

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Respons dinamik akibat beban gempa El-Centro untuk perlantai.....	70
Lampiran 2 Respons dinamik akibat beban gempa Flores untuk perlantai.....	80
Lampiran 3 Respons dinamik akibat beban Angin untuk perlantai.....	90
Lampiran 4 Respons dinamik akibat beban gempa El-Centro dan Angin untuk perlantai.....	100
Lampiran 5 Respons dinamik akibat beban gempa Flores dan Angin untuk perlantai.....	110

**ANALISIS RESPONS GEDUNG TINGKAT TINGGI
AKIBAT BEBAN GEMPA DAN ANGIN TERHADAP
RIWAYAT WAKTU**

**Tony Candra
NRP : 0221070**

Pembimbing : Olga Pattipawaej, Ph.D

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG**

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia, kebutuhan akan lahan sebagai tempat tinggal, perkantoran, dan bangunan lainnya semakin meningkat. Tetapi kebutuhan manusia itu mengalami kendala keterbatasan lahan, terutama di kota-kota besar sehingga manusia mencari solusi lain yaitu pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi. Dengan adanya gedung bertingkat tinggi, efektivitas penggunaan lahan semakin meningkat. Tetapi perlu diingat bahwa semakin tinggi bangunan, semakin rawan bangunan tersebut menahan beban luar seperti beban gempa, beban angin juga tsunami bagi bangunan yang dekat dengan daerah pesisir pantai.

Di Indonesia kemungkinan terjadi tsunami relatif cukup besar. Dalam memodelkan tsunami sebagai beban dari alam terhadap struktur diasumsikan sebagai gabungan antara beban angin dan gempa. Dalam tugas akhir ini dua gempa ditinjau dan beban angin diasumsikan bergantung kepada kecepatan angin dan turbulen. Persamaan gerak yang diakibatkan beban dari alam tersebut dimodelkan sebagai persamaan diferensial biasa tingkat dua linear yang direduksi menjadi tingkat satu. Penyelesaian dari persamaan tersebut diselesaikan secara numerik dengan menggunakan MATLAB.

Respons dinamik dari gaya-gaya alam yang terjadi itulah yang difokuskan dalam penyusunan tugas akhir ini. Dan beban yang dianalisis adalah, beban gempa, beban angin, dan gabungan dua beban

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan.....	4
1.3. Ruang Lingkup Pembahasan.....	4
1.4. Sistematika Pembahasan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Parameter Dinamika Struktur.....	7
2.1.1 Derajat Kebebasan (<i>Degree of Freedom</i>).....	8
2.1.2 Pegas dan Peredam.....	10
2.1.3 Kekakuan.....	11
2.1.4 Redaman.....	11
2.1.5 Frekuensi Natural dan Perioda.....	13

2.2	Pengenalan Kegempaan.....	14
2.3	Karakteristik Gempa El-Centro 1940 (N-S) dan Flores 1992.....	17
2.4	Pemodelan Beban Angin.....	19
2.5	Simulasi dengan Menggunakan Spektrum Tertentu.....	20

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Pemodelan Struktur.....	23
3.2	Bangunan Penahan Geser Tingkat Banyak.....	27
3.2.1	Persamaan Kekakuan dari Bangunan Penahan Geser (Stiffness Equations For The Shear Building).....	27
3.3	Gabungan dari Persamaan gempa dan angin.....	36
3.3.1	Persamaan gempa, angin dan gabungan.....	36
3.3.2	Bentuk Umum.....	37
3.4	Diagram Alir Perhitungan Gempa, Angin dan Gabungan.....	39

