



**LAPORAN PENELITIAN DOSEN MUDA**  
**PENGARUH PASIR PADA TANAH DASAR FONDASI**  
**TERHADAP TANAH LINIER-ELASTIS DAN**  
**NON-LINIER-ELASTIS AKIBAT BEBAN GEMPA**

**Oleh :**  
**Ir. As'at Pujianto, MT.**

Dibiayai Oleh Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian  
Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi  
Dengan Nomor Kontrak : 129/SPPP/PP/DP3M/IV/2005  
Tertanggal 11 April 2005

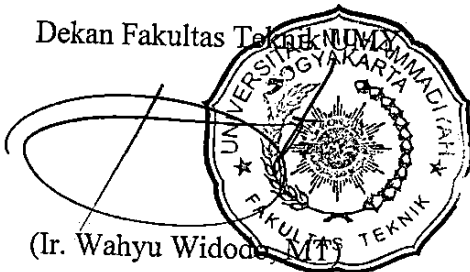
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
NOVEMBER 2006

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR  
HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA**

1. a. Judul Penelitian : PENGARUH PASIR PADA DASAR FONDASI  
TERHADAP TANAH LINIER-ELASTIS DAN  
NON-LINIER-ELASTIS AKIBAT BEBAN GEMPA.  
b. Bidang Ilmu : Teknologi.  
c. Kategori Penelitian : Model.
2. Ketua Peneliti  
a. Nama Lengkap : Ir. As'at Pujianto, MT.  
b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
c. Pangkat./Golongan/NIP : IIIB dan 133 014  
d. Jabatan Fungsional : Lektor  
e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil  
f. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY)  
g. Bidang Ilmu yang Diteliti : Teknologi
3. Jumlah Tim Peneliti : 1 (satu) orang  
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Komputasi Fakultas Teknik UMY  
5. Jangka Waktu Penelitian : 5 (lima) bulan  
6. Biaya yang Diperlukan : Rp. 7.500.000,- (tujuh juta lima ratus ribu rupiah)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UMY



(Ir. Wahyu Widada, MT)

Yogyakarta, 25 November 2006

Peneliti,

(Ir. As'at Pujianto, MT)

Menyetujui,

Ketua Lembaga Penelitian

(Drs. Said Tuhuleley)

## RINGKASAN DAN SUMMARY

Pasir sebagai tanah dasar fondasi suatu bangunan gedung telah banyak digunakan, bahkan sejak berabad-abad yang lalu. Sebagai contoh bangunan-bangunan candi yang terdapat di komplek Candi Sewu, Prambanan Yogyakarta, yang dibangun sekitar abad ke-8 masehi, ternyata menggunakan pasir (tanah bergradasi kasar) sedalam  $\pm 2m$  sebagai tanah dasarnya. Pada umumnya penggunaan pasir sebagai tanah dasar fondasi hanya sebagai upaya perbaikan kuat dukungnya, namun tidak tertutup kemungkinan pasir sebagai lapisan peredam getaran, misalnya ketika terjadi gempa bumi. Mengingat bahwa sebagian besar wilayah Indonesia merupakan daerah rawan gempa, sedangkan pasir merupakan bahan alam yang murah serta mudah diperoleh, maka perlu dilakukan penelitian tentang kemampuan pasir dalam meredam gempa.

Untuk keperluan tersebut, maka perlu diambil model struktur tanah yang akan dipakai sebagai bahan kajian/analisis. Model (profil) tanah tersebut dipilih yang bagian atasnya terdiri dari lapisan lempung. Beban (dasar fondasi) diletakan pada kedalaman 300 cm, kemudian dibawah dasar fondasi tersebut lapisan tanah diganti dengan lapisan pasir dengan ketebalan yang bervariasi, yaitu : 0 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 200 cm. Disamping itu agar menghasilkan tekanan tanah yang berbeda-beda besarnya beban juga divariasasi, yaitu : 0 ton, 10000 ton, 20000 ton, 30000 ton, dan 40000. Kemudian dibebani dengan beban gempa yang mempunyai frekuensi tinggi dan rendah, yaitu gempa Koyna dan Bucharest.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tebal lapisan pasir belum tentu akan menghasilkan simpangan yang lebih kecil, tergantung dari frekuensi gempanya, namun dengan ketebalan lapisan lebih dari 150 cm masih menunjukkan kecenderungan penurunan simpangan, baik akibat gempa dengan frekuensi tinggi maupun rendah. Simpangan akibat beban gempa Bucharest lebih besar dari pada Koyna. Semakin jauh frekuensi tanah terhadap frekuensi gempa mengakibatkan simpangan yang semakin kecil.

