

EVALUASI KINERJA *REDUCED BEAM SECTION* PADA STRUKTUR

BAJA TAHAN GEMPA DENGAN ANALISIS *PUSHOVER*

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

Oleh :
HENRIKUS GALIH IRAWAN
NPM. : 09 02 13353



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA, 2013**

PERNYATAAN

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

**EVALUASI KINERJA *REDUCED BEAM SECTION* PADA STRUKTUR
BAJA TAHAN GEMPA DENGAN ANALISIS *PUSHOVER***

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari 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 dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 9 Juli 2013

Yang membuat pernyataan

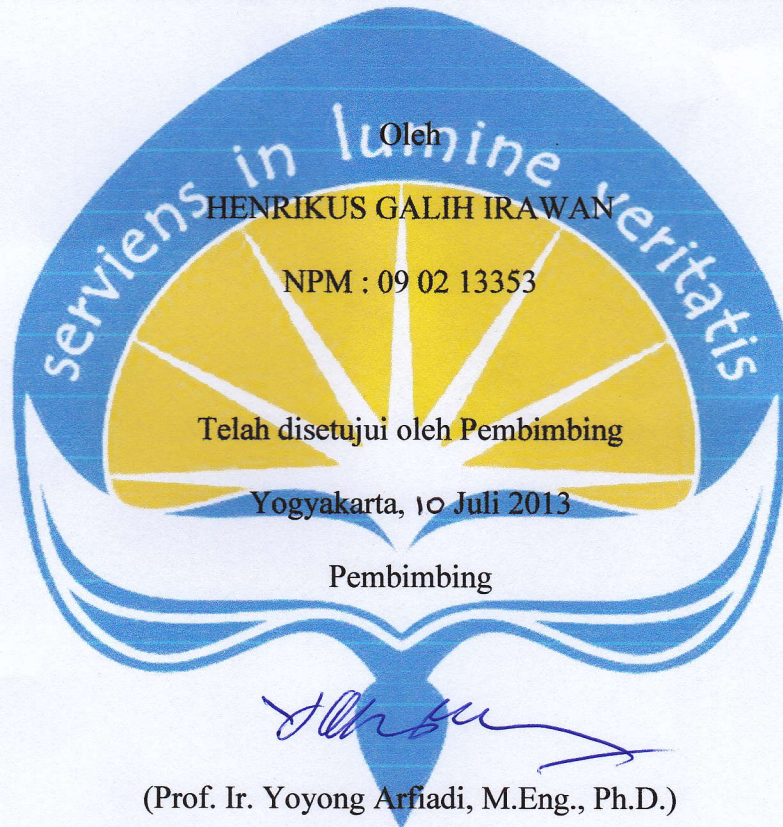
A blue 6000 DJP stamp with a handwritten signature in black ink over it. The stamp contains the text 'METRAI PERSEKUTUAN REPUBLIK INDONESIA', '6000', and 'DJP'.

(Henrikus Galih Irawan)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**EVALUASI KINERJA *REDUCED BEAM SECTION* PADA STRUKTUR
BAJA TAHAN GEMPA DENGAN ANALISIS *PUSHOVER***



Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua

[Signature]
(J. Januar Sudjati. S.T., M.T.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**EVALUASI KINERJA *REDUCED BEAM SECTION* PADA STRUKTUR
BAJA TAHAN GEMPA DENGAN ANALISIS *PUSHOVER***



Nama Penguji	Tanda tangan	Tanggal
K e t u a : Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.		10/7/2013
Sekretaris : Ir. Agt. Wahjono, M.T.		10/7/13
Anggota : J. Januar Sudjati, S.T., M.T.		10/7-13

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia yang telah diberikan-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan Yudisium Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari tanpa bimbingan dan peunjuk dari berbagai pihak, penulis akan mengalami kesulitan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu baik pada saat penyusunan laporan, maupun saat pelaksanaan Tugas Akhir di lapangan. Untuk itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing sekaligus partner berkomunikasi yang luar biasa yang banyak memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng., 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. Untuk kedua orang tua, atung, utik, Om Budi, Tante Dewi, dan semua keluarga. Terimakasih untuk doa dan semangat yang di berikan, dukungan materi dan kepercayaannya.

