

TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BERBASIS KINERJA TERHADAP
BEBAN GEMPA DENGAN ANALISA *PUSHOVER*
(STUDI KASUS RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK BUDHI MULIA,
PEKANBARU)**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta Padang*

Oleh:

Lilis Hartati Zalukhu
1310015211127



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2018**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah Bapa Yang Maha Kuasa, atas berkat Rahmat dan Kasih Karunia-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul **“EVALUASI STRUKTUR BERBASIS KINERJA TERHADAP BEBAN GEMPA DENGAN ANALISA *PUSHOVER* (STUDI KASUS RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK BUDHI MULIA, PEKANBARU)”**.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan tahap sarjana di program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta Padang.

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tuaku yang terhebat, pejuang dan sumber semangatku Alm. Bapak B. Zalukhu dan mamaku perempuan terkuat inspirasiku, Papa sa'a dan Mama sa'a yang selalu mendoakanku, adik-adikku William, Wita dan Sri yang kucintai dan kusayangi. Berkat doa, motivasi dan dukungan dalam segala hal yang tak terkira telah menjadi semangat bagi penulis untuk dapat menyelesaikan tugas ini.
2. Bapak Dr. Ir. Bahrul Anif, MT dan bapak Khadavi, ST, MT, sebagai dosen pembimbing, pengajar sekaligus pendidik bagi penulis. Beliau banyak memberikan saran, arahan, motivasi dan kritik yang membangun selama penulisan tugas akhir ini,
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasfryzal Carlo. M.Sc, IPM dan Ibu Dr. Rini Mulyani, M.Sc.(Eng), selaku dosen penguji sidang tugas akhir.
4. Ibu Dr. Rini Mulyani, M.Sc.(Eng), selaku ketua Jurusan Teknik Sipil dan ibu Dr. Zuherna Mizwar, ST, MT, selaku sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Bung Hatta.
5. Dosen-dosen pengajar di Program Studi Teknik Sipil.
6. Tata usaha Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu kelancaran berlangsungnya kegiatan tugas akhir ini.
7. Teman-teman kece akuh dek anjun (walau beda umur sehari heheh), omakk, beb onyo, beb roy (rona), beb ani, bebeb olla, injok, teman se KP (ogi, eza pak haji,

uyamkuh wkwk), Redha RM, ST, Heru Hantu, ST, Bayu Ubhay,ST, Iqbal Jombs, ST, semua keluarga besar angkatan Teknik Sipil 2013 yang tak dapat disebutkan satu persatu namanya namun selalu memberi motivasi, masukan dan dorongan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini, untuk yang masih berjuang juga harus tetap semangat ya, yakinlah disaat ada kemauan dan usaha pasti ada jalan keluar!.

8. Teristimewa buat *someone* yang selalu jadi korban direpotin oleh ku (hahah) tetapi yang terus beri semangat dan pandangan positifnya agar aku bisa tetap percaya diri dan bisa maju bersama ke arah yang lebih baik, tempat curhat dan pelampiasan ke plin-planan dan kecerewetan yang tak kelihatan ini sebenarnya hahah. Terima kasih ya Suria Ilham, ST heheh
9. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini mungkin masih terdapat kekurangan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, demi kesempurnaan pada masa yang akan datang, akhir kata semoga Tugas Akhir ini berguna bagi penulis sendiri dan para pembaca dan dapat mengamalkannya. Amin...

Padang, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penulisan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Konsep Dasar Mekanisme Gempa Bumi	5
2.2 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....	6
2.3 Mekanisme Keruntuhan.....	7
2.4 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berbasis Kinerja	9
2.5 Analisis Statik Nonlinier <i>Pushover</i>	11
2.5.1 Metode Koefisien Perpindahan FEMA 356.....	12
2.5.2 Metode Spektrum Kapasitas ATC 40	14
2.5.2.1 Kurva Kapasitas dan Spektrum Kapasitas.....	16
2.5.2.2 Spektrum <i>Demand</i>	18
2.6 Desain Kapasitas	18
2.7 Analisis Respons Struktur	19
2.7.1 Sendi Plastis.....	19
2.8 Analisa Pembebanan	22
2.8.1 Pembebanan Tetap.....	22
2.8.1.1 Beban Mati	22
2.8.1.2 Beban Hidup	23
2.8.2 Pembebanan Sementara	23

