



**ANALISA GEMPA PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
*STATIK EKIVALEN 3 DIMENSI***

**SKRIPSI**

Oleh

**Moch Reza Dio P.**

**NIM 091910301028**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER 2016**



**ANALISA GEMPA PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
STATIK EKUIVALEN 3 DIMENSI**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Moch Reza Dio P.**

**NIM 091910301028**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua Orang Tuaku, ayah tercinta Drs. Arief santoso S.sos dan ibu tercinta yang telah banyak mewariskan dan menanamkan sejuta kebaikan serta bimbingan untuk menjadi pribadi yang kuat dan bijaksana. Terima kasih juga telah berjuang keras demi mewujudkan keinginan dan membahagiakan anak-anakmu. Untuk ibunda terima kasih atas kesabarannya dalam mendidik anak-anakmu hingga tumbuh dewasa. Terima kasih atas semua cinta dan kasih sayang serta doa yang tidak pernah putus demi kesuksesanku.
2. Adikku Cesilia Santoso yang selama ini sudah memberi semangat untuk saya.
3. Teman-teman teknik sipil 2009 khususnya M. Baihaqi, Agung Nur W, Novan, Kilau, Hasan, Sony, Wahyu, Imam, Agung P., Dani, Kharisma , Dwi P., Rohim yang telah memberi masukan serta dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Sahabat-sahabat yang selalu merangkul disaat susah senang dan mereka adalah keluarga KADIT LIDIG ada Haris, inyong, Adri, MbK cindy, mahrus, Riska, Andika, Dini, Panji, Alwan, Sundari, Unyil.
5. Teman-teman band Jjams: Mas liam, Wawan, Cecep, Yongky, Yonatha.
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

“Dia yang tahu, tidak bicara. Dia yang bicara, tidak Tahu.”

(Lao Tse)

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”

(QS. Ar Ra'd 13:11).

“Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang. Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh.”

(Andrew Jackson)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Moch Reza Dio Pratama

NIM : 091910301028

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Analisa Gempa pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Jember dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen 3 Dimensi" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juni 2016

Yang menyatakan

Moch Reza Dio P.  
NIM 091910301028

**SKRIPSI**

**ANALISA GEMPA PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
STATIK EKUIVALEN 3 DIMENSI**

Oleh

Moch Reza Dio P.  
NIM 091910301028

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Analisa Gempa pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Jember dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen 3 Dimensi**”. Telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 16 Juni 2016

Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Dwi Nurtanto, S.T.,M.T.  
NIP.19731015 199802 2 001

Penguji I,

Ahmad Hasanuddin, ST.,MT  
NIP.19710327 199803 1 003

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP.19661215 199503 2 001

Penguji II,

Ir. Hernu Suyoso, M.T  
NIP.19551112 198702 1 001

Mengesahkan

Fakultas Teknik  
Universitas Jember  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Analisa Gempa pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Jember dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen 3 Dimensi** ; Moch Reza Dio P, 091910301028; 2016; 47 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Analisis *Statik ekuivalen* merupakan salah satu metode menganalisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal *Statik ekuivalen* Menurut Standar Perencanaan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2002), analisis *Statik ekuivalen* cukup dilakukan pada gedung yang memiliki struktur beraturan. Ketentuan-ketentuan mengenai struktur gedung beraturan disebutkan dalam pasal 4.2.1 dari SNI-1726-2002.

Apabila gedung memiliki struktur yang tidak beraturan maka selain dilakukan analisis statik ekuivalen juga diperlukan analisis lebih lanjut, yaitu analisis respon dinamik. Perhitungan respon dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa, dapat menggunakan metode analisis ragam spektrum respons atau metode analisis respon dinamik riwayat waktu. Pada pasal 7.3.1 dari SNI-1726-2002, bila nilai akhir respon dinamik tersebut dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal, maka nilainya tidak boleh kurang dari 80% gaya geser dasar yang dihasilkan dari analisis statik ekuivalen. (SNI-1726-2002)

Penelitian ini akan menganalisis gedung akibat beban gempa dengan permodelan 3 dimensi yang meninjau pada keseluruhan portal bangunan, dengan memasukan beban-beban gempa pada portal bagian melintang dan memanjang di bagian sisi luar gedung.

