

TUGAS AKHIR

**EVALUASI LEVEL KINERJA GEDUNG AR FACHRUDDIN
DENGAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS***

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

Davicha Firly Pradana

20140110124

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2018

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Davicha Firly Pradana

NIM : 20140110124

Judul : Evaluasi Level Kinerja Gedung AR Fachruddin UMY
dengan Metode *Pushover Analysis*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 28 Agustus 2018

Yang membuat pernyataan

A green 6000 Rupiah stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila logo, the text "METERAI TEMPEL", the serial number "9D94AAFF237060776", and the value "6000 ENAM RIBU RUPIAH".

Davicha Firly Pradana

HALAMAN PERSEMBAHAN

Teruntuk kedua orang tua yang saya cintai dan sayangi

Terima kasih teruntuk mamaku Siswanti Chamidah yang selalu direpotkan oleh anakmu yang bandel ini, selalu siap memberikan kasih sayang, perhatian, selalu siap memberi dukungan moril maupun moral, takkan cukup dengan ungkapan kata-kata untuk mengungkapkan rasa terimakasih terhadap mama “ I Love You My Mom” dan terima kasih untuk papaku Didik Wijayadi yang mana telah membuat saya menjadi orang yang bekerja keras dan disiplin. Untuk Adikku Dericha Firlana Rahmadha dan Devicha Firlia Rahmandhani juga yang selalu mendoa’akan kakaknya

Bapak Ibnu Syamsi & Bapak Taufiq Ilham Maulana

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ibnu Syamsi & Bapak Taufiq Ilham Maulana selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing dan mengarahkan saya selama pengerjaan Tugas Akhir saya.

Buat temen-temen

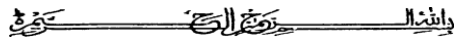
Terima kasih untuk teman-teman kelas C Teknik Sipil 2014 yang tidak bisa disebutkan satu-satu yang telah 4 tahun menjadi teman dan musuh selama perkuliahan.

Terima kasih kepada Nikhmatusholihah, Fattanda Magalin, yang sudah menjadi kakak, adek, temen, sahabat yang selalu menjadi partner makan, jalan-jalan, nugas, dan selalu memeberi semangat dan motivasi.

Terima kasih kepada teman-teman semasa sekolah.

Terima kasih kepada orang-orang yang selalu bertanya kapan seminar kapan pendadaran yang saya jadikan acuan atau motivasi untuk selalu mengerjakan Tugas Akhir ini

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kenaikan nilai perpindahan (*joint displacement*) dan nilai *interstory drift* dari setiap lantai di Gedung AR Fachruddin.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak yakni kepada:

1. Bapak Prof. Agus Setyo Muntohar, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
2. Bapak M. Ibnu Syamsi, S.T., M.Eng. & Bapak Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng.
3. Kedua Orang Tua dan adik yang selalu memberikan arahan selama belajar dan semua pihak yang telah membantu saya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Wallahu a'lam bi Showab.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR ISTILAH	xvii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Lingkup Penelitian.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.1.1. Pembahasan Tentang Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Dasar Teori	14
2.2.1. Beban Gravitasi	14
2.2.2. Peta Gempa Indonesia 2017	23
2.2.3. Analisis Gempa menurut SNI 1726:2012.....	27
2.2.4. Penentuan periode.....	30
2.2.5. Periode fundamental pendekatan.....	31
2.2.6. Penentuan simpangan antar lantai	32
2.2.7. Analisis Statik Ekuivalen.....	32
2.2.8. Wilayah Gempa dan Respons Spektrum	33
2.2.9. Evaluasi Batas Kinerja Struktur	36
2.2.10. Kinerja Struktur Metode ATC-40	38

2.2.11. Titik Kinerja Struktur Metode ATC-40	41
2.2.12. Batasan Deformasi.....	46
2.2.13. Kinerja Struktur Metode FEMA 356.....	47
2.2.14. Titik Kinerja Struktur Metode FEMA 356.....	49
2.2.15. Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton (BSN, 2014)	54
2.2.16. <i>Pushover</i>	55
BAB III. METODE PENELITIAN	56
3.1. Tahapan Penelitian.....	56
3.2. Data Teknis Bangunan.....	58
3.3. Pembebanan	61
3.4. Pemodelan.....	61
3.5. Standar Acuan.....	61
3.6. Perhitungan Pembebanan.....	62
1. Beban Mati Balok.....	62
2. Beban Mati Plat Lantai.....	62
3. Beban Mati Plat Bordes.....	63
4. Pembebanan Tangga.....	64
5. Pembebanan Atap.....	67
3.7. Perhitungan Beban Gempa Respon Spektrum.....	75
3.8. Perhitungan Desain Seismik	78
3.9. Periode Fundamental Pendekatan Struktur.....	79
3.10. Perhitungan Geser Dasar Seismik Rencana.....	80
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	83
4.1. Analisis <i>Linear</i> dan <i>Non Linear</i>	83
4.2. Analisis Kondisi Eksisting.....	84
4.3. Obyek Penelitian.....	85
4.4. Parameter <i>Input Pushover</i>	86
4.5. Evaluasi <i>Analysis</i> Beban Dorong Statik <i>Non Linier</i>	88
4.5.1. Plastifikasi	89
4.5.2. Kurva Kapasitas.....	91
4.5.3. Kurva <i>Demand</i>	95
4.5.4. Kurva <i>ADRS Demand</i> vs Kapasitas.....	96
4.5.5. Metode Spektrum Kapasitas ATC (1996) & Metode Koefisien Perpindahan FEMA (2000)	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	99
DAFTAR PUSTAKA	100