5. Untuk Veronica Galuh Nurlandari yang selalu memberiku dukungan, semangat, dan doa.
6. Untuk sahabat-sahabat terbaik yang pernah aku miliki Chacuk, Rizky, Vitalis, Eci, terimakasih untuk dukungan dan semangatnya.
7. Untuk teman-teman Asisten Pengukuran dan Pemetaan dan Asisten Penyelidikan Tanah yang telah membantu mencari inspirasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk semua teman-teman seperjuangan angkatan 2009 dan seluruh teman-teman Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Terima kasih untuk kebersamaan dan dukungannya.
9. Untuk teman-teman *extension* di Sanata Dharma yang telah memberikan banyak inspirasi agar tidak pernah berhenti untuk belajar.
10. 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 semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian terutama bagi mahasiswa Teknik Sipil.

Yogyakarta, Juli 2013

Penulis

Henrikus Galih Irawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
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.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	6
2.2 Sambungan RBS	7
2.3 <i>Pushover Analysis</i>	9
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Perencanaan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	13
3.2 Kombinasi Beban.....	15
3.3 Perencanaan Sambungan <i>Reduced Beam Section</i>	17
3.4 Metode Analisis Beban Gempa	21
3.4.1 Pola Pembebanan	21
3.4.2 Penentuan Beban Gempa Berdasarkan RSNI 03 - 1726 - 201x	22
3.4.3 Prosedur Analisis <i>Pushover</i>	29
3.4.4 Metode Spektrum Kapasitas	30
3.4.5 Kurva Kapasitas	33
3.4.6 Spektrum <i>Demand</i>	35
3.4.7 <i>Performance Point</i>	36

BAB IV DATA STRUKTUR	41
4.1 Data Struktur dan Pembebanan.....	41
4.2 Pemodelan Struktur Rencana.....	42
4.3 Beban-beban yang Bekerja pada Struktur.....	45
4.4 Perhitungan Beban Gempa.....	45
4.5 Kinerja Struktur	46
BAB V PERANCANGAN <i>REDUCED BEAM SECTION</i> DAN ANALISIS	
<i>PUSHOVER</i>.....	49
5.1 Perencanaan Balok.....	49
5.2 Perencanaan Kolom	53
5.3 Perencanaan Sendi Plastis (<i>Reduced Beam Section</i>).....	59
5.4 Analisis <i>Pushover</i>	67
5.4.1 Kurva Kapasitas	67
5.4.2 Kurva <i>Demand</i>	70
5.4.3 <i>Performance Point</i>	73
5.5 Kinerja <i>Reduced Beam Section</i>	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1 Kesimpulan	77
6.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79

DAFTAR TABEL

NO	NAMA TABEL	HALAMAN
2.1	Kriteria Kinerja Berdasarkan FEMA-273	10
3.1	Ketentuan dan Batasan pada Sambungan RBS	20
3.2	Koefisien Periode Pendek (F_a)	24
3.3	Koefisien Periode 1 detik (F_1)	24
3.4	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa	25
3.5	Nilai KDS Berdasarkan S_{DS}	26
3.6	Nilai KDS Berdasarkan S_{D1}	26
3.7	Nilai Faktor Keutamaan Gempa (I_E)	26
3.8	Nilai Damping (k)	37
4.1	Simpangan Antar Lantai	47
5.1	Parameter Lebar dengan Ketebalan Untuk Profil WF	48
5.2	Penentuan Jenis Penampang Elemen Balok (<i>flange</i>)	49
5.3	Penentuan Jenis Penampang Elemen Balok (<i>web</i>)	49
5.4	Kriteria Balok B-22 AS E	53
5.5	Pemeriksaan Kekuatan Balok B-22 AS E	53
5.6	Penentuan Jenis Penampang Elemen Kolom (<i>flange</i>)	54
5.7	Penentuan Jenis Penampang Elemen Kolom (<i>web</i>)	54
5.8	Beban yang Bekerja pada Kolom AS E-2	58
5.9	Momen Nominal Kolom AS E-2	58
5.10	Gaya Aksial Nominal Kolom AS E2	58
5.11	Pemeriksaan Kekuatan Kolom AS E2	59
5.12	Nilai a, b, c pada Balok B-22 AS E	62
5.13	Nilai M_{pr} dan V_{pr} pada Balok B-22 AS E	63
5.14	V_{RBS} dan M_f pada Balok B-22 AS E	66
5.15	Kebutuhan Plat Menerus pada Balok B-22 AS E	66
5.16	Pemeriksaan Desain Kapasitas Kolom pada AS E-2	66
5.17	Data Struktur Bangunan	69
5.18	Hasil Konversi Kurva <i>Pushover</i> Menjadi Kurva Kapasitas	70
5.19	Hasil Konversi Kurva <i>Demand</i>	71
5.20	Mekanisme Keruntuhan pada Sendi Plastis Rencana Balok B-22 Lantai 1	76

