

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR SISTEM GANDA PADA
GEDUNG MATARAM CITY YOGYAKARTA DENGAN
*CAPACITY SPECTRUM METHOD***

Laporan Tugas Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :
BOBY CULIUS ERTANTO
NPM : 10.02.13503



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
Juli 2014**

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR SISTEM GANDA PADA
GEDUNG MATARAM CITY YOGYAKARTA DENGAN
*CAPACITY SPECTRUM METHOD***

Oleh :

BOBY CULIUS ERTANTO

NPM : 10.02.13503

Telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta,

Pembimbing



(Siswadi S.T.,M.T.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



FAKULTAS
(J. Januar Sudjati, S.T., M.T.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

EVALUASI KINERJA STRUKTUR SISTEM GANDA PADA GEDUNG MATARAM CITY YOGYAKARTA DENGAN *CAPACITY SPECTRUM METHOD*






Oleh :

BOBY CULIUS ERTANTO

NPM : 10.02.13503

Telah diuji dan disetujui oleh

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua : Siswadi, S.T., M.T.		16/07/14
Sekretaris : Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D		15/7/14
Anggota : Ir. Pranawa Widagdo, M.T.		15/07/2014

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

EVALUASI KINERJA STRUKTUR SISTEM GANDA PADA GEDUNG MATARAM CITY YOGYAKARTA DENGAN *CAPACITY SPECTRUM METHOD*

Benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti di kemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil Plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Yogyakarta, Juli 2014

Yang membuat Pernyataan



(Boby Culus Ertanto)

"Kalau manusia mau berupaya keras penuh semangat untuk mencari kebenaran, maka dia akan mendapat nilai tidak terhingga"
"Albert Einstein"

"Berikan saya tempat untuk berdiri, dan saya akan mengangkat bumi"
"Archimedes"

Skripsi ini dipersembahkan kepada :
Bapa , Yesus Kristus, Bunda Maria, dan semua Malaikat di Surga

Papah tercinta

Sahabat-sahabat dan teman-teman terkasih

Dosen-dosen yang banyak membantu dan menjadi inspirasi

KATA HANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala Berkah dan Cinta Kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir sebagai syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis telah mendapat banyak bimbingan, bantuan dan dorongan moral serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Siswadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu bersedia membimbing dengan sabar, memberikan petunjuk, serta mengajarkan banyak hal kepada penulis selama penulisan hingga selesai dan selama kuliah;
2. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M. Eng., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta;
3. Bapak J. Januar Sudjati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta;
4. Bapak Ir. Haryanto Y.W., M.T. yang banyak membimbing serta mengajarkan banyak hal kepada penulis tentang kedisiplinan dan nilai-nilai penting dalam kehidupan;
5. Untuk Papah yang selalu ada mendoakan, mendukung dan memberi materi ;
6. Bapak V. Sukaryantara yang banyak mendukung dan memberikan pengalaman berharga;
7. Untuk seluruh Dosen UAJY yang pernah membantu dan mengajar penulis;
8. Untuk N. Christie N. L. yang pernah memberi semangat selama 5 tahun;

9. Untuk teman-teman Asisten LSBB Henry, Hanavi, Aan, Petrus, Gaby, Paul, Sigit, Asisten Pektan, BPJ, dan Tekling yang telah banyak mendukung dan waktu dalam kebersamaanya;
10. Untuk sahabat-sahabat yang terbaik Tanri, Ferend, Egi, Mino dan semua KKN 64 BM II yang banyak memberi waktu, semangat dan dukungan;
11. Untuk teman-teman seperjuangan Anas, Hetma, Nova, Frima, Vita, Stefy, Nicko, Lisa, Jaclin, Mas Yogha, Ipang, Reza, Tanty, Adrian, seluruh kelas B, seluruh TS UAJY 2010 atas dukungan dan kebersamaan yang diberikan;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta;

Akhir kata penulis berharap Laporan Tugas Akhir yang berjudul “EVALUASI KINERJA STRUKTUR SISTEM GANDA PADA GEDUNG MATARAM CITY YOGYAKARTA DENGAN *CAPACITY SPECTRUM METHOD*” ini berguna bagi pembaca.