LAMPIRAN.....	105
---------------	-----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung (BSN, 1987).....	14
Tabel 2.2	Beban hidup terdistribusi minimum secara merata (L_o) dan terpusat pada beban hidup minimum (<i>Peraturan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain</i> (BSN, 2013)).....	16
Tabel 2.3	Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (BSN, 2012).....	27
Tabel 2.4	Faktor keutamaan gempa (BSN, 2012).....	29
Tabel 2.5	Tabel faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (BSN, 2012).....	30
Tabel 2.6	Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung (BSN, 2012).....	31
Tabel 2.7	Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x (BSN, 2012).....	31
Tabel 2.8	Koefisien situs, F_a (BSN, 2012).....	34
Tabel 2.9	Koefisien situs, F_v (BSN, 2012).....	34
Tabel 2.10	Simpangan antar lantai izin (Δ_i) (BSN, 2012).....	37
Tabel 2.11	Kondisi bangunan pasca gempa dan kategori bangunan pada tingkat kinerja struktur (ATC, 1996).....	39
Tabel 2.12	Batasan simpangan pada tingkat kinerja struktur (ATC, 1996).....	46
Tabel 2.13	Kondisi bangunan pasca gempa dan kategori bangunan pada tingkat kinerja struktur (FEMA, 2000).....	48
Tabel 2.14	Batasan simpangan untuk level kinerja struktur (FEMA, 2000).....	52
Tabel 2.15	<i>Modeling parameters and Numerical Acceptance Criteria for Non Linear Reinforced Concrete Beams</i> (FEMA, 2000).....	52
Tabel 2.16	<i>Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Non Linear Procedures Reinforced Concrete Columns</i> (FEMA, 2000).....	53
Tabel 2.17	Sifat mekanis baja tulangan beton (BSN, 2014).....	54
Tabel 3.1	Beban hidup merata pada plat lantai.....	63
Tabel 3.2	Beban hidup merata pada plat lantai.....	64
Tabel 3.3	Nilai Parameter F_a dan F_v	76
Tabel 3.4	Respon Spektrum (BSN, 2012).....	77
Tabel 3.5	Periode struktur arah X dan Y.....	79
Tabel 3.6	Faktor Skala Spektrum Respon Gempa Rencana.....	79
Tabel 3.7	Hasil perhitungan gaya lateral.....	82
Tabel 4.1	Plastifikasi pada pembebanan arah-x.....	89
Tabel 4.2	Plastifikasi pada pembebanan arah-y.....	90
Tabel 4.3	Plastifikasi pada pembebanan arah diagonal.....	91
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Parameter Kurva Kapasitas.....	92
Tabel 4.5	Hasil perhitungan S_a & S_d arah x.....	93
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan S_a & S_d arah y.....	94
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan S_a & S_d arah diagonal.....	94
Tabel 4.8	Perhitungan S_d	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta tektonik wilayah Indonesia dari data geodetik hingga tahun 2016, <i>vector</i> kecepatan pada referensi sistem ITRF 2008 (Pusgen, 2017).....	23
Gambar 2.2	Gempa di Indonesia hasil relokasi hingga 2016 (Pusgen, 2017)....	24
Gambar 2.3	Peta maksimum pada percepatan gempa di Indonesia berdasarkan PPTI-UG (1983) (Pusgen, 2017).....	25
Gambar 2.4	Peta percepatan puncak di batuan dasar Indonesia dengan periode ulang 500 tahun (Pusgen, 2017)	25
Gambar 2.5	Peta sumber Indonesia (Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010) (Pusgen, 2017).....	26
Gambar 2.6	Peta percepatan puncak di batuan dasar Indonesia 2010 untuk <i>probability of exceedance</i> 2% dalam 50 tahun (Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010) (Pusgen, 2017)	26
Gambar 2.8	Spektrum respons desain	35
Gambar 2.9	Penentuan simpangan antar lateral.	37
Gambar 2.10	Tipikal kurva kapasitas pada berbagai tingkat kinerja struktur (ATC, 1996).....	39
Gambar 2.11	Faktor Partisipasi Modal dan Modal Koefisien Massa (ATC, 1996).....	43
Gambar 2.12	(a) Kurva kapasitas (b) Spektrum kapasitas (ATC-40, 1996: 8 -12)	43
Gambar 2.13	(a) Respon spektrum standar (b) Respon spektrum Format ADRS (ATC, 1996)	44
Gambar 2.14	Titik kinerja struktur sesuai ATC-40 (Tavio, 2018).....	44
Gambar 2.15	Titik kinerja struktur pada tingkat redaman (ATC, 1996).....	46
Gambar 2.16	Tingkat kinerja struktur (<i>FEMA</i> , 2000).....	47
Gambar 2.17	Hubungan perpindahan (<i>Displacement</i>) dan terhadap gaya (<i>Force</i>) serta karakteristik sendi plastis (<i>FEMA</i> , 2000)	49
Gambar 2.18	Perilaku Pasca Leleh Struktur (<i>FEMA</i> , 2000)	50
Gambar 3.1	Proses pelaksanaan penelitian secara umum	57
Gambar 3.2	Tampak depan bangunan	58
Gambar 3.3	Peta lokasi gedung (<i>Google Maps (2018)</i>).....	58
Gambar 3.4	Tangga tipe 1	64
Gambar 3.5	Tangga tipe 2	66
Gambar 3.6	Rangka atap lift.....	67
Gambar 3.7	Rangka atap tipe KB1	70
Gambar 3.8	Rangka atap tipe KK1	72
Gambar 3.9	Peta Gempa Indonesia untuk nilai S_s (Pusgen, 2017).....	75
Gambar 3.10	Respon spektrum (BSN, 2012)	78
Gambar 4.1	Analisis <i>linear</i> beban lateral beraturan	83
Gambar 4.2	Analisis <i>linear</i> beban lateral tidak beraturan.....	84

