, amplitudo akan cenderung besar. Sistem dikatakan berada dalam keadaan resonansi ketika dua frekuensi tersebut menjadi sama. Timbulnya resonansi dan efek lanjutannya dapat meningkatkan amplitudo getaran yang merupakan salah satu masalah paling umum pada pondasi mesin. Pada resonansi ditemukan bahwa sebagai tambahan pada amplitudo yang berlebihan maka penurunan yang terjadi juga akan besar. Frekuensi yang terjadi ketika nilai amplitudo mencapai nilai maksimum disebut frekuensi resonansi. Dalam desain pondasi-pondasi mesin, kriteria yang penting adalah menghindari resonansi sehingga amplitudo tidak akan besar.

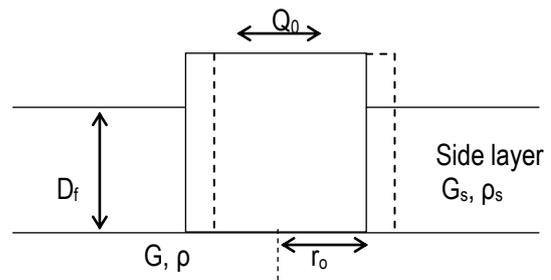
- **Transmisibilitas**
Transmisibilitas adalah rasio antara besarnya gaya dinamis dari mesin yang disalurkan ke bangunan bawah dengan gaya dinamis dari mesin itu sendiri. Istilah transmisibilitas didefinisikan pada kasus isolasi aktif dan isolasi pasif. Dari sudut pandang isolasi ada dua jenis vibrasi yang diperhitungkan secara praktis dalam industri.

Desain Pondasi Blok

- Asumsi-asumsi yang digunakan Nilai G (tabel 1), Nilai Poisson Ratio (tabel 2), Nilai E_s (tabel 3)
- Menghitung akibat beban statis dan dinamis. Akibat beban statis pondasi blok dikontrol terhadap daya dukung dan penurunan pondasi



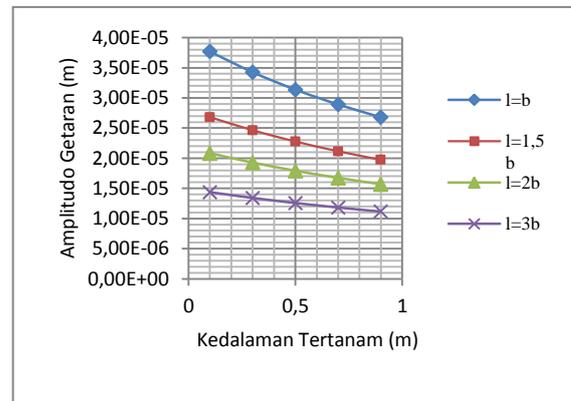
Gambar 2 Getaran Vertikal pada Pondasi Tertanam
Sumber: Principles of Soil Dynamics, Braja M. Das



Gambar 3 Getaran Horizontal pada Pondasi Tertanam

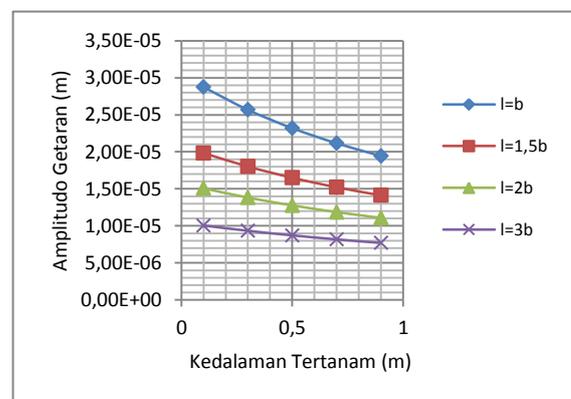
Sumber: Principles of Soil Dynamics, Braja M. Das

