

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Pernyataan Keaslian Karya Tulis	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak	vii
Abstract	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xxiv
Daftar Notasi	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Maksud dan Tujuan Penulisan	4
1.4. Ruang Lingkup	4
1.5. Metode Penulisan	5
1.6. Hipotesis	5
1.7. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8

2.1. <i>Free Vibration</i>	8
2.2. <i>External Force Vibration</i>	10
2.2.1. Getaran Harmonis Pada Sistem Tak Tereadam	10
2.2.2. Getaran Harmonis Dengan Redaman <i>Viscous</i>	14
2.2.3. Respon Terhadap Getaran Generator	20
2.2.4. Respon Terhadap Getaran Periodik	24
2.3. Analisa Domain Frekuensi	28
2.3.1. Integral Respon Fourier	29
2.3.2. <i>Discrete Fourier Transform (DFT)</i>	32
2.3.3. <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i>	34
2.3.4. Hubungan Fungsi Transfer Antara Domain Frekuensi Dan Waktu	39
2.3.5. <i>Frequency Response Function (FRF)</i>	40
2.4. Tahanan Lateral Pondasi Kelompok Tiang	46
2.4.1. Efisiensi Pondasi Kelompok Tiang Terhadap Lateral	46
2.4.2. Tahanan Lateral k_h	49
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	 51
3.1. Pendahuluan	51
3.2. Pengujian Lapangan	53
3.2.1. Pemasangan Lokasi Sensor	54
3.2.2. Penggunaan <i>Hammer</i> Sebagai Sumber Getaran.....	57
3.2.3. Hasil Respon <i>Accelerometer</i>	59
3.3. Pemodelan Struktur	60

3.3.1. Struktur Bangunan.....	60
3.3.1.1. <i>Pile Cap</i>	60
3.3.1.2. Tiang Pancang (<i>Spun Pile</i>).....	61
3.3.2. Penentuan Support Perletakan Struktur.....	64
3.3.3. Pembebanan Struktur	66
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	 67
4.1. Pengolahan data tanah.....	67
4.2. Pengolahan data lapangan	76
4.2.1. Penentuan Frekuensi Getar Struktur Berdasarkan Pengujian Getaran Pada <i>Pile Cap</i> (Sensor Pada <i>Pile Cap</i>). 77	
4.2.2. Penentuan Mode Shape Struktur Berdasarkan Pengujian Getaran Pada <i>Pile Cap</i> (Sensor Pada <i>Pile Cap</i>).....	88
4.2.3. Penentuan Frekuensi Getar Struktur Berdasarkan Pengujian Getaran Pada Tiang Pancang (Sensor Pada Tiang).....	94
4.2.4. Penentuan Mode Shape Struktur Berdasarkan Pengujian Getaran Pada Tiang Pancang (Sensor Pada Tiang Pancang).....	105
4.3. Analisa Struktur.....	113
4.3.1. Bentuk Pemodelan Struktur	113
4.3.2. Pola Ragam Getar dan Karakteristik Dinamik.....	115
4.4. Perbandingan Mode Shape Pemodelan Struktur SAP 2000 dan Mode Shape Data Pengujian Lapangan.....	122

