

KAJIAN EVALUASI KINERJA BANGUNAN TERHADAP SIAGA BENCANA GEMPA

Rofika Sinaga
NRP: 1121026

Pembimbing: Cindrawaty Lesmana, Ph.D.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah rawan gempa karena letak geografisnya yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar di dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Kesiapsiagaan bangunan akan bahaya gempa sangat direkomendasikan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh kejadian gempabumi yang tidak dapat diprediksi.

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah mengevaluasi kinerja bangunan *existing* dengan analisis beban dorong (*pushover analysis*) dan mengevaluasi kesiapsiagaan bangunan pada salah satu Gedung Pendidikan di Bandung terhadap bencana gempa. Penilaian kesiapsiagaan bangunan dilakukan dengan cara observasi, wawancara, dan kuesioner untuk meninjau variabel pengetahuan, tindakan, dan variabel kesiapsiagaan.

Penelitian tugas akhir ini menghasilkan target perpindahan untuk Gedung Pendidikan sebesar 0,170 m (arah x) dan 0,166 m (arah y). Kapasitas gaya geser maksimum yang dihasilkan lebih besar dibandingkan gaya geser dasar statik berdasarkan SNI 1726:2012. Adapun kesiapsiagaan bangunan terhadap bencana gempa masih perlu ditingkatkan.

Kata kunci: kinerja bangunan, analisis beban dorong, kesiap-siagaan, gempa.

PERFORMANCE BASED SEISMIC EVALUATION TOWARD EARTHQUAKE PREPAREDNESS

**Rofika Sinaga
NRP: 1121026**

Supervisor: Cindrawaty Lesmana, Ph.D.

ABSTRACT

Being located on three active tectonic plates, Indo-Australian Plate, the Eurasian Plate and the Pacific Plate, Indonesia is a country that prone to Earthquakes. Therefore, Earthquake Preparedness is highly recommended strategy to better understand the risk and reduce the impact of an unpredictable earthquake.

The purposes of this research were to evaluate the seismic performance of the existing building using pushover analysis and to assess the Earthquake Preparedness of Education Building in Bandung. The Earthquake Preparedness was evaluated through observation, questionnaires and interviews to assess three major variables: knowledge, action plans, and preparedness.

The results stated that targeted displacement for the building was 0,170 m (x-direction) and 0,166 m (y-direction). The result of maximum base shear reaction was greater than the static base shear from SNI 1726:2012. The Earthquake preparedness is required many improvements.

Keywords: Performance-based evaluation, pushover analysis, preparedness, earthquake.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN.....	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR BAGAN.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	5
2.1 Bencana	5
2.2 Gempabumi	5
2.3 Manajemen Bencana	10
2.3.1 Mitigasi (<i>Prevention</i>).....	12
2.3.2 Kesiapsiagaan (<i>Preparedness</i>)	13
2.3.3 Tanggap Darurat (<i>Response</i>)	16
2.3.4 Pasca Darurat (<i>Rehabilitation/ Reconstrution</i>)	17
2.4 Jalur Rambu Evakuasi.....	18
2.5 Struktur Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa.....	22
2.5.1 Komponen Struktur	22
2.5.2 Struktur Bangunan Tahan Gempa	24
2.6 Pembebanan	24
2.6.1 Beban Mati	25
2.6.2 Beban Hidup	25
2.6.3 Beban Gempa	26
2.7 Analisa Beban Dorong (<i>Pushover Analysis</i>).....	26
2.7.1 Metode <i>Capacity Sectrum</i> (ATC-40)	28
2.7.2 Metode Koefisien Perpindahan (<i>Displacement Coefficient</i>)	31
2.7.3 Properti Sendi	33
BAB III STUDI KASUS.....	34
3.1 Pengantar Studi Kasus.....	34
3.2 Tahap Pengerjaan Tugas Akhir	34
3.3 Data Siaga Bencana Gempa	36