Gambar 4.3	Pengecekan kebutuhan tulangan akibat beban gravitasi	84
Gambar 4.4	Struktur bangunan setelah diberi beban gempa.....	85
Gambar 4.5	(a) Gedung tampak atas (b) Gedung tampak samping (c) Gedung tampak 3D	87
Gambar 4.6	Pemodelan struktur bangunan	89
Gambar 4.7	Kurva kapasitas ADRS (S_a vs S_d) atau Kurva kapasitas arah x.....	93
Gambar 4.8	Kurva kapasitas ADRS (S_a vs S_d) atau Kurva kapasitas arah Y	94
Gambar 4.9	Kurva kapasitas ADRS (S_a vs S_d) atau Kurva kapasitas arah diagonal	95
Gambar 4.10	Kurva respon spektrum ADRS (S_a vs S_d).....	96
Gambar 4.11	Titik kinerja struktur sesuai ATC (1996) arah x	96
Gambar 4.12	Titik kinerja struktur sesuai ATC (1996) arah y	97
Gambar 4.13	Titik kinerja struktur sesuai ATC (1996) arah diagonal.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. ETABS REPORT	105
--------------------------------	-----

DAFTAR SINGKATAN

Simbol	=	Keterangan
C_d	=	faktor amplifikasi defleksi
C_m	=	faktor massa efektif
C_1	=	faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik <i>linear</i> .
C_2	=	faktor modifikasi yang mewakili efek dari bentuk histeretik pada perpindahan maksimum
C_3	=	koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat efek <i>P-Delta</i> .
C_m	=	rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif
C_o	=	faktor modifikasi untuk perpindahan spektral menjadi perpindahan atap/ puncak (lantai teratas yang tidak dihuni). Umumnya menggunakan faktor partisipasi ragam pertama.
C_s	=	koefisien respons seismik
C_t dan x	=	parameter yang ditentukan
C_{vx}	=	faktor distribusi vertikal
h_i dan h_x	=	tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam meter (m).
h_n	=	ketinggian struktur (m), dari dasar sampai tingkat yang paling tinggi.
F_1	=	gaya gempa desain tingkat kekuatan
F_2	=	gaya gempa desain tingkat kekuatan
F_3	=	gaya gempa desain tingkat kekuatan
F_x	=	beban gempa nominal statik ekuivalen
G/g	=	percepatan gravitasi 9.81 m/detik ²
i_l	=	amplitude <i>mode-1</i> pada tingkat ke- i
I_e	=	faktor keutamaan gempa
K	=	eksponen terkait periode.
K_i	=	kekakuan lateral elastik
K_e	=	kekakuan lateral efektif
N	=	tingkat N , tingkat tertinggi pada proporsi utama struktur
PF_1	=	faktor partisipasi modal pada <i>mode</i> pertama.
R	=	faktor modifikasi respons
R	=	rasio kuat elastik perlu terhadap kuat leleh terhitung
R^a	=	Koefesien modifikasi sistem
S_a	=	spektra percepatan, m
S_d	=	spektra perpindahan, g