4.4.1. Perbandingan Pola Ragam Getar Struktur <i>Pile Cap</i> Untuk 7 Mode Pertama Pengujian Getaran Dengan Pemodelan Kedua SAP 2000	123
4.4.2. Perbandingan Pola Ragam Getar Struktur Tiang Untuk 7 Mode Pertama Pengujian Getaran Dengan Pemodelan Kedua SAP 2000	127
4.4.3. Perbandingan Pola Ragam Getar Struktur Dalam Bentuk 3 Dimensi Untuk 7 Mode Pertama.....	130
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 137
5.1. Kesimpulan	137
5.2. Saran	138
 DAFTAR PUSTAKA	
 LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Idealisasi portal SDOF dibebani gaya luar $p(t)$ searah DOF u	11
Gambar 2.2	Respon sistem tak teredam terhadap beban harmonis dengan nilai $\omega/\omega_n = 0.2$, $u(0) = 0$, dan $\dot{u}(0) = \omega_n p_o/k$	12
Gambar 2.3	Grafik hubungan rasio frekuensi ω/ω_n	13
Gambar 2.4	Respon sistem tidak teredam terhadap beban sinusoidal $\omega = \omega_n$ dan $u(t) = \dot{u}(t) = 0$	14
Gambar 2.5	Respon sistem teredam terhadap beban harmonis dengan $\omega/\omega_n = 0.2$, $\zeta = 0.05$, $u(0) = 0$, dan $\dot{u}(0) = \omega_n p_o/k$	16
Gambar 2.6	Respon sistem teredam terhadap beban sinusoidal dengan $\zeta = 0.05$, $\omega/\omega_n = 1$, $\zeta = 0.05$, $u(0) = 0$, dan $\dot{u}(0) = 0$	17
Gambar 2.7	Respon dari 3 sistem rasio redaman $\zeta = 0.01$, 0.05 , dan 0.1 terhadap beban sinusoidal dengan $\omega = \omega_n$; $u(0) = \dot{u}(0) = 0$..	17
Gambar 2.8	Faktor respon deformasi dan sudut fase pada sistem teredam terhadap beban harmonis.....	19
Gambar 2.9	Respon statis sistem teredam terhadap beban sinusoidal dengan $\zeta = 0.2$ dan rasio frekuensi: (a) $\omega/\omega_n = 0.5$, (b) $\omega/\omega_n = 1$, (c) $\omega/\omega_n = 2$	21
Gambar 2.10	Getaran pada generator: (a) posisi awal; (b) posisi dan gaya pada waktu ke t	22
Gambar 2.11	Perkiraan rasio redaman dengan kurva respon frekuensi.....	25

Gambar 2.12	Getaran periodik.....	25
Gambar 2.13	Beban Sembarang Ditampilkan Dalam Deret Fourier	30
Gambar 2.14	Grafik definisi hubungan Frequency Response Function (FRF)	41
Gambar 2.15	<i>Mode Shape Hammer Test</i> pada <i>Free-free Beam</i>	41
Gambar 2.16	Grafik efisiensi kelompok tiang untuk <i>Side-by-side reduction factor</i>	47
Gambar 2.17	Grafik efisiensi kelompok tiang untuk <i>Line-by-line reduction factor for Leading piles</i>	48
Gambar 2.18	Grafik efisiensi kelompok tiang untuk <i>Line-by-line reduction factor for Trailing piles</i>	49
Gambar 2.19	Grafik hubungan antara jumlah pukulan N-SPT dengan koefisien reaksi lateral tanah.....	50
Gambar 3.1	Potongan melintang Kelompok Tiang P115	54
Gambar 3.2	Lokasi penempatan sensor pada pile cap dan tiang	55
Gambar 3.3	Sensor pada <i>pile cap</i>	56
Gambar 3.4	Sensor pada tiang	56
Gambar 3.5	Bacaan yang tercatat pada sensor di <i>pile cap</i>	57
Gambar 3.6	Bacaan yang tercatat pada sensor di tiang pancang	58
Gambar 3.7	Hammer sebagai sumber getaran	58
Gambar 3.8	Detail <i>pile cap</i>	60
Gambar 3.9	Tampak atas <i>pile cap</i>	61
Gambar 3.10	Penampang <i>pile cap</i>	61
Gambar 3.11	Detail penampang <i>spun pile</i>	63

Gambar 4.1	Pemodelan Kelompok Tiang Dengan <i>Pile Cap</i>	68
Gambar 4.2	Data Tanah Borlog BH. 22.....	70
Gambar 4.3	Grafik <i>Side by side reduction factor for leading pile</i> untuk s/b = 4.133	71
Gambar 4.4	Grafik <i>Line by line reduction factor for trailing pile</i> untuk s/b = 4.133	71
Gambar 4.5	Grafik <i>Line by line reduction factor for leading pile</i> untuk s/b = 4.133.....	72
Gambar 4.6	Grafik <i>Terzaghi</i> hubungan N-SPT dengan k_h	73
Gambar 4.7	Respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah X sensor 1 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	79
Gambar 4.8	Respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah X sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	80
Gambar 4.9	Hasil FFT respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah X sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	80
Gambar 4.10	Grafik real FFT struktur <i>pile cap</i> getaran arah X sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	81
Gambar 4.11	Grafik imajiner FFT struktur <i>pile cap</i> getaran arah X sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	81