2.8.2.1 Perhitungan Beban Gempa.....	23
2.8.2.1.1 Menentukan Kategori Risiko Bangunan.....	24
2.8.2.1.2 Menentukan Faktor Keutamaan Bangunan.....	25
2.8.2.1.3 Menentukan Respons Spektral Percepatan	26
2.8.2.1.4 Menentukan Klasifikasi Situs	26
2.8.2.1.5 Menentukan Koefisien Situs	28
2.8.2.1.6 Menentukan Parameter Percepatan Spektral	29
2.8.2.1.7 Menentukan Kategori Desain Seismik-KDS	30
2.8.2.1.8 Sistem dan Parameter Struktur	31
2.8.2.1.9 Fleksibilitas Diafragma.....	42
2.8.2.1.10 Evaluasi Sistem Struktur	43
2.8.2.1.11 Faktor Redudansi	45
2.8.2.1.12 Prosedur Analisis Gaya Lateral	47
2.8.2.1.13 Menentukan Waktu Getar Alami	48
2.8.2.1.14 Menentukan Respons Desain Spektrum	49
2.8.2.1.15 Simpangan Antarlantai	52
2.8.2.1.16 Eksentrisitas dan Torsi.....	54
2.9 Kombinasi Pembebanan	56

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Kerangka Penelitian.....	57
3.2 Data Umum Struktur Gedung	57
3.3 Standar Perencanaan	58
3.4 Tahapan Analisis.....	58
3.4.1 Studi Literatur.....	58
3.4.2 Pengumpulan Data.....	58
3.4.3 Pemodelan Struktur 3D.....	59
3.4.4 Perhitungan Pembebanan.....	60
3.4.5 Perhitungan Beban Gempa dengan Analisis Statik	60
3.4.6 Analisis <i>Pushover</i>	63
3.4.7 Analisis Pembebanan Nonlinier <i>Pushover</i>	64
3.4.8 Properti Sendi Plastis	64
3.4.9 Analisis Kinerja Struktur	65

3.3.10 Pembahasan Hasil Analisis <i>Pushover</i>	66
BAB IV ANALISA PERHITUNGAN	
4.1 Informasi Struktur Gedung	67
4.2 Perhitungan Beban Gravitasi Pada Komponen Struktur	69
4.3 Perhitungan Beban Gempa	69
4.4 Analisis Statik Ekuivalen	74
4.4.1 Perhitungan Periode Fundamental Pendekatan	74
4.4.2 Perhitungan Gaya Geser Nominal.....	76
4.4.3 Menghitung Berat Seismik Efektif Bangunan	77
4.4.4 Menghitung Distribusi Vertikal Gaya Gempa	78
4.4.5 Menghitung Distribusi Horizontal Gaya Gempa.....	79
4.5 Pemodelan Gedung pada ETABS v9.5.0.....	80
4.5.1 Pembebanan Elemen.....	80
4.6 Analisis <i>Pushover</i>	81
4.7 Hasil Analisis <i>Pushover</i>	85
4.8 Analisis <i>Pushover</i>	81
4.8.1 Kurva <i>Pushover</i>	85
4.8.2 Titik Kinerja	86
4.8.3 Mekanisme Sendi Plastis	87
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	93

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Keruntuhan <i>Beam Sway Mechanism</i>	8
Gambar 2.2	Mekanisme Keruntuhan <i>Column Sway Mechanism</i>	8
Gambar 2.3	Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40	9
Gambar 2.4	<i>Performance Point</i> pada <i>Capacity Spectrum Method</i>	15
Gambar 2.5	Beberapa titik kinerja dengan <i>Capacity Spectrum Method</i>	15
Gambar 2.6	Kurva Kapasitas	16
Gambar 2.7	Spektrum respon.....	18
Gambar 2.8	Posisi sumbu lokal balok struktur	20
Gambar 2.9	Posisi sumbu lokal kolom struktur	21
Gambar 2.10	Sendi plastis yang terjadi pada balok dan kolom	21
Gambar 2.11	Peta Zona Gempa Indonesia.....	26
Gambar 2.12	Respon Spektra Desain	29
Gambar 2.13	Diafragma Fleksibel	42
Gambar 2.14	Penentuan simpangan antarlantai	53
Gambar 2.15	Faktor Pembesaran torsi Ax	52
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	57
Gambar 3.2	<i>Capacity Curve</i> (ATC 40,1996).....	64
Gambar 3.3	Properti Sendi Plastis	65
Gambar 4.1	Denah Lantai 1	67
Gambar 4.2	Koordinat nilai SS	70
Gambar 4.3	Koordinat nilai S1	70
Gambar 4.4	Waktu Getar Alami Struktur Mode 1 (arah-y)	75
Gambar 4.5	Waktu Getar Alami Struktur Mode 2 (arah-x).....	75
Gambar 4.6	Mendefenisikan <i>Static Load Case</i>	80
Gambar 4.7	Mendefenisikan <i>Static Nonlinier Case</i>	81
Gambar 4.8	Mendefenisikan <i>Static Nonlinier Case “Push1”</i>	82
Gambar 4.9	Mendefenisikan <i>Static Nonlinier Case “Push2”</i>	82
Gambar 4.10	Menyeleksi Elemen-Elemen Balok	83
Gambar 4.11	Menginput Properti Sendi untuk Balok	83
Gambar 4.12	Menyeleksi Elemen-Elemen Kolom	84

