

**ANALISIS *VULNERABILITY CURVE* TERHADAP SKALA  
KEKUATAN GEMPA DENGAN VARIASI STRUKTUR  
BANGUNAN KOMERSIAL**

**TUGAS AKHIR**



**HASTI NURMA YANTI**

**1152004019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2019**

**ANALISIS *VULNERABILITY CURVE* TERHADAP SKALA  
KEKUATAN GEMPA DENGAN VARIASI STRUKTUR  
BANGUNAN KOMERSIAL**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Bakrie**




**HASTI NURMA YANTI**

**1152004019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE  
JAKARTA  
2019**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama** : Hasti Nurma Yanti  
**NIM** : 1152004019  
**Tanda Tangan** :   
**Tanggal** : Februari 2019

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Hasti Nurma Yanti

NIM : 1152004019

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Judul Skripsi : Analisis *Vulnerability Curve* Terhadap Skala Kekuatan Gempa dengan Variasi Struktur Bangunan Komersial

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.**

## DEWAN PENGUJI


Pembimbing 1 : Ade Asmi, S.T., M.Sc. Ph. D.

(.....)

Pembimbing 2 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.

(.....)

Pembahas 1 : Dr. Ir. B.P. Kusumo Bintoro, M.BA.

(.....)

Pembahas 1 : Fatin Adriati, S.T., M.T.

(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Februari 2019

## UNGKAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Puji dan Syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta Salam juga senantiasa ucapkan kepada junjungan nabi besar Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini berjudul “Analisis *Vulnerability Curve* Terhadap Skala Kekuatan Gempa dengan Varisi Struktur Bangunan Komersial” ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil Universitas Bakrie. Selama pengerjaan Tugas Akhir ini penulis menemukan banyak kendala. Namun, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan adanya bantuan bimbingan, dorongan, motivasi, maupun kritik dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Ibu Prof. Ir Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Bakrie yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
- 2) Bapak Ade Asmi, S.T., M.T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, membantu, dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 3) Bapak Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M. Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu dan mengarahkan penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
- 4) Bapak Dr. Ir. Bambang Purwoko Kusumo Bintoro, MBA, selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- 5) Ibu Fatin Adriati, S.T., M.T., selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- 6) Ibu Safrilah, S.T., M.Sc., selaku Dosen dan Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan banyak pengetahuan, dukungan, arahan, motivasi dan dorongan kepada penulis sejak awal masa perkuliahan.

- 7) Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan dalam bidang teknik sipil kepada penulis.
- 8) Ibu Nia Nurliani, S.E., selaku sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang senantiasa membantu penulis dalam mengurus kebutuhan administrasi penulis selama masaperkuliah.
- 9) Bapak, Ibu, Kakak dan Adik tersayang serta keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan memeberikan dukungan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
- 10) Sofie Valencia Geovany selaku rekan dalam mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir.
- 11) Aisyah Intansari, Annisa Sabrinia Sagita, Firli Nisrina, Nanda Nazla Nurnadhifah, Nur Azizah, Fadillla, Adristi Shalma, Aditya Ismail, Fathul Mulki, Rivo, dan Rizki Fadhlur, selaku teman-teman penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
- 12) Ana Tria, Afrida Yuniar, Badriathullaili, dan Devita Annastasya selaku sahabat penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan semangat kepada penulis.
- 13) Seluruh teman-teman angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
- 14) Semua pihak yang telah memberikan dukungan motivasi dan bantuan kepada penulis selama pembuatan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per stu.

## HALAMAN PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hasti Nurma Yanti  
NIM : 1152004019  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah Saya yang berjudul:

**ANALISIS *VULNERABILITY CURVE* TERHADAP SKALA KEKUATAN  
GEMPA DENGAN VARIASI STRUKTUR BANGUNAN KOMERSIAL**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir Saya selama tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: Februari 2019

Yang menyatakan



(Hasti Nurma Yanti)

# **ANALISIS *VULNERABILITY CURVE* TERHADAP SKALA KEKUATAN GEMPA DENGAN VARIASI STRUKTUR BANGUNAN KOMERSIAL**

Hasti Nurma Yanti

---

## **ABSTRAK**

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi. Bencana alam ini sering kali terjadi di Indonesia. Efek dari gempa bumi ini menyebabkan banyak bangunan hancur atau roboh dan rusak berat pada konstruksi bangunan, baik perumahan rakyat, fasilitas umum, bangunan milik pemerintah maupun swasta. Karena banyaknya dampak yang ditimbulkan akibat gempa, maka banyak bangunan diasuransikan, oleh karena itu diperlukan kurva kerentanan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kurva kerentanan yang akan memberikan hubungan antara tingkat kerusakan bangunan dan intensitas kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi berupa MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Untuk mendapatkan kurva kerentanan, metode yang digunakan adalah metode riwayat waktu gempa. Metode ini membandingkan antara pemodelan yang telah di modelkan pada aplikasi analisis struktur dengan data *loss adjuster* berdasarkan kekuatan gempa yang terjadi.