Gambar 4.12	Respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah Y sensor 1 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	82
Gambar 4.13	Respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah Y sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	83
Gambar 4.14	Hasil FFT respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah Y sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	83
Gambar 4.15	Grafik real FFT struktur <i>pile cap</i> getaran arah Y sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	84
Gambar 4.16	Grafik imajiner FFT struktur <i>pile cap</i> getaran arah Y sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	84
Gambar 4.17	Respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah Z sensor 1 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	85
Gambar 4.18	Respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah Z sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	85
Gambar 4.19	Hasil FFT respon struktur <i>pile cap</i> getaran arah Z sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	86

Gambar 4.20	Grafik real FFT struktur <i>pile cap</i> getaran arah Z sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	86
Gambar 4.21	Grafik imajiner FFT struktur <i>pile cap</i> getaran arah Z sensor 1 untuk range waktu detik ke – 10.458 hingga detik ke – 11.930 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	87
Gambar 4.22	Gambar grafik pola ragam getar struktur <i>pile cap</i> mode 1 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_1 = 0.976563 \text{ Hz}$	90
Gambar 4.23	Gambar grafik pola ragam getar struktur <i>pile cap</i> mode 2 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_2 = 1.46488 \text{ Hz}$	91
Gambar 4.24	Gambar grafik pola ragam getar struktur <i>pile cap</i> mode 3 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_3 = 2.44141 \text{ Hz}$	91
Gambar 4.25	Gambar grafik pola ragam getar struktur <i>pile cap</i> mode 4 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_4 = 12.6953 \text{ Hz}$	92
Gambar 4.26	Gambar grafik pola ragam getar struktur <i>pile cap</i> mode 5 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_5 = 15.1367 \text{ Hz}$	92

Gambar 4.27	Gambar grafik pola ragam getar struktur <i>pile cap</i> mode 6 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_6 = 18.5547 \text{ Hz}$	93
Gambar 4.28	Gambar grafik pola ragam getar struktur <i>pile cap</i> mode 7 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_7 = 22.4609 \text{ Hz}$	93
Gambar 4.29	Tampilan 3 dimensi grafik imajiner FFT struktur <i>pile cap</i> pergerakan arah Y dari 5 buah sensor membentuk pola ragam getar 1 – 3.....	95
Gambar 4.30	Tampilan 3 dimensi grafik imajiner FFT struktur <i>pile cap</i> pergerakan arah Y dari 5 buah sensor membentuk pola ragam getar 4 – 7.....	95
Gambar 4.31	Respon struktur tiang getaran arah X (arah vertical jalan) sensor 1 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	96
Gambar 4.32	Respon struktur tiang getaran arah X (arah vertical jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	97
Gambar 4.33	Hasil FFT respon struktur tiang getaran arah X (arah vertical jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1.....	97
Gambar 4.34	Grafik real FFT struktur tiang getaran arah X (arah vertical jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga	

	detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	98
Gambar 4.35	Grafik imajiner FFT struktur tiang getaran arah X (arah vertical jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	98
Gambar 4.36	Respon struktur tiang getaran arah Y (arah longitudinal jalan) sensor 1 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	99
Gambar 4.37	Respon struktur tiang getaran arah Y (arah longitudinal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	100
Gambar 4.38	Hasil FFT respon struktur tiang getaran arah Y (arah longitudinal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	100
Gambar 4.39	Grafik real FFT struktur tiang getaran arah Y (arah longitudinal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	101
Gambar 4.40	Grafik imajiner FFT struktur tiang getaran arah Y (arah longitudinal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	101

Gambar 4.41	Respon struktur tiang getaran arah Z (arah transversal jalan) sensor 1 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	102
Gambar 4.42	Respon struktur tiang getaran arah Z (arah transversal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	102
Gambar 4.43	Hasil FFT respon struktur tiang getaran arah Z (arah transversal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	103
Gambar 4.44	Grafik real FFT struktur tiang getaran arah Z (arah transversal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1.....	103
Gambar 4.45	Grafik imajiner FFT struktur tiang getaran arah Z (arah transversal jalan) sensor 1 untuk range waktu detik ke – 0.3235 hingga detik ke – 1.4465 akibat pukulan <i>hammer</i> arah Y dekat sensor 1	104
Gambar 4.46	Gambar grafik pola ragam getar struktur tiang mode 1 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_1 = 0.976563 \text{ Hz}$	107
Gambar 4.47	Gambar grafik pola ragam getar struktur tiang mode 2 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_2 = 1.46488 \text{ Hz}$	108