BAB 4 PENGOLAHAN DATA ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Pendahuluan.....	42
4.1.1	Perhitungan Ekvivalen Beban.....	43
4.1.2	Perhitungan Berat Lantai.....	45
4.1.3	Perhitungan Kekakuan.....	49
4.2	Matriks Massa dan Kekakuan.....	51
4.2.1	Matriks Massa.....	51
4.2.2	Matriks Kekakuan.....	53
4.3	Hasil dari Analisis MATLAB.....	54
4.3.1	Respons dinamik akibat beban gempa El-Centro.....	55
4.3.2	Respons dinamik akibat beban gempa Flores.....	57

4.3.3	Respons dinamik akibat beban Angin.....	59
4.3.4	Respons dinamik akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	61
4.3.5	Respons dinamik akibat beban gempa Flores dan Angin.....	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....		68
LAMPIRAN.....		69

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas daerah struktur yang diproyeksikan
a_j	= Amplitudo yang bergantung pada frekuensi
b	= Lebar dari dimensi balok
C	= Matriks redaman/damping
c_{cr}	= Redaman kritis
c_d	= Koefisien gaya geser
DL	= Beban mati yang ada pada lantai dan beban struktur sendiri
E_c	= Modulus elastis beton, MPa
$[F]$	= Matriks gaya luar
f	= Frekuensi
f_m	= Frekuensi yang sesuai dengan skala amplitudo
$F(z, t)$	= Gaya luar yang bekerja pada struktur
g	= Percepatan gravitasi, m/det^2
h	= Tinggi dimensi balok, m
I	= Momen inersia penampang, m^4
$I_{n \times n}$	= Matriks identitas
K	= Kekakuan suatu struktur
$[K]$	= Matriks kekakuan suatu struktur
$k \approx 0,4$	= Konstanta Von Karman
L	= Tinggi tingkat tiap lantai, m
l	= Jarak antar kolom (dari sumbu ke sumbu)

LL	= Beban hidup yang ada didalam struktur
$[M]$	= Matriks massa suatu struktur
m	= Massa suatu struktur, kg.det ² /meter
n	= Jumlah kolom tiap lantai
$O_{n \times n}$	= Matriks nol
R_m	= Skala amplitudo yang dihubungkan sesuai distribusi Rayleigh
$S(f)$	= Fungsi yang bergantung kepada spektrum
t	= Waktu
U	= Penjumlahan dari gelombang amplitude dengan kosinus yang sesuai dengan fungsi berat jenis spektrum yang dibutuhkan.
U_m	= Angka acak yang dipilih dari distribusi seragam yang sama dengan interval [1,0]
$u(z)$	= Kecepatan angin konstan
u_0	= Kecepatan aliran bebas
u_*	= Koefisien yang bergantung kepada kecepatan angin dan konstanta Von Karman
$\ddot{U}g$	= Percepatan gempa
W	= Berat total pada setiap lantai
X	= Matriks perpindahan respon struktur
$x(t)$	= Perpindahan yang hanya bergantung kepada waktu
\dot{X}	= Matriks kecepatan respon suatu struktur
$\dot{x}(z,t)$	= Kecepatan struktur yang bergantung kepada waktu dan tempat
\ddot{X}	= Matriks percepatan respon suatu struktur

y	= Vektor perpindahan
$y(t)$	= Vektor perpindahan yang bergantung kepada waktu
$\dot{y}(t)$	= Vektor kecepatan yang bergantung pada waktu
\ddot{y}	= Vektor percepatan
z	= Ketinggian, (m)
z_{ref}	= Model acuan ketinggian angin, (m)
z_0	= Perkiraan panjang , diasumsikan 0,08
α	= Koefisien tetap dalam redaman Rayleigh
β	= Koefisien tetap dalam redaman Rayleigh
$\Delta u(t)$	= Kecepatan turbulensi angin yang bergantung pada waktu
Δf	= Interval frekuensi konstan yang berhubungan dengan pembagian jarak frekuensi yang ditutup oleh penyajina struktur
$\Delta \omega$	= Interval frekuensi natural
Δu	= Kecepatan turbulensi angin
ρ	= Berat jenis udara
Φ_m	= Bentuk sudut acak yang bergantung kepada distribusi Rayleigh
Φ_j	= Bentuk sudut acak bebas yang secara keseluruhandidistribusikan antara 0 dan 2μ
Φ	= Fase sudut, yang dipilih secara bebas dari unit pembagian yang sama dalam $[0, 2\mu]$.
σ_j	= Parameter yang bergantung kepada frekuensi pembangkit kecepatan turbulensi angin