Berdasarkan pembahasan dan hasil penelitian bahwa terdapat perbedaan nilai simpangan antar-tingkat dari setiap portal yang ditinjau. Dari hasil nilai simpangan bisa disimpulkan bahwa syarat batas simpangan antar-tingkat dari kinerja batas layanan ( $\Delta_s$ ) dan kinerja batas ultimit ( $\Delta_m$ ) memenuhi syarat.

Menurut SNI 1726- 2002 syarat kinerja batas layan dipenuhi jika drift s antar tingkat tidak boleh lebih besar dari 30 mm atau  $0,03/R \times h_i = 0,03/5,5 \times 4500 = 24,545$  mm. Hal ini ditetapkan untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non struktural dan ketidaknyamanan penghuni.

Menurut SNI-1726-2002, kinerja batas ultimit ( m) struktur gedung dapat ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung. Sedangkan syarat drift m antar tingkat tidak boleh melampaui  $0,02.h_i = 0,02 \times 4500 = 90$  mm.

## SUMMARY

**Analysis of the earthquake on the building of the Faculty of Engineering University of Jember by using the Static Method Equivalent 3-dimensional;** Moch Reza Dio P, 091910301028; 2016; 47 pages; Department Of Civil Engineering; Faculty Of Engineering; University Of Jember.

Equivalent Static analysis is one method of analyzing the structure of the building against the nominal Static earthquake load equivalent according to Standard Planning of earthquake For structure of Building (SNI 1726-2002), Static analysis done on building enough equivalent who have irregular structures. The provisions regarding irregular building structures mentioned in section 4.2.1 of the SNI-1726-2002.

If the building has an irregular structure besides static analysis performed equivalent is also required further analysis, i.e. dynamical response analysis. Calculation of dynamic response of building structures of the irregular imposition against earthquake, can use a variety of methods of analysis or response spectrum analysis method of dynamical response time history. In section 7.3.1 of the SNI-1726-2002, when the value of the end of the dynamical response expressed in nominal base sliding style, then its value must not be less than 80% of the basic sliding style resulting from the analysis of static equivalent. (SNI-1726-2002)

This study will analyze the buildings due to earthquake loads with 3 dimensional modeling in the review on the overall portal buildings, with the inclusion of the earthquake loads on transverse section of the portal and elongated at the outer side of the building.

Based on the deliberations and results of the research that there is a difference between the junction between the level of any portal that is reviewed. From the results of the value of the By way can be inferred that the junction between boundary

level of performance limits of layan ( s) and performance limits ultimit ( m) qualified.

According to SNI 1726-2002 conditions of the performance limits of layan filled if drift s interbank rate cannot be greater than 30 mm or  $0.03/R \times h_i = 0.03/5,5 \times 4500 = 24.545$  mm. it is set to limit the occurrence of melting steel and concrete peretakan, in addition to preventing damage of non structural and occupant discomfort.

According to SNI-1726-2002, performance limits ultimit ( m) building structures can be determined by junction and the junction between the maximum level of building structure due to the influence of earthquake building structure condition of the plan in the verge of collapse, namely to limit the occurrence of the collapse of the building's structure that can cause human casualties and to prevent dangerous collisions between buildings. Whereas the terms of m drift between the level should not exceed 0.02.  $h_i = 0.02 \times 4500 = 90$  mm.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Gempa pada Gedung Fakultas Teknik Dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen 3 Dimensi”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,
2. Ir. Hernu Suyoso, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,
3. Dwi Nurtanto, S.T, M.T dan Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dosen Pembimbing,
4. Ahmad Hasanuddin, S.T, MT dan Ir. Hernu Suyoso, MT selaku Dosen Penguji,
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu,