DAFTAR GAMBAR

NO	Nama Gambar	Halaman
2.1	<i>Single Story Mechanism</i>	7
2.2	Sambungan Reduced Beam Section	8
2.3	Ilustrasi Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja	9
2.4	Hubungan beban dengan perpindahan pada sendi	10
3.1	Sendi Plastis pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus	13
3.2	Perkiraan Terjadinya Sendi Plastis	14
3.3	Distribusi Sendi Plastis pada SRPMK Berdasarkan Kinerja	17
3.4	Variasi Pola Distribusi Pembebanan Lateral	21
3.5	Peta Hazard Gempa Indonesia di Batuan Dasar pada Kondisi Spektra $T = 0,2$ detik untuk 2% PE 50 Tahun	22
3.6	Peta Hazard Gempa Indonesia di Batuan Dasar pada Kondisi Spektra $T = 1$ detik untuk 2% PE 50 Tahun	23
3.7	Nilai k untuk Pola Ragam Tinggi	28
3.8	Konversi Kurva <i>Pushover</i> menjadi format ADRS	31
3.9	Spektrum Kapasitas	32
3.10	Kurva Kapasitas	33
3.11	Spektrum Respon yang Ditampilkan dalam Format Tradisional dan ADRS	36
3.12	Reduksi Kurva <i>Demand</i>	36
3.13	Kurva <i>Demand</i> 5% dan Kurva Kapasitas	37
3.14	Kurva <i>Demand (Family Spectra)</i> dan Kurva Kapasitas	38
3.15	Kurva Bilinear	39
3.16	<i>Performance Point</i>	40
4.1	Struktur Bangunan Rencana (3 Dimensi)	42
4.2	Denah Bangunan	43
4.3	Portal AS A, B, C, D, E, F, G, H, dan I	43
4.4	Portal AS 1, 2, 3, dan 4	44
5.1	Kurva <i>Pushover</i> dalam Format Standar	68
5.2	Kurva Kapasitas Struktur	70
5.3	Diagram Respon Spektrum	73
5.4	Kurva Demand 5% dalam format ADRS	73
5.5	<i>Performance Point</i> Struktur	74
5.6	Hasil <i>Pushover</i> dengan Target Perpindahan 0,239 m	75