ξ	= Koefisien presentase redaman
γ_{beton}	= Mutu beton
ω_n	= Frekuensi natural, radian/det
ω_j	= Frekuensi loncatan atas

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Masa dalam 3 sumbu utama.....8
Gambar 2.2	Drajat kebebasan massa.....8
Gambar 2.3	Derajat kebebasan sistem.....9
Gambar 2.4	Sistem gaya pegas.....10
Gambar 2.5	Peta tektonik kepulauan Indonesia, tampak zona <i>subduksi</i> dan sesar aktif.....16
Gambar 2.6	Daerah gempa di Indonesia, tahun 1990 – 2000.....16
Gambar 2.7	Akselerogram gempa El-Centro 1940 N-S.....17
Gambar 2.8	Akselerogram gempa Flores 1992.....18
Gambar 2.9	Spektrum gaya yang diusulkan oleh Harris.....21
Gambar 2.10	Simulasi kecepatan turbulen dengan menggunakan spektrum yang telah ditentukan.....22
Gambar 3.1	Model struktur.....24
Gambar 3.2	Model bentang tunggal yang menyatakan sebuah bangunan penahan geser.....29
Gambar 3.3	Model kolom tunggal yang menyatakan sebuah bangunan penahan geser.....29
Gambar 3.4	Model sejumlah massa berpegas yang menyatakan satu bangunan penahan geser.....32
Gambar 3.5	Diagram alir perhitungan Gempa.....39
Gambar 3.6	Diagram alir perhitungan Angin.....40

Gambar 3.7	Diagram alir perhitungan gabungan antara Gempa dan Angin.....	41
Gambar 4.1	Pola pembebanan ekivalen.....	44
Gambar 4.2	Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa El-Centro.....	56
Gambar 4.3	Perpindahan semua lantai akibat beban gempa El-Centro.....	56
Gambar 4.4	Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa Flores.....	58
Gambar 4.5	Perpindahan semua lantai akibat beban gempa Flores.....	58
Gambar 4.6	Perpindahan di lantai 20 akibat beban Angin.....	60
Gambar 4.7	Perpindahan semua lantai akibat beban Angin.....	60
Gambar 4.8	Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	62
Gambar 4.9	Perpindahan semua lantai akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	62
Gambar 4.10	Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa Flores dan Angin...	64
Gambar 4.11	Perpindahan semua lantai akibat beban gempa Flores dan Angin.....	64
Gambar 4.12	Perpindahan di lantai 1 akibat beban gempa El-Centro.....	70
Gambar 4.13	Perpindahan di lantai 2 akibat beban gempa El-Centro.....	70
Gambar 4.14	Perpindahan di lantai 3 akibat beban gempa El-Centro.....	71
Gambar 4.15	Perpindahan di lantai 4 akibat beban gempa El-Centro.....	71
Gambar 4.16	Perpindahan di lantai 5 akibat beban gempa El-Centro.....	72
Gambar 4.17	Perpindahan di lantai 6 akibat beban gempa El-Centro.....	72
Gambar 4.18	Perpindahan di lantai 7 akibat beban gempa El-Centro.....	73
Gambar 4.19	Perpindahan di lantai 8 akibat beban gempa El-Centro.....	73
Gambar 4.20	Perpindahan di lantai 9 akibat beban gempa El-Centro.....	74