3.3.1	Observasi Lapangan	36
3.3.2	Kuesioner Siaga Bencana Gempa	36
3.3.3	Wawancara	39
3.4	Data Struktur	40
3.4.1	Data Material	40
3.4.2	Komponen Struktur	41
3.4.3	Verifikasi Komponen Struktur	51
3.5	Pembebanan	52
3.5.1	Beban Mati (SDL)	52
3.5.2	Beban Hidup (LL)	53
3.5.3	Pembebanan Atap	53
3.5.4	Beban Tangga	59
3.5.5	Beban Gempa	61
3.6	Pemodelan Gedung	62
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		82
4.1	Analisis Pushover	82
4.1.1	Kurva Kapasitas	82
4.1.2	Target Perpindahan	86
4.1.3	Tingkat Kerusakan Struktur	97
4.2	Observasi Lapangan	99
4.2.1	Observasi Fungsi Ruang	99
4.2.2	Analisis Jalur Rambu Evakuasi	102
4.3	Analisis Wawancara	108
4.3.1	Analisis Variabel Pengetahuan	108
4.3.2	Analisis Variabel Tindakan	110
4.3.3	Analisis Variabel Kesiapsiagaan Bangunan	111
4.4	Analisis Kuesioner	112
4.4.1	Analisis Variabel Pengetahuan	113
4.4.2	Analisis Variabel Tindakan	119
4.4.3	Analisis Variabel Kesiapsiagaan Bangunan	123
4.5	Rekomendasi Siaga Bencana Gempa untuk Bidang Pendidikan	128
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		131
5.1	Simpulan	131
5.2	Saran	132
DAFTAR PUSTAKA		133
LAMPIRAN		137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lempeng Indonesia dan Sekitarnya	6
Gambar 2.2 Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Gempa	7
Gambar 2.3 Siklus Penanggulangan Bencana.....	12
Gambar 2.4 Contoh Denah alur Evakuasi Disertai Arah Evakuasi	20
Gambar 2.5 Kuva Kapasitas.....	27
Gambar 2.6 Gaya – Deformasi untuk <i>Pushover Hinge</i>	28
Gambar 2.7 Ilustrasi Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (FEMA-273)	29
Gambar 2.8 Metode <i>Displacement Coefficient</i> (FEMA 356)	32
Gambar 2.9 Identifikasi Kurva <i>Force-Displacement</i>	33
Gambar 2.10 Properti Sendi <i>Default-M3</i> dan <i>Default-PMM</i>	34
Gambar 3.1 Denah Lantai 2 dan Lantai 4	42
Gambar 3.2 Denah Lantai 3	43
Gambar 3.3 Atap Bangunan.....	53
Gambar 3.4 Beban Mati	57
Gambar 3.5 Beban Pekerja.....	57
Gambar 3.6 Beban Hujan.....	58
Gambar 3.7 Beban Angin.....	58
Gambar 3.8 Pemodelan Tangga pada SAP 2000	60
Gambar 3.9 Lokasi Kota yang Ditentukan.....	61
Gambar 3.10 Gambar Nilai S_{DS} dan S_{D1}	62
Gambar 3.11 Grafik Respons Spektra.....	62
Gambar 3.12 Tampilan Satuan yang Digunakan	62
Gambar 3.13 Tampilan <i>Plan Grid</i> dan <i>Story Data</i>	63
Gambar 3.14 Tampilan Input Plan Grid dan Story Data.....	63
Gambar 3.15 Tampilan Memilih <i>Define > Material</i>	64
Gambar 3.16 Input Data Material	64
Gambar 3.17 Langkah Mendefinisikan Penampang	65
Gambar 3.18 Data Kolom	65
Gambar 3.19 Data Balok.....	66
Gambar 3.20 Tampilan Mendefinisikan Pelat	66
Gambar 3.21 Tampilan Mendefinisikan <i>Load Case</i>	67
Gambar 3.22 Tampilan Menentukan Sumber Massa	67
Gambar 3.23 Tampilan <i>Draw Line</i> dan Input <i>Properties</i> Kolom	68
Gambar 3.24 Kolom pada <i>Joint</i> yang dipilih	68
Gambar 3.25 Kolom Tampak 3D.....	68
Gambar 3.26 Tampilan <i>Drawline</i> dan Input <i>Properties</i> Balok.....	69
Gambar 3.27 Balok pada <i>Joint</i> ke <i>Joint</i> yang dipilih.....	69
Gambar 3.28 Balok Tampak 3D	69
Gambar 3.29 Tampilan <i>Draw Area</i> dan Input <i>Properties</i> Pelat.....	70
Gambar 3.30 Pelat pada <i>Joint</i> terluar yang dipilih.....	70
Gambar 3.31 Pelat Tampak 3D.....	70
Gambar 3.32 Tampilan Menentukan Perletakkan.....	71
Gambar 3.33 Input Beban Mati pada Pelat Lantai	71
Gambar 3.34 Tampilan Beban Mati pada Pelat Lantai	72