Kata Kunci : kurva kerentanan, MMI, aplikasi analisis struktur



**ANALYSIS OF VULNERABILITY CURVE AGAINST SCALE OF  
EARTHQUAKE STRENGTH WITH VARIATION OF COMMERCIAL  
BUILDING STRUCTURE**

Hasti Nurma Yanti

---

**ABSTRACT**

*Earthquakes are vibrations or shocks that occur on the surface of the earth. This natural disaster often occurs in Indonesia. The effects of this earthquake caused many buildings to be destroyed or collapsed and seriously damaged in building construction, both public housing, public facilities, government-owned and private buildings. Because of the many impacts caused by the earthquake, many buildings are insured, therefore a vulnerability curve is needed. This study was conducted to obtain a vulnerability curve that will provide a relationship between the level of building damage and the intensity of damage caused by an earthquake in the form of MMI (Modified Mercalli Intensity). To get the vulnerability curve, the method used is the earthquake time history method. This method compares the modeling that has been modeled on the structure analysis application with data loss adjusters based on the strength of the earthquake that occurred.*

*Key words : vulnerability curve, MMI, structural analysis application*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>UNGKAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.5.1 Bagi Mahasiswa .....	3
1.5.2 Bagi Masyarakat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Gempa Bumi .....	5
2.2. Bahaya ( <i>Hazard</i> ).....	7
2.3. <i>Time History Analysis</i> .....	8
2.4. Kerentanan .....	9
2.5. Prinsip Bangunan Tahan Gempa.....	9
2.6. Penelitian Terdahulu .....	9
2.6.1. Penelitian Terdahulu berdasarkan Padang <i>Region Damage Survey</i> .....	11
2.6.2. Penelitian Terdahulu berdasarkan Padang <i>Earthquake Loss Assesment as a Proxy for Vulnerability Curve</i> .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 <i>Flow Chart</i> .....	18
3.2 <i>Damage Index Analysis</i> .....	18
3.3 <i>Numerical Modelling</i> .....	19
3.4 <i>Time History Analysis</i> .....	22
3.5 Perbandingan Hasil .....	22
3.6 <i>Vulnerability Curve</i> .....	22

