

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR RANGKA BAJA  
DENGAN PEMBENTUKAN KURVA KERAPUHAN BERBASIS  
*PUSHOVER***

*PERFORMANCE ANALYSIS OF STEEL FRAME STRUCTURE WITH  
DEVELOPMENT OF FRAGILITY CURVE BASED ON PUSHOVER*

**SKRIPSI**

*Disusun sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

*Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik*

*Universitas Sebelas Maret*

*Surakarta*



**Disusun oleh :**

**MUHAMMAD ‘AINUN NAIM**

**I 0114081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2018**

# HALAMAN PENGESAHAN

## ANALISIS KINERJA STRUKTUR RANGKA BAJA DENGAN PEMBENTUKAN KURVA KERAPUHAN BERBASIS *PUSHOVER*

*PERFORMANCE ANALYSIS OF STEEL FRAME STRUCTURE WITH  
DEVELOPMENT OF FRAGILITY CURVE BASED ON PUSHOVER*

### SKRIPSI

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD 'AINUN NAIM**

**I0114081**

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada dan diterima guna  
memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada:

Hari : Senin

Tanggal : 5 November 2018

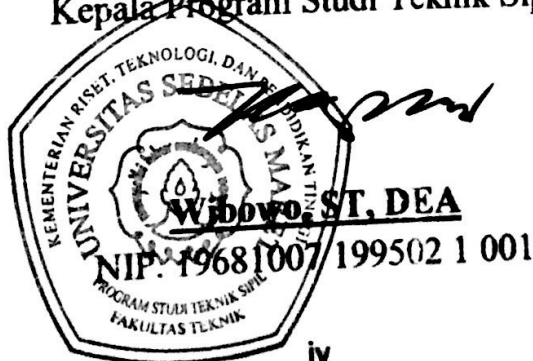
Tim Penguji :

1. Dr. Senot Sangadji, ST, MT  
NIP. 19720807 200003 1 002
2. Ir. Agus Supriyadi, M.T.  
NIP. 19600322 198803 1 001
3. Edy Purwanto, ST, MT  
NIP. 19680912 199702 1 001
4. Ir. Supardi, M.T.  
NIP. 19550504 198003 1 003

*Senot Sangadji*  
*Agus Supriyadi*  
*Edy Purwanto*  
*Ir. Supardi*

Mengesahkan, 21 NOV 2018

Kepala Program Studi Teknik Sipil



## MOTTO

Sakit dalam perjuangan dirasakan hanya 1 detik, 1 menit, 1 minggu, 1 bulan, 1 tahun. Namun jika menyerah, sakit itu akan kamu rasakan selamanya

Setelah 1 pekerjaan selesai, segeralah melakukan pekerjaan yang lain agar hidupmu tidak merugi

Masa muda, masa yang berapi – api



## PERSEMBAHAN

*Thanks to*

### **Allah SWT**

Semua tahap yang telah dilewati, hambatan yang dihadapi dan kemudahan yang diraih, semua atas seizin dari-Mu. Saatnya saya mengucapkan syukur Alhamdulillah.

### **Bapak dan Ibu**

Semua bisa dilakukan, tidak ada yang tidak bisa, asal mau berusaha. Tanpa henti menasehati dan mendoakan untuk kesuksesan anakmu ini Pak Bu, terima kasih atas segalanya. Semoga masih diberi waktu untuk bisa membalas semua itu dengan membahagiakan dan membanggakan kalian.

### **Dr. Senot Sangadji, S.T.,M.T., Ir. Agus Supriyadi, M.T., dan Dosen-dosen Teknik Sipil FT UNS**

Terima kasih banyak untuk semua bantuan, bimbingan, kesempatan dan ilmu-ilmu yang diberikan kepada saya.

### **Cattlyanira Talisa Sui**

*Thankyou so much* guys atas segala kepusingan yang telah kita bagi dan lewati bersama.

### **Teman-teman Teknik Sipil 2014**

Sebuah awal mula kehidupan mandiri, bagi saya awalnya adalah hal yang tidak biasa. Ketika kita dipertemukan, menjadi keluarga walaupun tak sedarah adalah suatu hal yang luar biasa. Gembira, duka, suka, benci, tawa, frustrasi, dan cinta kita lewati bersama meskipun pemikiran tak sama. Terima kasih Sipil 2014.

### **Keluarga Amanda**

Terimakasih banyak atas motivasi dan menemani setiap langkahku.

### **Keluarga Uciha**

Pertemuan tidak ada yang merencanakan, namun sebuah perpisahan mutlak terjadi. Terimakasih atas pengalaman hidup selama ini.

### **Sahabat *Push rank***

Terimakasih telah menemani dalam menghilangkan kepenatan ini.