Gambar 3.35 Tampilan Beban Hidup Sesuai Fungsi Ruang Bangunan	72
Gambar 3.36 Tahap Beban pada Balok.....	72
Gambar 3.37 Beban Mati pada Balok untuk Dinding Lantai 2 dan Lantai 3.....	73
Gambar 3.38 Beban Mati Balok untuk Seluruh Dinding Dibawah Balkon	73
Gambar 3.39 Beban Dinding pada Balok Tampak 3D	73
Gambar 3.40 Input <i>Load Case</i> Gempa Statik QX dan QY	74
Gambar 3.41 Beban Lateral Arah X	74
Gambar 3.42 Beban Lateral Arah Y	75
Gambar 3.43 <i>Run Analysis</i>	75
Gambar 3.44 <i>Define Hinge Properties</i>	75
Gambar 3.45 Membuat Sendi Plastis pada Kolom	76
Gambar 3.46 Sendi Plastis Kolom Dipilih P-M2-M3.....	76
Gambar 3.47 Membuat Sendi Plastis pada Balok.....	76
Gambar 3.48 Sendi Plastis Balok, Dipilih <i>Shear V2 dan Moment M3</i>	77
Gambar 3.40 Dipilih <i>Frame Nonlinear Hinges</i> pada Kolom dan Balok	77
Gambar 3.50 <i>Assign Frame Hinges</i> pada Kolom.....	78
Gambar 3.51 <i>Assign Frame Hinges</i> pada Balok	78
Gambar 3.52 Input Sendi Plastis pada Kolom dan Balok.....	78
Gambar 3.53 Input <i>Static Nonlinear Case</i>	79
Gambar 3.54 Input <i>Pushover</i> untuk Studi Kasus 1	79
Gambar 3.55 Input <i>Pushover</i> untuk Studi Kasus 2	80
Gambar 3.56 Input <i>Pushover</i> untuk Studi Kasus 3	80
Gambar 3.57 <i>Run Analysis Pushover</i>	81
Gambar 4.1 Kurva Kapasitas PUSH 2	82
Gambar 4.2 Analisis Tingkat Kerusakan pada PUSH 2	84
Gambar 4.3 Kurva Kapasitas PUSH 3	84
Gambar 4.4 Analisis Tingkat Kerusakan Struktur PUSH 3	85
Gambar 4.5 Kurva <i>Pushover</i> menentukan nilai gaya geser dasar V_y PUSH 2.....	87
Gambar 4.6 Interpolasi PUSH 2.....	89
Gambar 4.7 Nilai T_i/T_{eff}	89
Gambar 4.8 Kurva <i>pushover</i> menentukan nilai K_e dan K_i PUSH 2	89
Gambar 4.9 Grafik Respons Spektra menentukan nilai T_S	90
Gambar 4.10 Grafik Respons Spektra menentukan nilai S_a	91
Gambar 4.11 Kurva <i>pushover</i> menentukan nilai K_e dan K_i PUSH 3	92
Gambar 4.12 Kurva <i>Pushover</i> menentukan nilai gaya geser dasar V_y PUSH 3 ...	93
Gambar 4.13 Titik Merah pertama PUSH 2.....	97
Gambar 4.14 Titik Merah pertama PUSH 3.....	98
Gambar 4.15 Gaya – Deformasi untuk <i>Pushover Hinge</i>	98
Gambar 4.16 Denah Fungsi Gedung Pendidikan Lantai 2	100
Gambar 4.17 Denah Fungsi Gedung Pendidikan Lantai 3	100
Gambar 4.18 Denah Fungsi Gedung Pendidikan Lantai 3	101
Gambar 4.19 Denah Fungsi Gedung Pendidikan Lantai 4	101
Gambar 4.20 Gambar Fungsi Papan Pengumuman	102
Gambar 4.21 Denah Jalur Evakuasi pada Papan Pengumuman salah satu Gedung Pendidikan di Bandung	102
Gambar 4.22 Denah Letak rambu evakuasi pada Lantai 4	106
Gambar 4.23 Jalur Evakuasi Keluar Gedung Teknik Lantai 4	106
Gambar 4.24 Grafik Hasil Analisis Deskriptif Persentase Variabel	