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 16 Juni 2016  
Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang Masalah</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Gempa rencana dan kategori gedung</b> .....	4
2.1.1 Faktor keutamaan berbagai kategori gedung.....	4
<b>2.2 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan.....</b> ..	5
2.2.1 Faktor Daktilitas .....	8
2.2.2 Wilayah gempa dan spektrum respons .....	9
2.2.3 Percepatan puncak batuan dasar dan puncak muka tanah .....	10
2.2.4 Pengaruh gempa vertikal .....	15
<b>2.3 Perencanaan Umum Struktur Gedung</b> .....	16
2.3.1 Struktur Atas dan Struktur Bawah .....	16
2.3.2 Struktur Penahan Beban Gempa .....	17
2.3.3 Kekakuan Struktur .....	18
2.3.4 Pembatasan waktu getar alami fundamental .....	18
2.3.5 Pengaruh P-Delta .....	19
2.3.6 Arah pembebanan gempa .....	19

<b>2.4 Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen .....</b>	<b>20</b>
2.4.1 Waktu getar alami fundamental .....	21
2.4.2 Analisis Statik Ekuivalen .....	22
<b>2.5 Kinerja Struktur Gedung .....</b>	<b>22</b>
2.5.1 Kinerja Batas Layan .....	22
2.5.2 Kinerja Batas Ultimit .....	23
2.5.3 Daktilitas Struktur Gedung Dan Pembebanan Gempa Nominal .....	24
<b>2.6 Analisis Gaya Grafitasi .....</b>	<b>25</b>
2.6.1 Beban Mati .....	25
2.6.2 Beban Hidup .....	28
2.6.3 Analisis Pembebanan .....	29
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Umum .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Studi Literatur .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Alur Penelitian .....</b>	<b>31</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Preliminary Desain .....</b>	<b>32</b>
4.1.1 Data-data Perencanaan .....	32
4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok .....	32
4.1.3 Perencanaan Dimensi Plat .....	32
4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom .....	32
4.1.5 Kategori Gedung .....	32
<b>4.2 Analisa Gaya Gempa Nominal Statik Ekuivalen 2 Dimensi</b>	<b>33</b>
4.2.1 Perhitungan Berat Bangunan Tiap Lantai .....	33
4.2.2 Menentukan Taksiran Waktu Getar Alami (T) Secara Empiris .....	33

4.2.3 Perhitungan Gaya Geser Dasar .....	34
4.2.4 Analisa Terhadap T Rayleigh .....	35
4.2.5 Kinerja Batas Layan ( s) dan Kinerja Batas Ultimit ( m) .....	38
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	42
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	42
<b>5.2 Saran</b> .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	43
<b>LAMPIRAN</b> .....	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Faktor Keutamaan I untuk Berbagi Kategori Gedung dan Bangunan .....	5
<b>Tabel 2.2</b> Parameter daktilitas struktur gedung .....	8
<b>Tabel 2.3</b> Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka Tanah untuk masing-masing wilayah gempa indonesia .....	10
<b>Tabel 2.4</b> Spektrum respons gempa rencana .....	13
<b>Tabel 2.5</b> Koefisien untuk menghitung faktor respons gempa vertikal $C_v$ .....	16
<b>Tabel 2.6</b> Koefisien yang membatasi waktu getar alami Fundamental Struktur gedung .....	19
<b>Tabel 2.7</b> Berat sendiri bahan bangunan .....	25
<b>Tabel 2.8</b> Berat komponen gedung .....	26
<b>Tabel 2.9</b> Beban hidup pada lantai gedung .....	27

<b>Tabel 4.1</b> Analisa Statik ekuivalen Akibat Gempa .....	36
<b>Tabel 4.2</b> Analisa Statik ekuivalen Akibat Gempa menggunakan T Rayleigh .....	37
<b>Tabel 4.3</b> Analisis s Akibat Gempa .....	38
<b>Tabel 4.4</b> Analisis m Akibat Gempa .....	40

### DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Pembagian wilayah gempa di Indonesia .....	8
Gambar 2 Respons Spektrum Gempa Rencana .....	14
Gambar 3 Diagram beban-simpangan (diagram V- ) struktur gedung .....	24
Gambar 4.1 Respon Spektrum Gempa Rencana .....	35
Gambar 4.2 Grafik simpangan dan kontrol kinerja batas layan pada Beban gempa awal struktur .....	39
Gambar 4.3 Grafik simpangan dan kotrol kinerja batas ultimit pada Beban gempa awal struktur .....	40
Gambar 4.4 Displacement Arah x .....	41
Gambar 4.5 Displacement Arah y .....	42