S_{DS}	=	parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek
S_S	=	parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek
S_1	=	parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik. dan koefisien situs F_a dan F_v
S_{DS}	=	parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek
S_{D1}	=	parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik
S_a	=	akselerasi respon spektrum yang beerhubung dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau
T	=	periode getar fundamental struktur.
T_a	=	parameter percepatan respon spektra
TB	=	tidak dibatasi
TI	=	tidak diizinkan
T_e	=	waktu getar relatif
T_1	=	waktu getar elastik
T_s	=	waktu geser karakteristik yang diperoleh dari kurva respon spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstanta.
V	=	geser dasar seismik
V	=	gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur,
W	=	berat bangunan (berat sendiri dan beban hidup)
W	=	berat seismik efektif
W_i dan w_x	=	bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x ,
w_i/g	=	massa pada tingkat ke- i
δ_x	=	defleksi yang terjadi
δ_e	=	perpindahan elastis
δ_1	=	perpindahan total
δ_2	=	perpindahan yang diperbesar
δ_3	=	perpindahan yang diperbesar
δ_{e1}	=	perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan
δ_{e2}	=	perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan
δ_{e3}	=	perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan.
Δ_1	=	simpangan antar lantai
Δ_{roof}	=	perpindahan atap
β_{eq}	=	redaman <i>viscous</i> ekuivalen struktur

β_o	=	redaman histerestis yang mewakili redaman <i>viscous</i> ekuivalen
α_1	=	modal koefisien massa pada <i>mode</i> pertama.
δ_T	=	target perpindahan
V_y	=	gaya geser pada saat leleh, dari idealisasi kurva <i>pushover</i> menjadi bilinier
Ω_o	=	faktor kuat lebih sistem
0.05	=	redaman yang melekat pada struktur (redaman awal)

DAFTAR ISTILAH

1. Degradasi (*scragging*)
Beban siklik atau kerja produk karet, termasuk isolator elastometer, mengakibatkan pengurangan properti kekakuan, yang sebagian akan dipulihkan dengan berjalannya waktu.
2. Diafragma
Atap, lantai, membran atau sistem bresing yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya lateral ke elemen penahan vertikal.
3. Efek P-delta
Efek sekunder yang bekerja pada elemen struktur, yang diakibatkan oleh penambahan beban vertikal sebagai akibat dari perpindahan horizontal struktur.
4. Elemen batas (*boundary elements*)
Bagian dari diafragma dan dinding geser, dimana gaya lateral yang terjadi akan disalurkan melalui bagian ini.
5. Gaya geser dasar
Gaya geser atau lateral total yang terjadi pada tingkat dasar.
6. Gempa desain
Pengaruh gempa yang besarnya dua per tiga dari pengaruh MCE_R .
7. Kelas situs
Klasifikasi situs yang dilakukan berdasarkan kondisi tanah di lapangan.
8. Komponen
Bagian dari sistem arsitektural, elektrik, atau mekanikal
9. Komponen nonstruktural
Bagian dari sistem arsitektur, elektrik, atau mekanikal yang berada di sisi dalam atau luar bangunan gedung ataupun bangunan non gedung.
10. Ortogonal
Dalam dua arah, dan keduanya membentuk sudut 90^0
11. Partisi
Dinding interior nonstruktural yang membentang horizontal dan vertikal dari tumpuan yang ke tumpuan yang lain.
12. Rangka Bresing Eksenstris
Rangka bresing diagonal yang ujung bresing dengan jarak tertentu dari sambungan balok-kolom, atau terhubung dengan bresing diagonal yang lain. Sistem rangka ini didapat difungsikan sebagai sistem penahanan gaya lateral yang diakibatkan gempa.
13. Rasio simpangan antar lantai
Simpangan antar lantai dibagi dengan tinggi lantai (h_x) tersebut.
14. Sesar aktif
Sesar atau patahan yang dinyatakan aktif oleh yang berwenang berdasarkan data yang memadai. Yang berwenang adalah instansi, antara lain seperti pusat survei geologi, badan geologi, kementerian energi dan sumber daya mineral; dan badan meteorologi klimatologi dan geofisika.
15. Simpangan antar lantai
Perpindahan horizontal dibagian tingkat relatif terhadap bawahnya.

16. Sistem ganda
Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa, dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing.
17. Sistem Rangka Pemikul Momen
Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur, sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).