Gambar 4.48	Gambar grafik pola ragam getar struktur tiang mode 3 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_3 = 2.4414 \text{ Hz}$	108
Gambar 4.49	Gambar grafik pola ragam getar struktur tiang mode 4 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_4 = 12.6953 \text{ Hz}$	109
Gambar 4.50	Gambar grafik pola ragam getar struktur tiang mode 5 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_5 = 15.1367 \text{ Hz}$	109
Gambar 4.51	Gambar grafik pola ragam getar struktur tiang mode 6 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_6 = 18.5547 \text{ Hz}$)	110
Gambar 4.52	Gambar grafik pola ragam getar struktur tiang mode 7 berdasarkan nilai imajiner pergerakan arah Y untuk $f_7 = 21.4609 \text{ Hz}$	110
Gambar 4.53	Tampilan 3 dimensi grafik imajiner FFT struktur tiang pergerakan arah Y dari 5 buah sensor membentuk pola ragam getar 1 – 3	111
Gambar 4.54	Tampilan 3 dimensi grafik imajiner FFT struktur tiang pergerakan arah Y dari 5 buah sensor membentuk pola ragam getar 4 – 7	112
Gambar 4.55	Pemodelan model 1 (dengan tahanan lateral <i>spring constant</i>) dalam <i>SAP 2000</i>	114

Gambar 4.56	Pemodelan model 2 (tanpa tahanan lateral <i>spring constant</i>) dalam <i>SAP 2000</i>	115
Gambar 4.57-1	Tiga pola ragam getar pertama dari model 1 dan 2	117
Gambar 4.57-2	Pemodelan <i>pile cap</i> dan tiang	120
Gambar 4.58	Perbandingan mode shape pertama struktur <i>pile cap</i> pengujian dan mode shape ke – 1 <i>pile cap</i> dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>)	124
Gambar 4.59	Perbandingan mode shape ketiga struktur <i>pile cap</i> pengujian dan mode shape ke – 3 <i>pile cap</i> dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>)	124
Gambar 4.60	Perbandingan mode shape ke – 4 struktur <i>pile cap</i> pengujian dan mode shape ke – 4 <i>pile cap</i> dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>)	125
Gambar 4.61	Perbandingan mode shape ke – 5 struktur <i>pile cap</i> pengujian dan mode shape ke – 5 <i>pile cap</i> dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>)	125
Gambar 4.62	Perbandingan mode shape ke – 6 struktur <i>pile cap</i> pengujian dan mode shape ke – 10 <i>pile cap</i> dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>) ...	126
Gambar 4.63	Perbandingan mode shape ke – 7 struktur <i>pile cap</i> pengujian dan mode shape ke – 16 <i>pile cap</i> dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>) ...	126
Gambar 4.64	Perbandingan mode shape ke – 1 struktur tiang pengujian dan mode shape ke – 1 tiang dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>).....	127
Gambar 4.65	Perbandingan mode shape ke – 3 struktur tiang pengujian dan mode shape ke – 3 tiang dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>).....	128
Gambar 4.66	Perbandingan mode shape ke – 4 struktur tiang pengujian dan mode shape ke – 4 tiang dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>).....	128

Gambar 4.67	Perbandingan mode shape ke – 5 struktur tiang pengujian dan mode shape ke – 5 tiang dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>).....	129
Gambar 4.68	Perbandingan mode shape ke – 6 struktur tiang pengujian dan mode shape ke – 10 tiang dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>).....	129
Gambar 4.69	Perbandingan mode shape ke – 7 struktur tiang pengujian dan mode shape ke – 16 tiang dari pemodelan (<i>SAP 2000</i>).....	130
Gambar 4.70	Tampilan 3 dimensi mode shape ke – 1 berdasarkan uji vibrasi yang dibuat dengan skala	131
Gambar 4.71	Tampilan 3 dimensi mode shape ke – 3 berdasarkan uji vibrasi yang dibuat dengan skala	132
Gambar 4.72	Tampilan 3 dimensi mode shape ke – 4 berdasarkan uji vibrasi yang dibuat dengan skala	133
Gambar 4.73	Tampilan 3 dimensi mode shape ke – 5 berdasarkan uji vibrasi yang dibuat dengan skala	134
Gambar 4.74	Tampilan 3 dimensi mode shape ke – 6 berdasarkan uji vibrasi yang dibuat dengan skala	135
Gambar 4.75	Tampilan 3 dimensi mode shape ke – 7 berdasarkan uji vibrasi yang dibuat dengan skala	136