### DAFTAR LAMPIRAN

1. Gambar dari SAP
2. Tabel perhitungan berat tiap lantai dan gempa statik ekivalen
3. Tabel Perhitungan Analisa T Rayleigh Step 2
4. Gambar Struktur Bangunan



## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan kemudian dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

Sejumlah wilayah di Indonesia berulang kali dilanda gempa bumi. Dalam retang waktu yang terbilang singkat gempa mengguncang Tasikmalaya, Yogyakarta, Aceh, Nusa Tenggara Barat, Toli-Toli, Sulawesi Tengah. Akibat gempa tidak hanya merusak bangunan, namun banyak menelan korban jiwa, semakin menegaskan bahwa Indonesia adalah wilayah rawan bencana. Secara geologi Indonesia berada di jalur "cincin api" (ring of fire), yang merupakan jalur patahan dan gunung api yang melingkar di sepanjang Samudra Pasifik, membentang 40.000 km mulai dari Peru dan Chile (Amerika Selatan), Amerika Tengah, Kepulauan Aleutian, Kepulauan Kuril, Jepang, Filipina, Indonesia, Tonga, hingga Selandia Baru. Tercatat 81 persen gempa bumi terbesar terjadi di jalur ini. (Akub Zaenal, 2009)

Berdasarkan Survei Geologi Amerika Serikat, rata-rata terjadi 19,4 gempa bumi berkekuatan di atas 7 skala Richter setiap tahunnya, dengan demikian untuk mencegah banyaknya kerusakan dan korban jiwa, maka pembangunan di Indonesia harus benar-benar diperhatikan yaitu dengan membangun bangunan dengan struktur tahan gempa, salah satunya adalah pembangunan gedung kuliah fakultas teknik di Universitas Jember, kota Jember adalah wilayah dengan intensitas gempa sedang (pada wilayah gempa zona 4), walaupun kota Jember berintensitas gempa sedang ada baiknya jika pembangunan gedung kuliah fakultas teknik menggunakan struktur tahan gempa untuk menanggulangi dan mengurangi

resiko keruntuhan pada bangunan tersebut. Metode analisis yang dipakai dalam perhitungan gempa rencana ini adalah dengan memakai metode analisis gempa “*statik ekuivalen*”.

Analisis *Statik ekuivalen* merupakan salah satu metode menganalisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal *Statik ekuivalen* Menurut Standar Perencanaan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2002), analisis *Statik ekuivalen* cukup dilakukan pada gedung yang memiliki struktur beraturan. Ketentuan-ketentuan mengenai struktur gedung beraturan disebutkan dalam pasal 4.2.1 dari SNI-1726-2002.

Apabila gedung memiliki struktur yang tidak beraturan maka selain dilakukan analisis statik ekuivalen juga diperlukan analisis lebih lanjut, yaitu analisis respon dinamik. Perhitungan respon dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa, dapat menggunakan metode analisis ragam spektrum respons atau metode analisis respon dinamik riwayat waktu. Pada pasal 7.3.1 dari SNI-1726-2002, bila nilai akhir respon dinamik tersebut dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal, maka nilainya tidak boleh kurang dari 80% gaya geser dasar yang dihasilkan dari analisis statik ekuivalen. (SNI-1726-2002)

Karena analisis statik ekuivalen dipandang merupakan langkah awal dalam analisa gedung tahan gempa pada skripsi ini akan dibahas mengenai Analisa gaya gempa *Statik ekuivalen* pada gedung fakultas teknik sipil UNIVERSITAS JEMBER salah satunya untuk mencari nilai simpangan antar tingkat gedung tersebut agar memenuhi syarat Kinerja Batas Layan (KBL) dan Kinerja Batas Ultimit (KBU).

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan analisa gempa terhadap gedung kuliah 5 lantai fakultas teknik yang ada di Universitas Jember dengan menggunakan metode analisis gempa tiga dimensi “*statik ekuivalen*” untuk memperoleh nilai batas simpangan antar tingkat pada gedung tersebut.