Gambar 4.13 Menginput Properti Sendi untuk Kolom	84
Gambar 4.14 Kurva Kapasitas	85
Gambar 4.15 Titik Kinerja	86
Gambar 4.16 Distribusi Sendi Plastis Step 1	88
Gambar 4.17 Distribusi Sendi Plastis Step 2	89
Gambar 4.18 Distribusi Sendi Plastis Step 3	90
Gambar 4.19 Distribusi Sendi Plastis Step 4	90
Gambar 4.20 Distribusi Sendi Plastis Step 5	91

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40	10
Tabel	2.2	Batasan Rasio <i>Drift</i> Atap Menurut ATC-40	11
Tabel	2.3	Batasan Tipe Bangunan pada Metode Spektrum Kapasitas.....	16
Tabel	2.4	Kategori Risiko Bangunan	24
Tabel	2.5	Faktor keutamaan bangunan	26
Tabel	2.6	Klasifikasi situs	27
Tabel	2.7	Koefisien Situs, F_a	28
Tabel	2.8	Koefisien situs, F_v	31
Tabel	2.9	Kategori desain seismik pada perioda pendek	31
Tabel	2.10	Kategori desain seismik pada perioda 1 detik	31
Tabel	2.11	Faktor R , C_d , untuk sistem penahan gaya gempa	32
Tabel	2.12	Ketidakteraturan horizontal pada struktur	44
Tabel	2.13	Ketidakteraturan vertikal pada struktur	45
Tabel	2.14	Persyaratn untuk masing-masing tingkat	47
Tabel	2.15	Prosedur analisis yang boleh digunakan	48
Tabel	2.16	Nilai parameter perioda pendekatan C_r dan x	49
Tabel	2.17	Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	49
Tabel	2.18	Simpangan antarlantai izin (a).....	54
Tabel	3.1	Keterangan tingkat kerusakan struktur	65
Tabel	4.1	Perhitungan Nilai SPT	71
Tabel	4.2	Katagori desain seismik S_{DS}	72
Tabel	4.3	Katagori desain seismik S_{D1}	72
Tabel	4.4	Prosedur analisis yang boleh digunakan	74
Tabel	4.5	Hasil perhitungan berat bangunan	78
Tabel	4.6	Perhitungan distribusi gaya gempa arah-x	79
Tabel	4.7	Perhitungan distribusi gaya gempa arah-y	79
Tabel	4.8	Simpangan antarlantai izin (a).....	81
Tabel	4.9	Evaluasi Kinerja Struktur.....	82
Tabel	4.10	<i>Displacement</i> dan <i>Base Force</i>	82
Tabel	4.11	Keterangan Tingkat Kerusakan Struktur.....	91

Tabel 4.12	Distribusi Sendi Plastis.....	92
Tabel 4.13	Batasan Rasio <i>Drift</i> ATC 40,1996 dan hasil hitungan.....	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi alam Indonesia yang berada pada jalur *Ring of Fire* atau daerah pertemuan antara empat lempeng tektonik utama yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Filipina telah menjadi tantangan tersendiri yang dihadapi dalam konstruksi gedung bertingkat akibat adanya ancaman risiko bencana alam yaitu gempa bumi. Beberapa tahun terakhir bencana gempa bumi yang melanda daerah-daerah di Indonesia telah menyebabkan kerusakan berbagai sarana dan prasarana seperti, Gempa Aceh (Imran dkk, 2005), Gempa Yogya (Imran dkk, 2006), Gempa Sumbar (Imran dkk, 2007) dan Gempa Jabar (Imran dkk, 2009). Oleh karena itu, yang menjadi permasalahan utama dalam perencanaan dan pelaksanaan struktur bangunan bertingkat adalah bagaimana supaya struktur gedung tersebut memiliki ketahanan dalam menerima beban lateral gempa. Berbagai sistem penahan beban lateral telah digunakan pada gedung-gedung tinggi, namun untuk penggunaan sistem penahan beban lateral secara tepat dan efektif perlu dilakukan perencanaan yang berbasis kinerja, sehingga akan diketahui kapasitas struktur dalam menerima beban lateral serta mengetahui perilaku inelastis dari struktur.