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Summary tahanan lateral tanah per tiap meter kedalaman dari muka tanah	76
Tabel 4.2	Hasil pengujian frekuensi getar struktur pile cap.....	88
Tabel 4.3	Summary nilai imajiner FFT pergerakan struktur <i>pile cap</i> arah Y sensor 1 – 5 untuk f_1 hingga f_7	89
Tabel 4.4	Summary nilai imajiner FFT pergerakan struktur tiang arah Y sensor 1 – 5 untuk f_1 hingga f_7	106
Tabel 4.5	Periode dan modal partisipasi massa pemodelan dengan <i>spring constant</i>	118
Tabel 4.6	Periode dan modal partisipasi massa pemodelan tanpa <i>spring constant</i>	119
Tabel 4.7	Rekapitulasi periode getar struktur hasil pemodelan dan pengujian.....	123

DAFTAR NOTASI

a_0	: Koefisien <i>Fourier</i>
a_j	: Koefisien cosines <i>Fourier</i>
b	: Diameter tiang pancang
b_j	: Koefisien sinus <i>Fourier</i>
c	: Koefisien redaman
c_{cr}	: Koefisien redaman kritis
C, D	: Konstanta acak
E_K	: Energi kinetik
E_S	: Energi regangan
E_D	: Energi redaman
f_D	: Gaya redaman
f_s	: Gaya perlawanan akibat kekakuan struktur
f_n	: Frekuensi getar alami struktur
$H(i\bar{\omega})$: Fungsi respon frekuensi kompleks
i, j	: Integer
k	: Kekakuan struktur
k_h	: Tahanan lateral tanah
m	: Massa struktur, integer
m_e	: Massa berputar eksentris
M	: Integer

n : Integer
 N : Jumlah kenaikan waktu, *integer*
 p : Gaya luar
 p_0 : Amplitudo dari $p(t)$
 P_n : Koefisien amplitude kompleks
 $P(j\omega_0)$: Vektor beban dalam domain frekuensi
 q_0, q_i : Konstanta
 R_a : Faktor respon percepatan
 R_d : Faktor respon deformasi atau perpindahan
 s : Jarak antar tiang
 t : Waktu
 T_D : Waktu getar alami struktur teredam
 T_n : Waktu getar alami struktur tidak teredam
 T_p : Periode getaran periodik
 \ddot{u} : Percepatan
 \dot{u} : Kecepatan
 u : Perpindahan
 u_c : Solusi *complementary*
 u_0 : Puncak atau nilai maksimum dari $u(t)$
 u_p : Solusi partikuler
 $u_{st}(t)$: Deformasi statis akibat $p(t)$
 $(u_{st})_0$: Deformasi statis akibat p_0
 β_j : $j\omega_0/\omega_n$

- β_a : *Side-by-side reduction factor*
- β_b : *Line-by-line reduction factor*
- β_{bL} : *Line-by-line reduction factor for Leading Piles*
- β_{bT} : *Line-by-line reduction factor for Trailing Piles*
- β_s : *Skewed reduction factor*
- γ : Integer
- ω : Frekuensi sumber getaran
- ω_0 : $2\pi/T_0$
- ω_D : Frekuensi getar alami struktur teredam dalam satuan rad/det
- ω_n : Frekuensi getar alami struktur dalam satuan rad/det
- ζ : Rasio redaman

DAFTAR LAMPIRAN

- **GRAFIK DATA VIBRASI , FREE VIBRATION, HASIL FFT, REAL DAN IMAGINER FFT (BACAAN ARAH X, Y, DAN Z) SENSOR 1 – 5 PADA *PILE CAP* DENGAN PUKULAN HAMMER ARAH Y DEKAT SENSOR 1**
- **GRAFIK DATA VIBRASI , FREE VIBRATION, HASIL FFT, REAL DAN IMAGINER FFT (BACAAN ARAH X, Y, DAN Z) SENSOR 1 – 5 PADA TIANG DENGAN PUKULAN HAMMER ARAH Y DEKAT SENSOR 1**
- **FOTO**
- **TABEL MODAL PARTISIPASI MASSA MODEL 1 (DENGAN SPRING CONSTANT)**
- **TABEL MODAL PARTISIPASI MASSA MODEL 2 (TANPA SPRING CONSTANT)**