HASIL DAN PEMBAHASAN



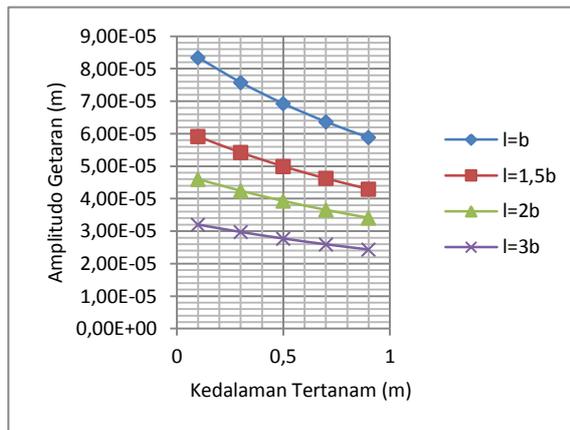
Gambar 4. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Vertikal ($G=G_s$, Frekuensi Operasi 1000 rpm, dengan variasi l dan b)

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada getaran vertikal, modulus geser tanah $G=G_s$ dan frekuensi operasi mesin 1000 rpm dengan dimensi pondasi blok $l=3b$ terjadi amplitude getaran yang kecil jika dibandingkan dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5b$ dan $l=2b$. Pada kedalaman tertanam besar akan memberikan amplitudo yang kecil.



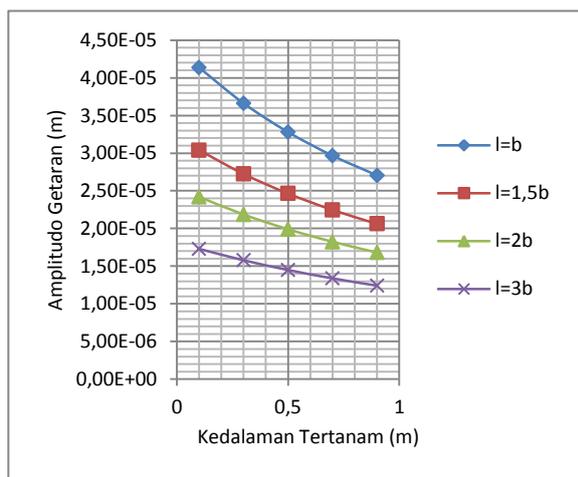
Gambar 5. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Vertikal ($G=2G_s$, Frekuensi Operasi 1000 rpm)

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada getaran vertical, modulus geser tanah $G=2G_s$ dan frekuensi operasi mesin 1000 rpm dengan dimensi pondasi blok $l=3b$ terjadi amplitude getaran yang kecil jika dibandingkan dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5b$ dan $l=2b$. Pada kedalaman tertanam besar akan memberikan amplitudo yang kecil.



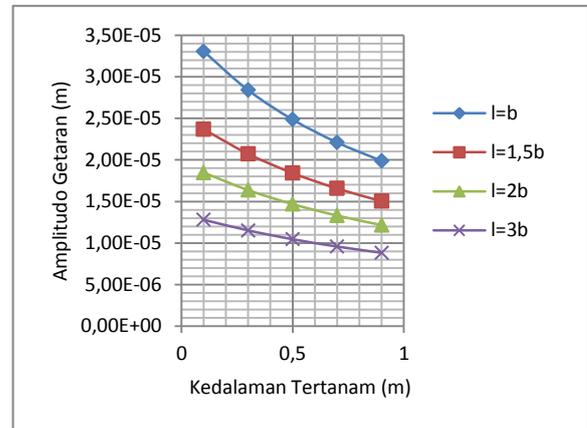
Gambar 6. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Vertikal ($G = 0.5G_s$, Frekuensi Operasi 1000 rpm)

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada getaran vertical, modulus geser tanah $G=0,5G_s$ dan frekuensi operasi mesin 1000 rpm dengan dimensi pondasi blok $l=3b$ terjadi amplitude getaran yang kecil jika dibandingkan dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5b$ dan $l=2b$. Pada kedalaman tertanam besar akan memberikan amplitudo yang kecil.