Pengetahuan	115
Gambar 4.25 Grafik Hasil Analisis Deskriptif Persentase Variabel Tindakan...	120
Gambar 4.26 Grafik Hasil Analisis Deskriptif Persentase Variabel Kesiapsiagaan.....	124
Gambar 4.27 Rekomendasi Denah Jalur Evakuasi Gedung Pendidikan Lantai 1	129
Gambar 4.28 Rekomendasi Denah Jalur Evakuasi Gedung Pendidikan Lantai 2	130
Gambar 4.29 Rekomendasi Denah Jalur Evakuasi Gedung Pendidikan Lantai 3	130
Gambar 4.30 Rekomendasi Denah Jalur Evakuasi Gedung Pendidikan Lantai 4	130



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Kejadian Gempa Tahun 2000-2014.....	7
Tabel 2.2 Gambar Rambu Evakuasi.....	21
Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum.....	25
Tabel 2.4 Nilai untuk Faktor Modifikasi C_0^1	21
Tabel 2.5 Nilai untuk Faktor Modifikasi C_2	21
Tabel 2.6 Nilai untuk Faktor Massa Efektif C_m^1	21
Tabel 3.1 Referensi Kuesioner.....	38
Tabel 3.2 Komponen Struktur Kolom.....	44
Tabel 3.3 Komponen Struktur Balok	46
Tabel 3.4 <i>Existing</i> Komponen Struktur.....	51
Tabel 3.5 Pembebanan untuk Beban Hidup	53
Tabel 3.6 Data Atap Bangunan	54
Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Beban Atap Input SAP 2000	56
Tabel 3.8 Reaksi Perletakkan Atap	56
Tabel 3.9 Reaksi Perletakkan Tangga.....	60
Tabel 4.1 Nilai untuk Faktor Modifikasi C_0^1	87
Tabel 4.2 Nilai V_y dan T_i/T_{eff} Interpolasi.....	88
Tabel 4.3 Nilai untuk Faktor Modifikasi C_2	91
Tabel 4.4 Nilai koefisien target perpindahan PUSH 3.....	92
Tabel 4.5 Massa Struktur	94
Tabel 4.6 Periode ETABS v.9.5.0.....	95
Tabel 4.7 Fungsi Bangunan Gedung Teknik.....	99
Tabel 4.8 Perbandingan Jalur Rambu Evakuasi yang Tepat dan Lapangan	104
Tabel 4.9 Perbandingan Rambu Alat Pemadam Api yang Tepat dan Lapangan 3.....	109
Tabel 4.10 List Pertanyaan Wawancara dan Jawaban.....	112
Tabel 4.11 Lama Responden Menggunakan Gedung Teknik.....	113