Yogyakarta, Juli 2014

Penulis

Boby Culus Ertanto

NPM : 10.02.13503

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
INTISARI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Keaslian Tugas Akhir	4
1.5 Tujuan Penulisan Tugas Akhir	4
1.6 Manfaat Penulisan Tugas Akhir	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perancangan Tahan Gempa Berbasis Kinerja	5
2.2 Struktur Sistem Ganda	8
2.3 <i>Pushover Analysis</i>	9
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Struktur Sistem Ganda	12
3.2 Metode Analisis Beban Gempa	13
3.2.1 Pola Pembebanan	13
3.2.2 Penentuan Beban Gempa	15
3.3 Prosedur Analisis <i>Pushover</i>	24

3.4 Metode Spektrum Kapasitas	26
3.5 Kurva Kapasitas	28
3.6 <i>Spectrum Demand</i>	30
3.7 <i>Daktilitas</i> Struktur dan Faktor Reduksi Gempa	32
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Deskripsi Bangunan	33
4.2 Pemodelan Struktur	34
4.3 Beban-beban Yang Bekerja Pada Struktur	36
4.4 Perhitungan Beban Gempa	38
4.4.1 Berat Struktur	38
4.4.2 Koefisien Beban Gempa	39
4.4.3 Gaya Geser Dasar dan Beban Lateral Tiap Lantai	41
4.5 Analisis Statik Non-Linier	45
4.5.1 Properti Sendi Plastis	46
4.5.2 Kurva Kapasitas	48
4.5.3 Kurva Respon Spektrum Rencana	50
4.5.4 <i>Perfomance Point</i>	51
4.5.5 <i>Daktilitas</i> Struktur dan Faktor Reduksi Gempa	55
4.5.6 Distribusi Sendi Plastis Elemen Struktur	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

Daftar Tabel

NO	Nama Tabel	Halaman
2.1	Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40	6
2.2	Batasan Rasio <i>Drift</i> atap menurut ATC-40	8
3.1	Koefisien Periode Pendek F_a	16
3.2	Koefisien Periode 1 detik F_v	17
3.3	Kategori Resiko Bangunan	18
3.4	Nilai KDS Berdasarkan S_{DS} dan S_{D1}	18
3.5	Nilai Faktor Keutamaan Gempa I_e	19
3.6	Periode Pendekatan C_t dan x	19
3.7	Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode	20
4.1	Berat Bangunan Perlantai	38
4.2	Distribusi Beban Lateral Pola Ragam Tinggi Arah Sumbu X	42
4.3	Distribusi Beban Lateral Pola Mode 1 Arah Sumbu X	42
4.4	Distribusi Beban Lateral Pola Ragam Tinggi Arah Sumbu Y	44
4.5	Distribusi Beban Lateral Pola Mode 1 Arah Sumbu Y	44
4.6	Hubungan Gaya Geser dan Perpindahan Pola Ragam Tinggi	48
4.7	Hubungan Gaya Geser dan Perpindahan Pola Ragam Mode 1	49
4.8	Rekapitulasi Titik Leleh Pertama dan Titik Maksimum	49
4.9	Spektrum Respon Percepatan	50
4.10	Distribusi Sendi Plastis Ragam Tinggi Arah X	57
4.11	Distribusi Sendi Plastis Ragam Tinggi Arah Y	59
4.12	Distribusi Sendi Plastis Ragam Mode 1 Arah X	62
4.13	Distribusi Sendi Plastis Ragam Mode 1 Arah Y	64

Daftar Gambar

No	Nama Gambar	Halaman
2.1	Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40	6
2.2	Hubungan <i>Capacity Curve</i> dan <i>Demand</i>	10
3.1	Mekanisme Sendi Plastis	13
3.2	Variasi Pola Distribusi Pembebanan Lateral	14
3.3	Peta Hazard Gempa Indonesia di Batuan Dasar Pada Kondisi Spektra $T = 0,2$ Detik Untuk 2% PE 50 Tahun	15
3.4	Peta Hazard Gempa Indonesia di Batuan Dasar Pada Kondisi Spektra $T = 1,0$ Detik Untuk 2% PE 50 Tahun	16
3.5	Koefisien Respon Gempa	20
3.6	Nilai k Untuk Pola Ragam Tinggi	21
3.7	Spektrum Respon Desain	23
3.8	Prosedur Analisis Kinerja	25
3.9	Spektrum Kapasitas	27
3.10	Kurva Kapasitas	28
3.11	Spektrum Respon yang Ditampilkan Dalam Format Tradisional dan ADRS	31
3.12	Hubungan Kebutuhan Kekuatan Dengan Daktilitas	32
4.1	Struktur Bangunan yang Dievaluasi (3D)	33
4.2	Portal As 2a	35
4.3	Portal As 3a	35
4.4	Portal As A1	36
4.5	Portal As B1,C1,D1,G1	36
4.6	Reaksi Tangga DL+SD	37
4.7	Reaksi Tangga LL	37
4.8	Distribusi Beban Gempa Arah X	43
4.9	Distribusi Beban Gempa Arah Y	45
4.10	Penempatan Sendi Plastis	46
4.11	Sendi Plastis Pada Kolom	47
4.12	Sendi Plastis Pada Balok	47
4.13	Kurva <i>Pushover</i> Pola Ragam Tinggi	48
4.14	Kurva <i>Pushover</i> Pola Mode 1	49
4.15	Grafik Spektrum Respon Percepatan	50
4.16	<i>Performance Point</i> Pola Ragam Tinggi Arah Sumbu X	51
4.17	<i>Performance Point</i> Pola Ragam Tinggi Arah Sumbu Y	52
4.18	<i>Performance Point</i> Pola Ragam Pertama Arah Sumbu X	53
4.19	<i>Performance Point</i> Pola Ragam Pertama Arah Sumbu Y	54