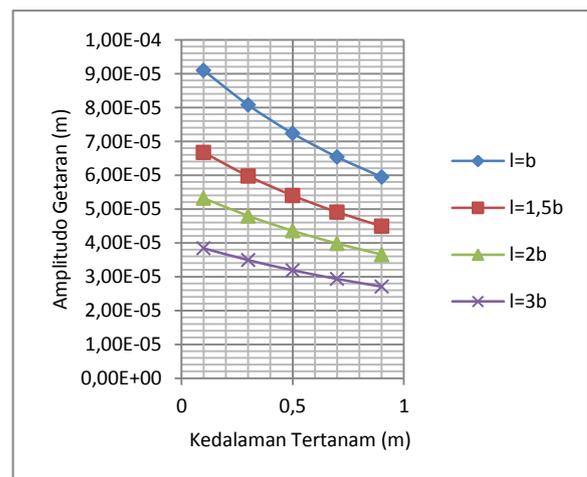
Gambar 7. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Horizontal ($G = G_s$, Frekuensi Operasi 1000 rpm)

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada getaran horizontal, modulus geser tanah $G=G_s$ dan frekuensi operasi mesin 1000 rpm dengan dimensi pondasi blok $l=3b$ terjadi amplitude getaran yang kecil jika dibandingkan dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5b$ dan $l=2b$. Pada kedalaman tertanam besar akan memberikan amplitudo yang kecil.



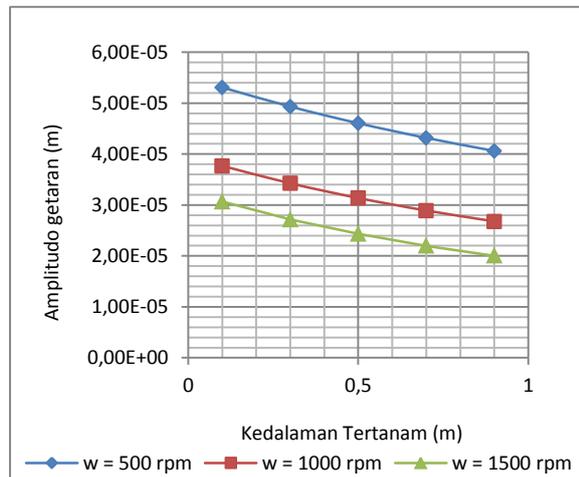
Gambar 8. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Horizontal ($G = 2G_s$, Frekuensi Operasi 1000 rpm)

Gambar 8 menunjukkan bahwa pada getaran horizontal, modulus geser tanah $G=2G_s$ dan frekuensi operasi mesin 1000 rpm dengan dimensi pondasi blok $l=3b$ terjadi amplitude getaran yang kecil jika dibandingkan dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5b$ dan $l=2b$. Pada kedalaman tertanam besar akan memberikan amplitudo yang kecil.



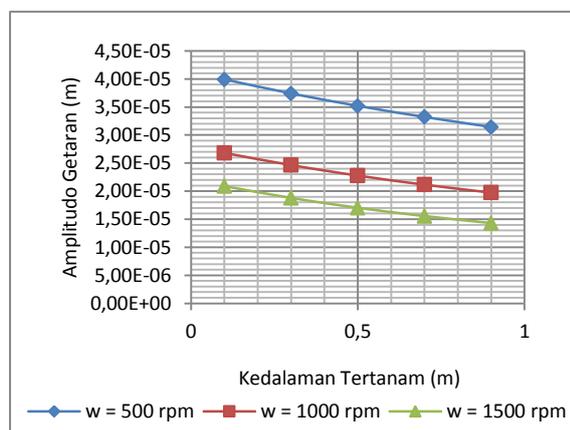
Gambar 9. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Horizontal ($G = 0.5G_s$, Frekuensi Operasi 1000 rpm)

Gambar 9 menunjukkan bahwa pada getaran horizontal, modulus geser tanah $G=0,5G_s$ dan frekuensi operasi mesin 1000 rpm dengan dimensi pondasi blok $l=3b$ terjadi amplitudo getaran yang kecil jika dibandingkan dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5b$ dan $l=2b$. Pada kedalaman tertanam besar akan memberikan amplitudo yang kecil.