## 1.3 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah dalam skripsi ini yaitu meliputi:

1. Peraturan yang digunakan untuk menganalisis beban gempa adalah SNI (1726-2012).
2. Perhitungan dengan menggunakan bantuan aplikasi *SAP2000*.
3. Metode yang digunakan untuk mencari nilai simpangan antar tingkat pada saat gempa rencana adalah analisis gempa *statik ekuivalen*.
4. Analisis struktur ditinjau dalam bentuk frame tiga dimensi.

## 1.4 TUJUAN

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain untuk Mengetahui syarat kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU) struktur gedung kuliah 5 lantai fakultas teknik Universitas Jember pada saat terjadinya gempa rencana dengan menggunakan metode analisis gempa *Statik ekuivalen*.

## 1.5 MANFAAT

Manfaat dari skripsi ini adalah dapat memahami prosedur analisis gempa rencana yang terjadi pada suatu gedung dengan menggunakan metode *Statik ekuivalen*, sehingga dapat mengetahui struktur gedung tersebut merupakan bangunan tahan gempa atau bukan bangunan tahan gempa.

## Bab 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Gempa rencana dan kategori gedung

Standar ini menentukan pengaruh Gempa Rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh Gempa Rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Gempa Rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun. (SNI, 03-1726-2002:11).

#### 2.1.1 Faktor Keutamaan untuk berbagai kategori gedung

Untuk berbagai kategori gedung, bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan, pengaruh Gempa Rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu Faktor Keutamaan I menurut persamaan :

$$I = I_1 I_2 \quad (\text{SNI 1726-2002 : 12})$$

di mana  $I_1$  adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung, sedangkan  $I_2$  adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut. Faktor-faktor Keutamaan  $I_1$ ,  $I_2$  dan  $I$  ditetapkan menurut Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan**

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam,	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

(Sumber : SNI 1726-2002:12)

Catatan :

Untuk semua struktur bangunan gedung yang ijin penggunaannya diterbitkan sebelum berlakunya Standar ini maka Faktor Keutamaan, I, dapat dikalikan 80%.

## 2.2 Struktur gedung beraturan dan tidak beraturan

Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.

- Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.
- Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat, di mana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar-tingkat.

- Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Kalaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh Gempa Rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut Standar ini analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. (Sumber : SNI 1726-2002:13).

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan menurut Pasal 2.2.1, ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh Gempa Rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik. (Sumber : SNI 1726-2002:13)

**Tabel 2.2 parameter daktilitas struktur gedung**

Taraf kinerja struktur gedung	$\mu$	R
Elastik penuh	1,0	1,6
	1,5	2,4
Daktail parsial	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
Daktail penuh	5,3	8,5

(Sumber : SNI 1726-2002:15)

### 2.2.1 Nilai faktor daktilitas struktur gedung

Nilai faktor daktilitas struktur gedung  $\mu$  di dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan, tetapi tidak boleh diambil lebih besar dari nilai faktor daktilitas maksimum  $\mu_m$  yang dapat dikerahkan oleh masing-masing sistem atau subsistem struktur gedung. Dalam Tabel 2.2 ditetapkan nilai  $\mu_m$  yang dapat dikerahkan oleh beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung, berikut faktor reduksi maksimum  $R_m$  yang bersangkutan.

Apabila dalam arah pembebanan gempa akibat pengaruh Gempa Rencana sistem struktur gedung terdiri dari beberapa jenis subsistem struktur gedung yang berbeda, faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung itu untuk arah

pembebanan gempa tersebut, dapat dihitung sebagai nilai rata-rata berbobot dengan gaya geser dasar yang dipikul oleh masing-masing jenis subsistem sebagai besaran pembobotnya menurut persamaan :

$$R = \frac{\sum V_s}{\sum V_s / R_s} \quad (\text{SNI 1726-2002 :15})$$

di mana  $R_s$  adalah nilai faktor reduksi gempa masing-masing jenis subsistem struktur gedung dan  $V_s$  adalah gaya geser dasar yang dipikul oleh masing-masing jenis subsistem struktur gedung tersebut, dengan penjumlahan meliputi seluruh jenis subsistem struktur gedung yang ada. Metode ini hanya boleh dipakai, apabila rasio antara nilai-nilai faktor reduksi gempa dari jenis-jenis subsistem struktur gedung yang ada tidak lebih dari 1,5. (Sumber : SNI 1726–2002:15).