DAFTAR NOTASI

NOTASI	ARTI
a	Jarak dari muka kolom ke tepi jari-jari RBS (mm)
A_g	Luas penampang bruto (mm^2)
b	Panjang coakan RBS (mm)
c	Kedalaman coakan (mm)
C_b	Faktor pengali momen akibat adanya Lateral Torsional Buckling
C_{pd}	Gaya tekan pada sayap balok
C_{pr}	Faktor pengali momen akibat strain hardening
C_s	Faktor respon gempa
C_w	Konstanta warping
d_b	Tinggi balok (mm)
d_c	Tinggi kolom (mm)
δ	Simpangan (mm)
E	Modulus elastisitas baja (MPa)
F_u	Tegangan pustus baja (MPa)
f_y	Tegangan leleh baja (MPa)
h	Ketinggian profil (mm)
I_x	Momen inersia penampang di sumbu x (mm^4)
I_y	Momen inersia penampang di sumbu y (mm^4)
J	Konstanta torsi (mm^4)
L	Panjang bentang struktur (m)
L'	Jarak antar sendi plastik pada sambungan RBS (m)
L_b	Panjang efektif profil (m)
M_f	Momen maksimum pada muka kolom (kNm)
M_n	Momen nominal profil (kNm)
M_p	Momen plastis pada balok (Mpa)
M_{pr}	Kapasitas momen plastis profil (kNm)
M_u	Momen ultimit terfaktor (kNm)
N_u	Gaya aksial terfaktor (kN)
P_n	Gaya aksial nominal profil (kN)
R	Jari-jari coakan (mm)
r_x	Radius girasi di sumbu x (mm)
r_y	Radius girasi di sumbu y (mm)
PF	Faktor partisipasi ragam
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
S_x	Modulus elastis penampang di sumbu x (mm^3)
S_y	Modulus elastis penampang di sumbu y (mm^3)
T_a	Waktu getar alami fundamental (detik)
t_f	Tebal sayap profil (mm)
t_w	Tebal badan profil (mm)
V_n	Tahanan geser nominal (kN)
V_{pr}	Gaya geser plastis (kN)
V_u	Gaya geser terfaktor (kN)
Z_e	Modulus plastis di sambungan RBS
Z_x	Modulus plastis penampang di sumbu x (mm^3)
Z_y	Modulus plastis penampang di sumbu y (mm^3)
α	Koefisien massa ragam
β	Damping pada respon spektrum
γ_p	Sudut Rotasi Balok link
ΣM^*_{pb}	Jumlah momen-momen balok-balok pada pertemuan as balok dan as kolom (kNm)
ΣM^*_{pc}	Jumlah momen-momen kolom di bawah dan di atas sambungan pada pertemuan antara as kolom dan as balok (kNm)
ϕ_d	Faktor reduksi
λ	Rasio lebar dan ketebalan penampang
λ_p	Batas untuk kategori kompak
λ_r	Batas untuk kategori non kompak
ρ	Faktor redundansi

INTISARI

EVALUASI KINERJA *REDUCED BEAM SECTION* PADA STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA DENGAN ANALISIS *PUSHOVER*, Henrikus Galih Irawan, NPM : 09 02 13353, tahun 2013, PPS Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) didesain untuk memiliki daktilitas yang tinggi dan bersifat plastis pada saat gempa besar terjadi. SRPMK tidak memerlukan bresing atau dinding geser dalam menahan gaya lateral karena kolom pada SRPMK direncanakan untuk mampu menahan gaya lateral yang terjadi. Selain itu perencanaan letak sendi-sendi plastis pada SRPMK yang bertujuan untuk mendisipasi gaya lateral, efektif untuk membantu kinerja struktur agar kolom tidak runtuh pada saat gempa besar terjadi.

Penggunaan *reduced beam section* dapat digunakan untuk merencanakan letak terjadinya sendi plastis pada SRPMK. Dalam mengevaluasi kinerja *reduced beam section*, digunakan ATC-40 sebagai landasan dalam melakukan analisis *pushover*. *Performance point*, suatu target perpindahan yang menunjukkan besarnya gaya geser dasar (V) dan perpindahan (Δ) yang terjadi pada struktur akibat beban *pushover* sehingga mengakibatkan sendi plastis rencana mengalami perubahan karakteristik menjadi plastis, pada ATC-40 ditentukan berdasarkan hasil analisis terhadap kurva ADRS.

Dengan adanya perencanaan letak sendi plastis pada SRPMK maka filosofi perencanaan "*strong column weak beam*" tidak selalu memiliki arti bahwa kolom yang lebih kuat daripada balok adalah kolom yang memiliki ukuran yang lebih besar daripada balok, sehingga dapat dilakukan penghematan dalam penggunaan ukuran elemen pada perencanaan struktur. *Performance point* menghasilkan gaya geser dasar sebesar 30.482,2 kN dengan perpindahan atap pada struktur rencana sebesar 0,239 m. Akibat *reduced beam section* (perencanaan letak sendi plastis) deformasi struktur menjadi lebih besar 35% daripada deformasi struktur yang tidak diberi perencanaan letak sendi plastis.

Kata kunci : SRMPK, *Reduced Beam Section*, Analisis *Pushover*, Kurva ADRS