## ABSTRAK

**Muhammad ‘Ainun Naim, 2018. Analisis Kinerja Struktur Rangka Baja dengan Pembentukan Kurva Kerapuhan Berbasis *Pushover*.** Skripsi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Evaluasi gedung tahan gempa berbasis kinerja di Indonesia sangat penting karena sebagian besar wilayah Indonesia rawan terhadap gempa. Salah satu sarana untuk mengevaluasi kinerja seismik struktur gedung adalah analisis *pushover*. Prosedur analisis *pushover* yaitu dengan memberikan pola beban lateral yang ditingkatkan secara bertahap. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kinerja seismik pada struktur rangka baja dengan kelas situs tanah sedang.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan terjadinya tingkat kerusakan struktur untuk berbagai intensitas gerakan tanah yang dapat digambarkan oleh kurva kerapuhan. Untuk membangun kurva kerapuhan yaitu dengan mengolah kurva kapasitas yang didapatkan dari analisis *pushover*. Kurva kapasitas dikonversi dalam format ADRS (*Acceleration Displacement Response Spectrum*) menjadi spektrum kapasitas untuk mendapatkan nilai *spectra median displacement* yang digunakan sebagai penentu nilai batas kondisi kerusakan tertentu. Penelitian ini menggunakan prosedur ATC-40 untuk mengklasifikasikan tingkat kerusakan bangunan menjadi TIGA kondisi kerusakan diskrit yaitu *Immediate Occupation*, *Life Safety*, dan *Collapses*. Hubungan probabilitas dengan tiga parameter *demand* tersebut digambarkan dalam kurva kerapuhan.

Hasil analisis kurva kerapuhan struktur rangka baja memiliki probabilitas kerusakan struktur *Immediate Occupation* sebesar 72.91% dan *Life Safety* sebesar 34.09%. Pada penelitian kali ini menggunakan percepatan tanah di wilayah Surakarta 0.36 g. Probabilitas kerusakan struktur masih tergolong besar akibat gempa di daerah Surakarta, sehingga ditambahkan perkuatan damper pada pemodelan struktur. Probabilitas kerusakan struktur dengan damper menunjukkan *Immediate Occupation* sebesar 14.46 % dan *Life Safety* sebesar 4.18 %. Terlihat struktur dengan perkuatan damper, lebih bisa meredam gaya gempa yang terjadi.

**Kata kunci :** Evaluasi Kinerja Seismik, Kurva Kerapuhan, Spektrum Kapasitas, Analisis *Pushover*

## ABSTRACT

**Muhammad 'Ainun Naim, 2018. *Performance Analysis of Steel Frame Structure with Development of Fragility Curve Based on Pushover Analysis*. Thesis of Civil Engineering Department of Engineering Faculty of Sebelas Maret University, Surakarta.**

*Evaluation of seismic structure buildings based on performance in indonesia is very important because most of indonesia vulnerable to earthquake .One of the methods to evaluate the performance of seismic structure buildings are pushover analysis. Procedure of analysis pushover is by giving the pattern of lateral load is increased gradually until the target displacement reached. In this research, the seismic performance evaluation of steel frame structure with the class of medium ground site.*

*This research was conducted to find out how much the possibility of the damage structure for various intensity of ground motion that can be described by the fragility curve. To build the fragility curve is by processing the capacity curve obtained from pushover analysis. The capacity curve converted into format ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum) to the capacity spectrum to get a median spectra displacement used as a determinant. This research using the procedure of ATC-40 to classify the level of damage building into three damage conditions are the Immediate Occupation, Life Safety, and Collapes. The probability relationship with four demand parameters was described as in a fragility curve.*

*The results of the fragility curve analysis of steel frame structure have a probability of structural damage to Immediate Occupation of 72.91% and Life Safety of 34.09%. In this study using land acceleration in Surakarta area 0.36 g. The probability of structural damage is still relatively large due to the earthquake in the Surakarta area, so that the damper reinforcement is added to the modeling of the structure. The probability of structural damage with dampers indicates Immediate Occupation of 14.46% and Life Safety of 4.18%. The structure with damper reinforcement is seen, more able to reduce the earthquake force that occurs.*

**Key words :** *performance evaluation seismic, fragility curve, spectrum capacity, pushover analysis*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Struktur Rangka Baja dengan Pembentukan Kurva Kerapuhan Berbasis *Pushover*”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Segenap pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Segenap pimpinan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Dr. Senot Sangadji, ST, MT dan Bapak Ir. Agus Supriyadi, M.T., selaku Dosen Pembimbing skripsi. Terima kasih atas semua waktu, bimbingan, motivasi, dan bantuan, serta kepercayaan bapak untuk bisa menyelesaikan skripsi ini.
4. Dosen Pembimbing Akademis Bapak Ir. Kuswanto Nurhadi, MSP.
5. Semua Staff Pengajar pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
6. Teman-teman S1 Reguler Program Studi Teknik Sipil UNS 2014.