<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS .....</b>	<b>23</b>
4.1 <i>Damage Index Analysis</i> .....	23
4.2 <i>Numerical Modelling</i> .....	27
4.3 <i>Time History Analysis</i> .....	31
4.4 Hasil <i>Numerical Modelling</i> .....	32
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN I.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hazard Maps 2017 .....	7
Gambar 2. 2 Prediksi ShakeMap perkiraan tingkat keparahan gerakan tanah yang diturunkan oleh USGS. ....	12
Gambar 2. 3 Screen View dari Perangkat Lunak Atribusi Kerentanan Eloss.....	14
Gambar 2. 4 Workshop Dikembangkan Kurva Kerentanan Patokan yang Berasal dari Pengamatan Kerusakan Gempa Padang.....	15
Gambar 2. 5 Screen View Perangkat Lunak Atribusi Celah Kurva Eloss .....	15
Gambar 2. 6 Mean Damage Function .....	17
Gambar 2. 7 Damage ratio for each MMI (a) 4, (b) 5, (c) 6, (d) 7.....	17
Gambar 3. 1 Denah Model Pertama Kantor Tipikal Satu Lantai.....	19
Gambar 3. 2 Denah Model Kedua Ruko Tipikal Tiga Lantai.....	20
Gambar 3. 3 Tampak Depan Denah Ketiga Warehouse Dua Lantai .....	21
Gambar 3. 4 Denah Ketiga Warehouse Dua Lantai.....	21
Gambar 4. 1 Time History Gempa Padang arah Nort-South.....	31
Gambar 4. 2 Time History Gempa Padang arah East-West.....	32
Gambar 4. 3 Time History Gempa Padang arah Z.....	32
Gambar 4. 4 Gambar Shell Stress bangunan kantor.....	33
Gambar 4. 5 Gambar Shell Stress 3D Bangunan Ruko .....	33
Gambar 4. 6 Gambar Shell Stress 3 D bangunan warehouse.....	34
Gambar 4. 7 Nilai Stress Elevasi 1 Kantor 1 lantai MMI 4 .....	35
Gambar 4. 8 Nilai Stress Elevasi 1 Kantor lantai MM 5.....	35
Gambar 4. 9 Nilai Stress Elevasi 1 Kantor lantai MMI 6 .....	35
Gambar 4. 10 Nilai Stress Elevasi 1 Kantor lantai MMI 7 .....	35
Gambar 4. 11 Nilai Stress Elevasi 1 Kantor lantai MMI 8 .....	36
Gambar 4. 12 Grafik Damage Index Vs MMI untuk Bangunan Kantor.....	38
Gambar 4. 13 Grafik Biaya Kerugian berdasarkan besar MMI pada Bangunan Kantor ..	39
Gambar 4. 14 Nilai Stress Elevasi 2 Ruko 3 lantai MMI 4.....	39
Gambar 4. 15 Nilai Stress Elevasi 2 Ruko 3 lantai MMI 5.....	39
Gambar 4. 16 Nilai Stress Elevasi 2 Ruko 3 lantai MMI 6.....	40
Gambar 4. 17 Nilai Stress Elevasi 2 Ruko 3 lantai MMI 7.....	40
Gambar 4. 18 Nilai Stress Elevasi 2 Ruko 3 lantai MMI 8.....	40
Gambar 4. 19 Grafik Damage Index Vs MMI untuk Bangunan ruko.....	42
Gambar 4. 20 Grafik Biaya Kerugian berdasarkan besar MMI pada Bangunan ruko .....	43
Gambar 4. 21 Nilai Stress Elevasi 1 warehouse MMI 4 .....	43
Gambar 4. 22 Nilai Stress Elevasi 1 warehouse MMI 5 .....	43
Gambar 4. 23 Nilai Stress Elevasi 1 warehouse MMI 6 .....	43
Gambar 4. 24 Nilai Stress Elevasi 1 warehouse MMI 7 .....	44
Gambar 4. 25 Nilai Stress Elevasi 1 warehouse MMI 8 .....	44
Gambar 4. 26 Grafik Damage Index Vs MMI untuk Bangunan Kantor.....	45
Gambar 4. 27 Grafik Biaya Kerugian berdasarkan besar MMI pada Bangunan warehouse .....	46
Gambar 4. 28 Grafik Mean Damage Function Vs damage Index Bangunan Kantor.....	47
Gambar 4. 29 Grafik Mean Damage Function Vs damage Index Bangunan Ruko .....	47
Gambar 4. 30 Grafik Mean Damage Function Vs damage Index Bangunan Ruko .....	47
Gambar 4. 33 Nilai Stress Elevasi 11 Kantor 1 lantai MMI 4 .....	62
Gambar 4. 34 Nilai Stress Elevasi A 3 Kantor lantai MMI 4 .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien Situs $F_{PGA}$ .....	8
Tabel 2. 2 Pemaparan Penelitian Terdahulu .....	10
Tabel 2. 3 Target Nilai Indeks MMI .....	13
Tabel 2. 4 Nilai Median dan Varians Sebagai Distribusi Probabilitas Log-Normal Kumulatif .....	14
Tabel 2. 5 Nilai Median dan Varians Untuk Kurva Kerapuhan.....	16
Tabel 4. 1 Kategori Tingkat Kerusakan.....	23
Tabel 4. 2 Data klaim Gempa Padang.....	23
Tabel 4. 3 Material Property untuk concrete.....	27
Tabel 4. 4 Material Property untuk Batu Bata .....	28
Tabel 4. 5 Material Property untuk Kayu .....	28
Tabel 4. 6 Property Modifiers factors Balok.....	29
Tabel 4. 7 Property Modifiers kolom.....	29
Tabel 4. 8 Property Modifiers Dinding .....	30
Tabel 4. 9 Property Modifiers Lantai .....	30
Tabel 4. 10 Scale Factor Time History arah North-South.....	31
Tabel 4. 11 Scale Factor Time History arah East-West .....	31
Tabel 4. 12 Scale Factor Time History arah Z .....	32
Tabel 4. 13 Kenaikan nilai stress pada tiap elevasi dengan variasi MMI Bangunan Kantor .....	37
Tabel 4. 14 Kenaikan nilai stress pada tiap elevasi dengan variasi MMI Bangunan Ruko .....	41
Tabel 4. 15 Kenaikan Nilai Stress pada Tiap Elevasi dengan Variasi MMI Bangunan warehouse .....	44