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	viii
<b>BAB I. PENDAHULUAN.</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Kontribusi Penelitian.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pasir dan Redaman.....	5
2.2. Kandungan frekuensi.....	7
<b>BAB III. LANDASAN TEORI</b>	
3.1. Prinsip Resonansi pada Beban Dinamik Harmonik.....	9
3.2. Massa dan Kekakuan Lapisan Tanah.....	9
3.3. Karakteristik Statik dan Dinamik.....	10
3.4. Modulus Geser Tanah.....	12
3.5. Damping Ratio.....	14
3.6. Hubungan antara Damping Ratio dan Modulus Geser.....	14
3.7. Regangan Geser Tanah.....	14
3.8. Metode Penyebaran Beban 2V : 1H.....	15
3.9. Persamaan Differensial Gerakan MDOF.....	17
3.10. Persamaan <i>Eigeproblem</i> dan Mode Shape.....	18
3.11. Percepatan, Kecepatan dan Simpangan Bangunan Bertingkat.....	19
3.12. Integrasi Numerik dengan Metode Central Difference.....	21
3.13. Dasar Analisis Untuk Tanah Non Linier Elastis.....	24

BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN.	
4.1.	Model dan Data Struktur.....	25
4.2.	Data Gempa.....	27
4.3.	Alat Analisis.....	28
4.4.	Cara Analisis.....	28
BAB V	PROGRAM GROUND VIBRATION DAN VALIDITASNYA	
5.1.	Deskripsi Program.....	30
5.2.	Input Data.....	31
5.3.	Pengeksekusian/Pemroses Data.....	32
5.4.	Output Data.....	32
5.5.	Validitas Program.....	32
BAB VI	HASIL DAN PEMBAHASAN	
6.1.	Rekaman gempa.....	43
6.2.	Pengaruh Tekanan Permukaan Terhadap Rasio Redaman.....	44
6.3.	Pengaruh Ketebalan Lapisan Pasir Terhadap Rasio Redaman.....	45
6.4.	Pengaruh Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan.....	46
6.5.	Pengaruh Ketebalan Lapisan Pasir Terhadap Simpangan.....	47
6.6.	Pengaruh Tekanan Permukaan Terhadap Kandungan Frek. Tanah..	49
6.7.	Pengaruh Ketebalan Lapisan Pasir Thd. Kandungan Frek. Tanah..	51
6.8.	Kedekatan Frekuensi Gempa Terhadap Frekuensi Struktur Tanah..	53
BAB VII.	KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1.	Kesimpulan.....	57
7.2.	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	.....	59
LAMPIRAN		
Lampiran I.	Listing program PGV.....	61
Lampiran II.	Input Data PGV, dengan Gempa Bucharest.....	76
Lampiran III.	Hasil Analisis Simpangan.....	77
Lampiran IV.	Hasil Analisis Kecepatan.....	79
Lampiran V.	Hasil Analisis Percepatan.....	81
Lampiran VI.	Daftar Riwayat Hidup.....	83

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Nilai $PI$ , $k$ , $\gamma_h$ dan $\alpha$ . . . . .	12
Tabel 5.1.	Nilai ordinat tiap pola/ragam mode.. . . . .	36
Tabel 5.2.	Selisih Respon Linier Elastis Maksimum antara Manual dengan Program. . . . .	40
Tabel 6.1.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Rasio Redaman Akibat Gempa. . . . .	44
Tabel 6.2.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Rasio Redaman Akibat Gempa Bucharest . . . . .	44
Tabel 6.3.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Koyna. . . . .	45
Tabel 6.4.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Bucharest. . . . .	45
Tabel 6.5.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Frekuensi Akibat Koyna . . . . .	50
Tabel 6.6.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Frekuensi Akibat Buchares . . . . .	50
Tabel 6.7.	Simpangan dan Frekuensi Pada Kedalaman 300 cm. . . . .	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Hysteresis loop dan rasio redaman .....	5
Gambar 3.1.	Massa tergumpal pada lapisan horizontal. ....	11
Gambar 3.2.	Penyebaran beban $2V : 1H$ .....	14
Gambar 3.3.	Sistem struktur bangunan MDOF empat tingkat .....	15
Gambar 3.4.	Derivatif pertama dengan metode <i>central differenc</i> .....	21
Gambar 4.1.	Profil tanah dari Pelabuhan Pangkal Balami Bangka .....	25
Gambar 4.2.	Rekaman Gempa Koyna, India, 1967 .....	26
Gambar 4.3.	Rekaman Gempa Bucharest, Rumania, 1977 .....	26
Gambar 5.1.	Data tanah tiga lapis (Das, 1992). ....	31
Gambar 5.2.	Perbandingan Simpangan antara Hasil Program dengan Manual. ....	41
Gambar 6.1.	Rekaman Gempa Koyna Scale Down 0,21 .....	43
Gambar 6.2.	Rekaman Gempa Bucharest Scale Down 0,50 .....	43
Gambar 6.3.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Gempa Koyna. ....	46
Gambar 6.4.	Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Gempa Bucharest. ....	47
Gambar 6.5.	Hubungan Tebal Pasir Terhadap Simpangan Akibat Gempa Koyna. ....	48
Gambar 6.6.	Hubungan Tebal Pasir Terhadap Simpangan Akibat Gempa Bucharest. ....	48
Gambar 6.7.	Hubungan Tekanan Tanah Terhadap Frekuensi Akibat Gempa Koyna. ....	51
Gambar 6.8.	Hubungan Tekanan Tanah Terhadap Frekuensi Akibat Gempa Bucharest .....	51
Gambar 6.9.	Hubungan Tebal Pasir Terhadap Frekuensi Akibat Gempa Koyna. ....	52
Gambar 6.10.	Hubungan Tebal Pasir Terhadap Frekuensi Akibat Gempa Bucharest. ....	52