### 2.2.2 Wilayah gempa dan spektrum respons

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 Wilayah Gempa seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, di mana Wilayah Gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan Wilayah Gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Pembagian Wilayah Gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh Gempa Rencana dengan perioda ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap Wilayah Gempa ditetapkan dalam Gambar 1 dan Tabel 2.3.

Apabila percepatan puncak muka tanah  $A_0$  tidak didapat dari hasil analisis perambatan gelombang seperti disebut dalam Pasal 4.6.1, percepatan puncak muka tanah tersebut untuk masing-masing Wilayah Gempa dan untuk masing-masing jenis tanah ditetapkan dalam Tabel 2.3. (Sumber : SNI 1726-2002:19).

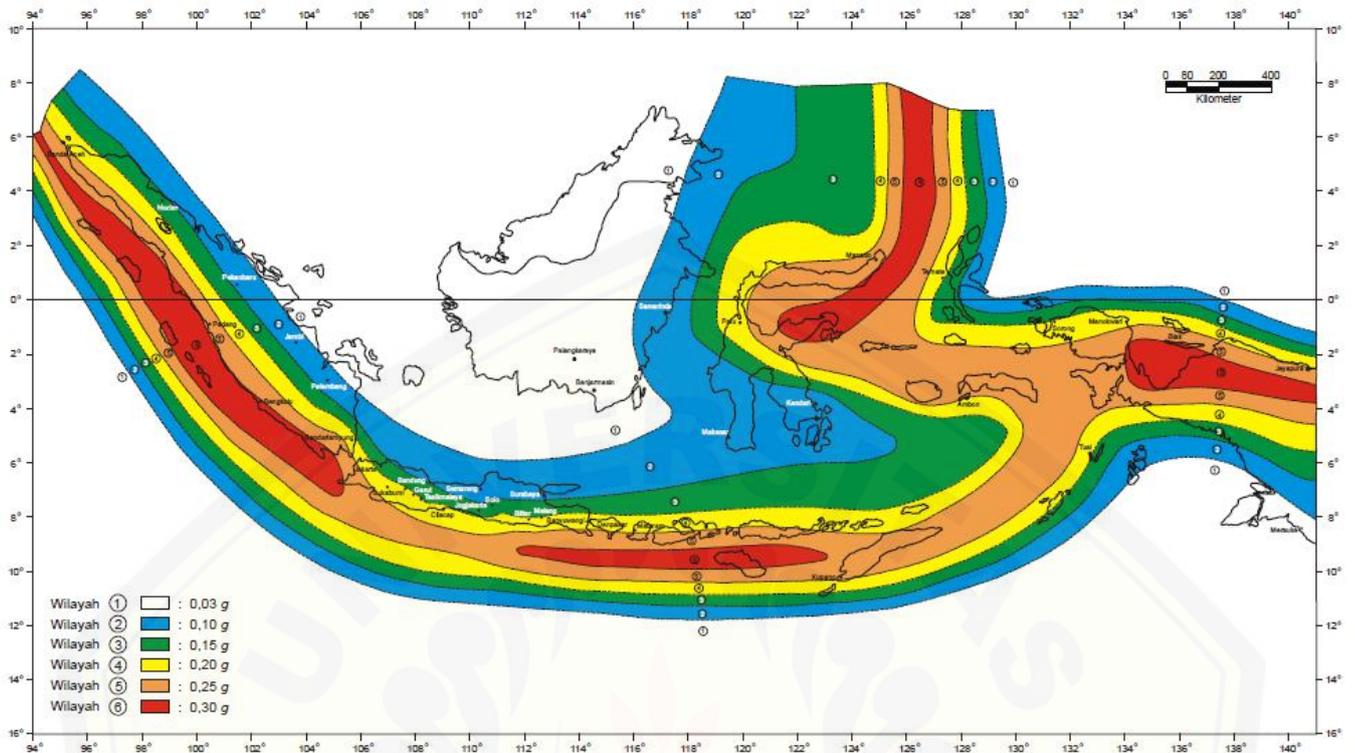
### 2.2.3 Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia. (Tabel 2.3)