Akhirnya, pengantar ini juga menjadi semacam ingatan bagi penulis selama menempuh tahap pembelajaran di Universitas Sebelas Maret Surakarta. Skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka kritik dan saran demi perbaikan akan diterima dengan senang hati. Semoga skripsi ini bermanfaat, khususnya dalam bidang Pemodelan Struktur.

Surakarta, 28 Oktober 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
MOTTO .....	v
PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
a) Manfaat Teoritis .....	3
b) Manfaat praktis.....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen.....	7
2.2.2 Struktur Rangka Baja .....	7
2.2.3 Pembebanan Struktur .....	8
2.2.4 Ketentuan Umum Bangunan dalam Pengaruh Gempa.....	9
2.2.5 Analisis Ekuivalen Statik .....	13
2.2.6 <i>Pushover Analysis</i> .....	16
2.2.7 Analisis Kerapuhan Seismik Bangunan .....	19
2.2.8 Kurva Kerapuhan .....	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Data Struktur Gedung.....	27
3.2 Tahapan Analisis .....	29



3.2.1	Studi Literatur .....	29
3.2.2	Pemodelan 3D pada Software .....	29
3.2.3	Pola Pembebanan Struktur .....	31
3.2.4	Perhitungan Beban Gempa.....	32
3.3	Analisis Data .....	32
4.2.1	Analisis <i>Output Pushover</i> .....	32
4.2.2	Konversi Kurva Kapasitas ke Spektra dalam Format ADRS.....	32
4.2.3	Penentuan Nilai Batas ( <i>Limit State</i> ) .....	33
4.2.4	Perhitungan Standar Deviasi.....	33
4.2.5	Pembentukan Kurva Kerapuhan .....	33
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	34
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1	Pembahasan dan Pemodelan Struktur .....	37
4.2	Perhitungan Berat Sendiri Bangunan .....	37
4.2.1	Data Struktur Bangunan.....	37
4.2.2	Beban pada Gedung .....	38
4.2.3	Perhitungan Pembebanan pada Struktur .....	38
4.2.4	Analisis Statik Ekuivalen .....	40
4.2.5	Pemodelan Tiga Dimensi .....	43
4.3	Analisis <i>Pushover</i> .....	44
4.3.4	Kurva Kapasitas .....	45
4.3.5	Kurva Spektrum Kapasitas.....	46
4.3.6	Penentuan Nilai Batasan Kerusakan .....	47
4.3.7	Parameter Respon Ketidaktentuan .....	49
4.3.8	Pembentukan Kurva Kerapuhan .....	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		53
3.1	Kesimpulan.....	53
3.2	Saran .....	53

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Pembagian Wilayah Gempa di Indonesia untuk $S_1$ .....	9
<b>Gambar 2. 2</b> Pembagian Wilayah Gempa di Indonesia untuk $S_s$ .....	10
<b>Gambar 2. 3</b> Prosedur untuk mengestimasi kerusakan dengan metode Hazus ...	20
<b>Gambar 2. 4</b> Perilaku Pasca Leleh Sistem Struktur (FEMA 356) .....	25
<b>Gambar 3. 1</b> Denah lantai 2 dan 3 .....	27
<b>Gambar 3. 2</b> Denah lantai 4 dan atap.....	27
<b>Gambar 3. 3</b> Portal As 1 dan 4.....	28
<b>Gambar 3. 4</b> Portal As 2 dan 3.....	28
<b>Gambar 3. 5</b> Portal As A – G.....	28
<b>Gambar 3. 6</b> Diagram Alir Penelitian.....	35
<b>Gambar 4. 1</b> Distribusi beban lateral tiap lantai.....	43
<b>Gambar 4. 2</b> perspective pada program.....	44
<b>Gambar 4. 3</b> <i>Load Case</i> pembebanan pada perform 3D.....	45
<b>Gambar 4. 4</b> Kurva kapasitas .....	46
<b>Gambar 4. 5</b> Kurva spektrum kapasitas.....	47
<b>Gambar 4. 6</b> Spektrum Kapasitas dengan Batas Kerusakan Berdasarkan ATC-40 .....	48
<b>Gambar 4. 7</b> Fragility struktur berdasarkan ATC-40 .....	51
<b>Gambar 4. 8</b> Fragility dengan damper.....	51
<b>Gambar 4. 9</b> Kurva kerapuhan struktur berdaper dan tidak berdampir .....	52