Gambar 4.21	Perpindahan di lantai 10 akibat beban gempa El-Centro.....	74
Gambar 4.22	Perpindahan di lantai 11 akibat beban gempa El-Centro.....	75
Gambar 4.23	Perpindahan di lantai 12 akibat beban gempa El-Centro.....	75
Gambar 4.24	Perpindahan di lantai 13 akibat beban gempa El-Centro.....	76
Gambar 4.25	Perpindahan di lantai 14 akibat beban gempa El-Centro.....	76
Gambar 4.26	Perpindahan di lantai 15 akibat beban gempa El-Centro.....	77
Gambar 4.27	Perpindahan di lantai 16 akibat beban gempa El-Centro.....	77
Gambar 4.28	Perpindahan di lantai 17 akibat beban gempa El-Centro.....	78
Gambar 4.29	Perpindahan di lantai 18 akibat beban gempa El-Centro.....	78
Gambar 4.30	Perpindahan di lantai 19 akibat beban gempa El-Centro.....	79
Gambar 4.31	Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa El-Centro.....	79
Gambar 4.32	Perpindahan di lantai 1 akibat beban gempa Flores.....	80
Gambar 4.33	Perpindahan di lantai 2 akibat beban gempa Flores.....	80
Gambar 4.34	Perpindahan di lantai 3 akibat beban gempa Flores.....	81
Gambar 4.35	Perpindahan di lantai 4 akibat beban gempa Flores.....	81
Gambar 4.36	Perpindahan di lantai 5 akibat beban gempa Flores.....	82
Gambar 4.37	Perpindahan di lantai 6 akibat beban gempa Flores.....	82
Gambar 4.38	Perpindahan di lantai 7 akibat beban gempa Flores.....	83
Gambar 4.39	Perpindahan di lantai 8 akibat beban gempa Flores.....	83
Gambar 4.40	Perpindahan di lantai 9 akibat beban gempa Flores.....	84
Gambar 4.41	Perpindahan di lantai 10 akibat beban gempa Flores.....	84
Gambar 4.42	Perpindahan di lantai 11 akibat beban gempa Flores.....	85
Gambar 4.43	Perpindahan di lantai 12 akibat beban gempa Flores.....	85
Gambar 4.44	Perpindahan di lantai 13 akibat beban gempa Flores.....	86

Gambar 4.45	Perpindahan di lantai 14 akibat beban gempa Flores.....	86
Gambar 4.46	Perpindahan di lantai 15 akibat beban gempa Flores.....	87
Gambar 4.47	Perpindahan di lantai 16 akibat beban gempa Flores.....	87
Gambar 4.48	Perpindahan di lantai 17 akibat beban gempa Flores.....	88
Gambar 4.49	Perpindahan di lantai 18 akibat beban gempa Flores.....	88
Gambar 4.50	Perpindahan di lantai 19 akibat beban gempa Flores.....	89
Gambar 4.51	Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa Flores.....	89
Gambar 4.52	Perpindahan di lantai 1 akibat beban Angin.....	90
Gambar 4.53	Perpindahan di lantai 2 akibat beban Angin.....	90
Gambar 4.54	Perpindahan di lantai 3 akibat beban Angin.....	91
Gambar 4.55	Perpindahan di lantai 4 akibat beban Angin.....	91
Gambar 4.56	Perpindahan di lantai 5 akibat beban Angin.....	92
Gambar 4.57	Perpindahan di lantai 6 akibat beban Angin.....	92
Gambar 4.58	Perpindahan di lantai 7 akibat beban Angin.....	93
Gambar 4.59	Perpindahan di lantai 8 akibat beban Angin.....	93
Gambar 4.60	Perpindahan di lantai 9 akibat beban Angin.....	94
Gambar 4.61	Perpindahan di lantai 10 akibat beban Angin.....	94
Gambar 4.62	Perpindahan di lantai 11 akibat beban Angin.....	95
Gambar 4.63	Perpindahan di lantai 12 akibat beban Angin.....	95
Gambar 4.64	Perpindahan di lantai 13 akibat beban Angin.....	96
Gambar 4.65	Perpindahan di lantai 14 akibat beban Angin.....	96
Gambar 4.66	Perpindahan di lantai 15 akibat beban Angin.....	97
Gambar 4.67	Perpindahan di lantai 16 akibat beban Angin.....	97
Gambar 4.68	Perpindahan di lantai 17 akibat beban Angin.....	98