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

- $B$  = Lebar area pondasi.
- $C$  = Damping ratio.
- $e$  = Angka pori, Nilai eksponensial.
- $f$  = Frekuensi natural (putaran per detik).
- $g$  = Percepatan gravitasi.
- $G_s$  = Berat jenis tanah.
- $G$  = Modulus Geser.
- $G_{max}$  = Modulus geser maksimum.
- $h$  = Nilai eksponen empiris yang berkisar antara 0,4 sampai dengan 0,5.
- $h_i$  = Setengah kedalaman (tebal) lapisan tanah ke-i.
- $IP$  = Plasticity Indeks, Indeks Plastisitas.
- $k$  = Koefisien tanah, yang dapat diperoleh dari Tabel 3.4.
- $k_i$  = Kekakuan yang menghubungkan massa  $m_i$  dan  $m_{i+1}$ .
- $K_o$  = Koefisien tekanan tanah horisontal saat diam.
- $L$  = Panjang area pondasi.
- $LL$  = Liquid Limit, batas cair.
- $M$  = Magnitude gempa (dalam satuan Richter).
- $m$  = massa tiap lapis tanah ( $\text{kg dt}^2/\text{cm}$ ).
- $MDOF$  = Multi Degree of Freedom, derajat kebebasan banyak
- $N$  = Number equivalent of cycle at  $0,65 \tau_{max}$ .
- $n$  = Porositas
- $OCR$  = Over Consolidation Ratio, nilai banding tekanan prakonsolidasi terhadap tegangan efektif .
- $P_c$  = Preconsolidation Pressure, tekanan prakonsolidasi.
- $PL$  = Plastic Limit, batas plastis.
- $P_o$  = tekanan efektif.
- $q$  = beban terbagi rata pada dasar pondasi.
- $Q$  = beban total pada dasar pondasi.
- $SL$  = Sringkage Limit, batas susut.



- $Sr$  = Derajat kejenuhan  
 $T$  = periode getar.  
 $y$  = simpangan tanah.  
 $\dot{y}$  = kecepatan tanah  
 $\ddot{y}$  = percepatan tanah.  
 $\ddot{y}_i$  = data rekaman gempa (percepatan tanah).  
 $\dot{Z}$  = modal amplitudo  
 $Z$  = kedalaman yang ditinjau.  
 $\Delta$  = jarak episenter.  
 $\Delta t$  = step integrasi (dt).  
 $\Delta y$  = simpangan antara lapisan tanah.  
 $\Delta \sigma_z$  = tambahan tegangan vertikal.  
 $\Gamma$  = partisipasi mode.  
 $\alpha$  = Koefisien tanah, yang dapat diperoleh dari Tabel 3.5.  
 $\phi$  = mode shape.  
 $\phi'$  = Nilai sudut gesek pasir.  
 $\gamma$  = regangan geser tanah.  
 $\gamma'$  = Berat isi tanah  
 $\gamma_b$  = Berat volume basah.  
 $\gamma_d$  = Berat isi kering  
 $\gamma_{eff}$  = Berat volume tanah jika terendam air.  
 $\gamma_h$  = Koefisien tanah, yang dapat diperoleh Tabel 3.5.  
 $\gamma_i$  = Berat satuan tanah pada lapisan ke-i.  
 $\gamma_s$  = Berat isi butir.  
 $\gamma_w$  = Berat isi air.  
 $\bar{\sigma}_o$  = Tegangan kekang efektif.  
 $\bar{\sigma}_1$  = Tegangan vertikal.  
 $\omega$  = Frekuensi natural ( $\omega = 2\pi/dt$ )