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah $A_0$ ('g')			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

(Sumber : SNI 1726-2012:20)

Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah  $A_0$  untuk Wilayah Gempa 1 yang ditetapkan dalam Gambar 1 dan Tabel 5 ditetapkan juga sebagai percepatan minimum yang harus diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung untuk menjamin kekekaran (robustness) minimum dari struktur gedung tersebut.

Untuk menentukan pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung, yaitu berupa beban geser dasar nominal statik ekuivalen pada struktur beraturan menurut Pasal 6.1.2, gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik ragam pertama pada struktur gedung tidak beraturan menurut Pasal 7.1.3 dan gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik seluruh ragam yang berpartisipasi pada struktur gedung tidak beraturan menurut Pasal 7.2.1, untuk masing-masing Wilayah Gempa ditetapkan Spektrum Respons Gempa Rencana C-T seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Dalam gambar tersebut C adalah Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik. Untuk  $T = 0$  nilai C tersebut menjadi sama dengan  $A_0$ , di mana  $A_0$  merupakan percepatan puncak muka tanah menurut Tabel 2.3. (Sumber : SNI 1726-2002:20)



**Gambar 1) Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan perioda ulang 500 tahun.**

Mengingat pada kisaran waktu getar alami pendek  $0 < T < 0,2$  detik terdapat ketidak-pastian, baik dalam karakteristik gerakan tanah maupun dalam tingkat daktilitas strukturnya, Faktor Respons Gempa C menurut Spektrum Respons Gempa Rencana yang ditetapkan dalam Pasal 2.3.3, dalam kisaran waktu getar alami pendek tersebut, nilainya tidak diambil kurang dari nilai maksimumnya untuk jenis tanah yang bersangkutan. (Sumber : SNI 1726-2002:21)

Dengan menetapkan percepatan respons maksimum  $A_m$  sebesar :

$$A_m = 2,5 \cdot A_o$$

dan waktu getar alami sudut  $T_c$  sebesar 0,5 detik, 0,6 detik dan 1,0 detik untuk jenis tanah berturut-turut Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, maka dengan memperhatikan Pasal 4.7.4 dan Pasal 4.7.5, Faktor Respons Gempa  $C$  ditentukan oleh persamaan-persamaan sebagai berikut :

- untuk  $T \leq T_c$  :

$$C = A_m$$

- untuk  $T > T_c$  :