Gambar 4.69	Perpindahan di lantai 18 akibat beban Angin.....	98
Gambar 4.70	Perpindahan di lantai 19 akibat beban Angin.....	99
Gambar 4.71	Perpindahan di lantai 20 akibat beban Angin.....	99
Gambar 4.72	Perpindahan di lantai 1 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	100
Gambar 4.73	Perpindahan di lantai 2 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	100
Gambar 4.74	Perpindahan di lantai 3 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	101
Gambar 4.75	Perpindahan di lantai 4 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	101
Gambar 4.76	Perpindahan di lantai 5 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	102
Gambar 4.77	Perpindahan di lantai 6 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	102
Gambar 4.78	Perpindahan di lantai 7 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	103
Gambar 4.79	Perpindahan di lantai 8 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	103
Gambar 4.80	Perpindahan di lantai 9 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	104
Gambar 4.81	Perpindahan di lantai 10 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	104

Gambar 4.82	Perpindahan di lantai 11 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	105
Gambar 4.83	Perpindahan di lantai 12 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	105
Gambar 4.84	Perpindahan di lantai 13 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	106
Gambar 4.85	Perpindahan di lantai 14 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	106
Gambar 4.86	Perpindahan di lantai 15 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	107
Gambar 4.87	Perpindahan di lantai 16 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	107
Gambar 4.88	Perpindahan di lantai 17 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	108
Gambar 4.89	Perpindahan di lantai 18 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	108
Gambar 4.90	Perpindahan di lantai 19 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	109
Gambar 4.91	Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa El-Centro dan Angin.....	109
Gambar 4.92	Perpindahan di lantai 1 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	110
Gambar 4.93	Perpindahan di lantai 2 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	110

Gambar 4.94	Perpindahan di lantai 3 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	111
Gambar 4.95	Perpindahan di lantai 4 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	111
Gambar 4.96	Perpindahan di lantai 5 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	112
Gambar 4.97	Perpindahan di lantai 6 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	112
Gambar 4.98	Perpindahan di lantai 7 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	113
Gambar 4.99	Perpindahan di lantai 8 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	113
Gambar 4.100	Perpindahan di lantai 9 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	114
Gambar 4.101	Perpindahan di lantai 10 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	114
Gambar 4.102	Perpindahan di lantai 11 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	115
Gambar 4.103	Perpindahan di lantai 12 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	115
Gambar 4.104	Perpindahan di lantai 13 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	116
Gambar 4.105	Perpindahan di lantai 14 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	116

Gambar 4.106 Perpindahan di lantai 15 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	117
Gambar 4.107 Perpindahan di lantai 16 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	117
Gambar 4.108 Perpindahan di lantai 17 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	118
Gambar 4.109 Perpindahan di lantai 18 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	118
Gambar 4.110 Perpindahan di lantai 19 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	119
Gambar 4.111 Perpindahan di lantai 20 akibat beban gempa Flores dan Angin.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Perhitungan berat dan massa perlintai.....	48
Tabel 4.2	Perhitungan kekakuan perlintai.....	50
Tabel 4.3	Respons dinamik akibat beban gempa El-Centro.....	55
Tabel 4.4	Respons dinamik akibat beban gempa Flores.....	57
Tabel 4.5	Respons dinamik akibat beban Angin.....	59
Tabel 4.6	Respons dinamik akibat beban gempa El-centro dan Angin.....	61
Tabel 4.7	Respons dinamik akibat beban gempa Flores dan Angin.....	63