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Koefisien situs, $F_a$ .....	11
<b>Tabel 2. 2</b> Koefisien situs, $F_v$ .....	11
<b>Tabel 2. 3</b> Nilai Parameter Periode Fundamental Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	13
<b>Tabel 2. 4</b> Koefisien untuk Batas Atas pada Periode Pendekatan .....	14
<b>Tabel 2. 5</b> Kriteria <i>roof drift ratio</i> dari SRPM untuk menentukan level kinerja..	22
<b>Tabel 3. 1</b> Daftar Profil Baja Terpakai .....	29
<b>Tabel 4. 1</b> konfigurasi struktur .....	37
<b>Tabel 4. 2</b> Tipe balok pada struktur.....	37
<b>Tabel 4. 3</b> Tipe kolom pada struktur .....	38
<b>Tabel 4. 4</b> Rekapitulasi berat sendiri tiap lantai .....	39
<b>Tabel 4. 5</b> Beban mati tambahan .....	39
<b>Tabel 4. 6</b> Beban hidup tiap lantai.....	40
<b>Tabel 4. 7</b> Distribusi beban lateral tiap lantai.....	42
<b>Tabel 4. 8</b> Perhitungan Berat Struktur dengan Simpangan Antar Lantai .....	47
<b>Tabel 4. 9</b> Rekapitulasi Nilai Batas Kerusakan H1 Berdasarkan ATC-40.....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	A-1
LAMPIRAN B.....	B-1
LAMPIRAN C.....	C-1



## DAFTAR NOTASI

$C_s$	= koefisien respons seismik
$C_t$	= koefisien pendekatan untuk perioda alami
$h$	= tinggi antar lantai
$h_x$	= tinggi dari taraf penjepitan lateral sampai tingkat $x$
$h_n$	= ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur
$I_e$	= faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan Tabel 2.2
$k$	= eksponen yang terkait dengan periode strukturnya yaitu $k = 1$ jika $T \leq 0,5$ ,
$k$	= 2 jika $T \geq 2,5$ , dan $k$ diinterpolasi jika $0,5 < T < 2,5$
$N$	= jumlah tingkat
$PF_1$	= faktor modal partisipasi untuk modal alami pertama
$PGA$	= <i>peak ground acceleration</i>
$P_i$	= total berat struktur
$S_a$	= percepatan spektra ( <i>spectral acceleration</i> )
$\bar{S}_a, ds$	= nilai tengah percepatan spektra pada kondisi kerusakan
$S_d$	= perpindahan spektra ( <i>spectral displacement</i> )
$s$	= standar deviasi dari kapasitas percepatan spektra struktur yang ditinjau
$\bar{S}_d, ds$	= nilai tengah perpindahan spektra pada kondisi kerusakan
$SS$	= <i>structural stability</i>
$S_S$	= parameter nilai respons spektra percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 0,2 detik
$S_1$	= parameter nilai respons spektra percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik
$S_{DS}$	= parameter percepatan spektra desain untuk periode 0,2 detik
$S_{D1}$	= parameter percepatan spektra desain untuk periode 1 detik
$S_{MS}$	= parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik
$S_{M1}$	= parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik
$T$	= periode fundamental struktur
$T_a$	= periode fundamental pendekatan
$T_e$	= periode fundamental efektif struktur pada arah yang ditinjau.
$T_p$	= periode struktur yang diperoleh dari program SAP2000

$V$	= gaya geser dasar seismik
$V_d$	= gaya geser dasar seismik desain
$V_i$	= gaya geser dasar seismik saat ideal dianggap sama dengan $V_y$
$V_y$	= gaya geser dasar seismik saat leleh
$W$	= berat seismik efektif total struktur
$W_i$	= berat seismik efektif total struktur sampai tingkat $x$
$W_i/g$	= berat struktur pada level $x$
$x$	= koefisien yang ditentukan dari Tabel 2.6
$\Delta_m$	= target simpangan atap maksimum
$\Delta_{roof}$	= simpangan atap
$\Delta_y$	= simpangan atap pada saat leleh
$\Phi$	= fungsi kumulatif probabilitas
$\alpha_1$	= koefisien modal massa untuk modal alami pertama
$\alpha_2$	= faktor modal <i>pushover</i>
$\beta_c$	= standar deviasi dari ketidaktentuan kapasitas struktur
$\beta_d$	= standar deviasi dari ketidaktentuan spektrum <i>demand</i>
$\beta_{ds}$	= standar deviasi untuk ketidaktentuan total dari tiap kondisi kerusakan
$\beta_{M(ds)}$	= standar deviasi dari ketidaktentuan nilai batas kondisi kerusakan, diambil sebesar 0,4
$\delta_R, ds$	= rasio simpangan dari kondisi kerusakan, dapat dilihat pada Tabel 2.7
$\mu$	= faktor simpangan daktilitas
$\phi$	= sudut geser dalam
$\phi_{xp}$	= amplitudo dari mode <i>pushover</i> pada level $x$