Gambar 10. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Horizontal ($G = G_s$, pada Variasi Frekuensi Operasi)

Gambar 10 menunjukkan bahwa pada getaran vertikal, modulus geser tanah $G=G_s$ dan $l=b$ dengan frekuensi operasi mesin 1500 rpm terjadi amplitudo getaran yang kecil.



Gambar 11. Grafik hubungan antara kedalaman tertanam dengan Amplitudo Getaran Horizontal ($G = 0,5G_s$, pada Variasi Frekuensi Operasi)

Gambar 11 menunjukkan bahwa pada getaran vertikal, modulus geser tanah $G=0,5G_s$ dan $l=b$ dengan frekuensi operasi mesin 1500 rpm terjadi amplitudo getaran yang kecil.

PENUTUP

KESIMPULAN

1. Dimensi pondasi blok $l=3b$ akan memberikan amplitudo yang kecil pada $G=G_s$ dan $G=0,5G_s$
2. Pada getaran vertikal dan getaran horizontal, modulus geser tanah $G=2G_s$ dan frekuensi operasi mesin 1000 rpm dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5$; $l=2b$ dan $l=3b$; terjadi amplitudo getaran yang kecil jika dibandingkan dengan modulus geser $G=G_s$ dan $G=0,5G_s$ dengan dimensi pondasi blok $l=b$; $l=1,5b$ dan $l=2b$ dan $l=3b$.
3. ada kedalaman tertanam besar akan memberikan amplitudo yang kecil.
4. Untuk ragam getaran besar akan memberikan amplitudo kecil

SARAN

Sebaiknya menggunakan data dari penyelidikan dinamika tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Barkan, D. D., "Dynamic of Bases and Foundations", Mc Graw-Hill Book Company, USA, 1962.
- Bowles E Josep., "Analisis dan Desain Pondasi", Jilid 2 Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.
- Bowles E Josep., "Foundation and Analysis Design", Third Edition Mc Graw-Hill Book Company, Japan, 1982.
- Bowles E Josep dan J. K. Hainim., "Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah", Edisi Kedua Penerbit Erlangga, Jakarta, 1989.
- Braja M Das., "Principles of Geotechnical Engineering", Fifth Edition Nelson A Division Of Thomson Canada Limited, Canada, 2006.
- Braja M Das., "Principles of Soil Dynamics", PWS-KENT Publishing Company, Canada, 1993.
- Prakash Shamsher., "Soil Dynamics", Mc Graw-Hill Book Company, USA, 1981.
- Suteja, I Wayan, "Pengaruh Dimensi dan Penanaman Terhadap Respons Dinamis Pondasi Mesin Tipe Blok pada Eksitasi Vertikal, Horizontal dan Rocking", Tesis S2 Geoteknik ITS, 2007

LAMPIRAN

Tabel 1. Modulus Geser Tanah

Bahan	G (MPa)
Pasir kuarsa padat bersih	12 - 20
Pasir halus seperti mika	16
Pasir berlin ($e = 0,53$)	17 - 24
Pasir tanah liat	10
Pasir kerikil padat	70
Lempung berlumpur lunah basah	9 - 15
Lempung berlumpur lunah kering	17 - 21
Lempung berlumpur kering	25 - 35
Lempung sedang	12 - 30
Lempung berpasir	12 - 30

Tabel 2. Ratio Poisson beberapa jenis tanah

Bahan	ν
Lempung jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir berkerikil	0,1 - 1
Batuan (rock)	0,1 - 0,4

Tabel 3. Nilai E untuk beberapa jenis tanah

Tanah	E_s (MPa)
Lempung	
Sangat lunak	2 - 15
Lunak	5 - 25
Sedang	15 - 50
Keras	50 - 100
Berpasir	25 - 250
Pasir	
Berlanau	5 - 20
Lepas	10 - 25
Padat	50 - 81
Pasir dan kerikil	
padat	50 - 150
Lepas	100 - 200
Padat	