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012) diberikan gaya gempa rencana pada suatu struktur dengan mensyaratkan bahwa bangunan harus didesain agar mampu menahan beban gempa rencana 2500 tahunan atau gempa dengan kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Persyaratan ini diharapkan supaya struktur gedung secara keseluruhan masih berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Dalam penelitian ini, digunakan metode analisa statik nonlinear beban dorong (*Pushover*) untuk mengevaluasi kinerja struktur pada struktur rumah sakit. Kebutuhan analisis non-linear yang sederhana namun dapat meramalkan perilaku struktur terhadap gaya gempa secara tepat semakin meningkat. Analisis *pushover* adalah suatu analisis statik nonlinear dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-

masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya sendi plastis (pelelehan) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan pasca elastik yang besar sampai mencapai kondisi plastis.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, rumah sakit merupakan bangunan fasilitas penting bagi masyarakat yang termasuk pada kategori risiko tinggi. Mengacu pada *Applied Technology Council (ATC-40)* bangunan rumah sakit merupakan bangunan operasional dengan kategori kinerja struktur harus berada pada level *Immediate Occupancy (IO)* yaitu struktur masih bisa untuk digunakan langsung setelah terjadi gempa. Untuk menganalisis dan mengevaluasi tingkat kinerja dan kemampuan struktur tersebut melalui perbandingan terhadap data output yang akan dihasilkan, yakni kurva kapasitas, posisi sendi plastis, gaya geser dan perpindahan maksimum struktur maka dengan melatarbelakangi uraian di atas penulis mengangkat topik “*Evaluasi Struktur Berbasis Kinerja Terhadap Beban Gempa Dengan Analisa Pushover (Studi Kasus Rumah Sakit Ibu dan Anak Budhi Mulia-Pekanbaru)*”.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui simpangan gaya geser maksimum dan *displacement* maksimum struktur.
2. Untuk mengetahui mekanisme sendi plastis melalui titik kinerja (*performance point*) struktur.
3. Untuk menganalisis dan mengevaluasi level kinerja struktur, sehingga dapat mengetahui apakah tingkat kinerja struktur bangunan akibat beban gempa rencana adalah berada pada level *Immediate Occupancy (IO)* yaitu struktur tidak mengalami kerusakan yang berarti atau masih bisa digunakan langsung setelah terjadi gempa.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak melebar dan menyimpang, pembahasan tugas akhir ini diberikan batasan sebagai berikut :

1. Struktur gedung merupakan gedung beton bertulang dengan dinding geser, berfungsi sebagai rumah sakit dengan ketinggian tujuh lantai.

2. Untuk mempercepat perhitungan dengan tingkat yang lebih akurat, analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program aplikasi analisis struktur yaitu ETABS v9.5.0.
3. Menggunakan Perencanaan Tahan Gempa berbasis kinerja yang mengacu pada ATC-40.
4. Metode analisis yang digunakan adalah analisa *pushover*.
5. Perilaku struktur dievaluasi dalam dua dimensi dan tiga dimensi dengan *open frame*, tidak memodelkan tangga, *ramp* dan rangka baja atap hanya diasumsikan sebagai beban.

1.4 Metodologi Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

- Teori tentang konsep analisis gedung tahan gempa berbasis kinerja.
- Prosedur perhitungan gaya gempa dengan analisa statik ekuivalen
- Teori tentang konsep analisa *pushover*.
- Cara pengoperasian aplikasi ETABS v9.5.0.

2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan adalah data-data pada proyek pembangunan Rumah Sakit Ibu dan Anak Budhi Mulia, seperti data tanah, *as built drawing* dan data lain yang mendukung.

3. Analisis Struktur

Tahapan untuk melakukan analisis struktur sebagai berikut :

- Pemodelan struktur dua dimensi dan tiga dimensi.
- *Software* yang digunakan adalah ETABS v9.5.0.
- Menentukan lokasi sendi plastis.
- Kurva *pushover*.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penulisan tugas akhir teratur dan tersistematis maka berikut adalah sistematika penulisan antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini berisi tinjauan pustaka dan dasar teori yang menjelaskan secara umum tentang teori yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan struktur gedung tahan gempa dengan analisis beban dorong.

BAB III METODOLOGI PERHITUNGAN STRUKTUR

Pada bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah kerja perhitungan analisis struktur, cara serta rumus-rumus yang digunakan dalam penyelesaian perhitungan struktur gedung tahan gempa, dan data-data struktur yang akan digunakan dalam perhitungan struktur.

BAB IV ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR

Bab ini menganalisis struktur berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012), pemodelan struktur 3D, analisis gaya lateral ekuivalen, distribusi horizontal dan vertikal gaya gempa, menentukan kapasitas kolom dan balok, lokasi sendi plastis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari pembahasan penulisan tugas akhir.