Daftar Notasi

Notasi	Arti
Cu	Koefisien Batas Atas Faktor Respon Gempa
Cs	Faktor Respon Gempa
f'_c	Kuat Tekan Beton (MPa)
Fx	Beban Lateral Tiap Lantai
fy	Kuat Tarik baja
f _l	Faktor kuat lebih
K	Eksponen yang terkait periode Struktur
ks	Koefisien spring
MPF ₁	Faktor partisipasi ragam
N	Jumlah Lantai
R	Faktor Reduksi Gempa
S _a	Spektrum percepatan (m/s ²)
S _d	Spektrum perpindahan (m)
S _{DS}	Parameter percepatan respon spektral pada periode pendek
S _{D1}	Parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik
T _a	Waktu getar alami fundamental (detik)
V	Gaya Geser Dasar Gempa (kN)
W	Berat Bangunan (kN)
Z	Elevasi bangunan
α ₁	Koefisien massa ragam untuk ragam ke-1
Δ _{atap}	Perpindahan atap
φ _{i1}	Perpindahan pada lantai 1 ragam ke-1
μ _Δ	Daktilitas aktual
δ _u	Simpangan leleh ultimate (mm)
δ _y	Simpangan leleh pertama (mm)

INTISARI

EVALUASI KINERJA STRUKTUR SISTEM GANDA PADA GEDUNG MATARAM CITY YOGYAKARTA DENGAN *CAPACITY SPECTRUM METHOD*, Bobby Culus Ertanto, NPM : 100213503, tahun 2014, PPS Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Salah satu perencanaan struktur tahan gempa adalah bangunan dengan menggunakan sistem ganda (*dual system*), sistem ganda adalah sebuah sistem gabungan yang menggunakan dua sistem berbeda, diharapkan struktur tersebut dapat bekerja bersama untuk mengurangi gaya gempa, meningkatkan kekakuan struktur dan keamanan dari struktur tersebut, salah satu struktur yang menggunakan sistem ganda adalah gedung Mataram City Yogyakarta.

Keamanan dari struktur gedung Mataram City Yogyakarta dapat dievaluasi menggunakan level kinerja dengan mengacu pada ATC-40, *performance point* adalah pertemuan antara respons spektrum dibandingkan dengan kurva kapasitas yaitu hubungan antara gaya geser dasar struktur dengan perpindahan atau sering disebut *pushover*. Salah satu metode untuk menentukan *performance point* dengan menggunakan *Capacity Spektrum Method (CSM)*, dengan mengubah kedua kurva kedalam format *Acceleration-Displacement Response Spectra (ADRS)* dan mereduksi secara iteratif kurva *Demand*, dari kurva *pushover* dapat digunakan untuk menentukan nilai daktilitas aktual suatu struktur. Dengan mengevaluasi kinerja dari struktur tersebut dapat diketahui bagian mana saja yang mengalami sendi plastis dan apakah struktur tersebut sesuai dengan filosofi "*Strong column weak beam*".

Dengan adanya evaluasi kinerja struktur serta melihat terbentuknya sendi plastis dan level kinerja dari bangunan tersebut, dapat direncanakan struktur yang efisien. Dari *performance point* gedung tersebut masi dalam level *Immediate Occupancy*, dengan pola beban ragam tinggi yang lebih menentukan untuk gedung dengan bertingkat tinggi didapat gaya geser dasar (V) 6266.118 kN untuk arah sumbu X dan 5950.692 kN untuk arah sumbu Y dengan perpindahan (D) 0.142m untuk arah sumbu X dan 0.251m untuk arah sumbu Y, dan dari gedung tersebut didapat *daktilitas* aktual arah sumbu X senilai 1.919 dan arah sumbu Y senilai 3.3504.

Kata Kunci : Sistem Ganda, *Capacity Spektrum Method*, *Daktilitas* aktual