DAFTAR BAGAN

Bagan 3.1 Diagram Alir Studi Kasus.....	35
---	----



DAFTAR NOTASI

P_n	Beban aksial
P_{nb}	Beban aksial pada kondisi <i>balance</i>
V	Gaya geser dasar
IO	<i>Immediate Occupancy</i>
LS	<i>Life Safety</i>
CP	<i>Collapse Pervention</i>
T_e	Waktu getar efektif
δ_t	Target peralihan/Target Perpindahan
C_0	Faktor modifikasi untuk mengkonversi <i>spectral displacement</i> struktur SDOF ekuivalen menjadi <i>roof displacement</i> struktur sistem MDOF
C_1	Faktor modifikasi untuk menghubungkan peralihan inelastik maksimum dengan peralihan respons elastik linier
C_2	Faktor modifikasi untuk memperlihatkan <i>pinched hysteresis shape</i> , degradasi kekakuan dan penurunan kekuatan pada respon peralihan maksimum
C_3	Faktor modifikasi untuk memperlihatkan kenaikan peralihan akibat efek p-delta.
R	<i>Strength ratio</i>
S_a	Akselerasi spektrum respons pada waktu getar alami fundamental efektif dan rasio redaman pada arah yang ditinjau
V_y	Gaya geser dasar pada saat leleh
W	Berat efektif seismic
C_m	Faktor massa efektif
α	Rasio kekakuan pasca leleh dengan kekakuan elastik efektif
T_s	Waktu getar karakteristik respons spectrum
G	Percepatan gravitasi 9,81 m/det ²

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Gambar Denah Struktur Lantai 2 dan 4	137
Lampiran L.2 Gambar Denah Struktur Lantai 3	138
Lampiran L.3 Denah Struktur Balok dan Kolom	139
Lampiran L.4 Tabel Detail Tulangan K1	140
Lampiran L.5 Tabel Detail Tulangan K2	141
Lampiran L.6 Tabel Detail Tulangan K3	142
Lampiran L.7 Tabel Detail Tulangan K3°	143
Lampiran L.8 Tabel Detail Penulangan Balok 1	144
Lampiran L.9 Tabel Detail Penulangan Balok 2	145
Lampiran L.10 Tabel Detail Penulangan Balok 3	146
Lampiran L.11 Tabel Detail Penulangan Balok 4°	147
Lampiran L.12 Tabel Detail Penulangan Balok 4	147
Lampiran L.13 Tabel Detail Penulangan Balok 5	148
Lampiran L.14 Tabel Detail Penulangan Balok 6	148
Lampiran L.15 Tabel Detail Penulangan Balok 7°	149
Lampiran L.16 Tabel Detail Penulangan Balok 7	149
Lampiran L.17 Tabel Detail Penulangan Balok 8°	150
Lampiran L.18 Tabel Detail Penulangan Balok 8	150
Lampiran L.19 Tabel Detail Penulangan Balok 9	151
Lampiran L.20 Tabel Detail Penulangan Balok 10	152
Lampiran L.21 Tabel Detail Penulangan Atap	153
Lampiran L.22 Tabel Detail Penulangan Tangga	155
Lampiran L.23 Lembar Kuesioner	157
Lampiran L.24 Perbandingan Rambu Alat Pemadam Api	163
Lampiran L.25 Gambar Denah Letak Alat Pemadam Api pada Lantai 1	165
Lampiran L.26 Gambar Denah Letak Alat Pemadam Api pada Lantai 2	165
Lampiran L.27 Gambar Denah Letak Alat Pemadam Api pada Lantai 3	166
Lampiran L.28 Gambar Denah Letak Alat Pemadam Api pada Lantai 4	166