$$C = A_r / T$$

Dengan

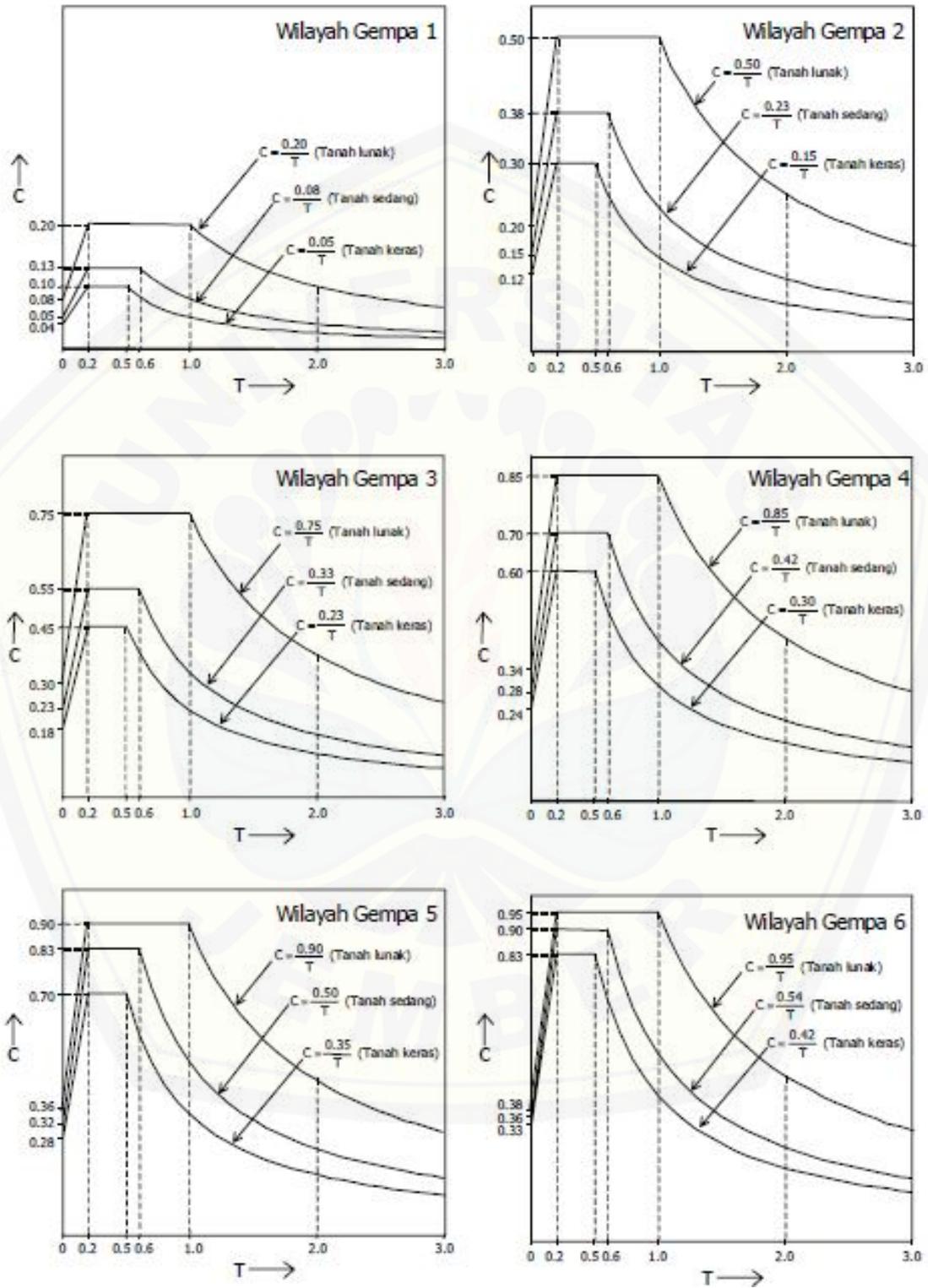
$$A_r = A_m \cdot T_c \quad (\text{Sumber : SNI 1726-2002 : Hal 21})$$

Dalam Tabel 2.4, nilai-nilai  $A_m$  dan  $A_r$  dicantumkan untuk masing-masing Wilayah Gempa dan masing-masing jenis tanah.

Tabel 2.4 Spektrum respons gempa rencana

Wilayah Gempa	Tanah Keras $T_c = 0,5$ det.		Tanah Sedang $T_c = 0,6$ det.		Tanah Lunak $T_c = 1,0$ det.	
	$A_m$	$A_r$	$A_m$	$A_r$	$A_m$	$A_r$
1	0,10	0,05	0,13	0,08	0,20	0,20
2	0,30	0,15	0,38	0,23	0,50	0,50
3	0,45	0,23	0,55	0,33	0,75	0,75
4	0,60	0,30	0,70	0,42	0,85	0,85
5	0,70	0,35	0,83	0,50	0,90	0,90
6	0,83	0,42	0,90	0,54	0,95	0,95

(Sumber : SNI 1726-2002:21)



Gambar 2 Respons Spektrum Gempa Rencana

### 2.2.4 Pengaruh gempa vertikal

Unsur-unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi seperti balkon, kanopi dan balok kantilever berbentuk panjang, balok transfer pada struktur gedung tinggi yang memikul beban gravitasi dari dua atau lebih tingkat di atasnya serta balok beton pratekan berbentuk panjang, harus diperhitungkan terhadap komponen vertikal gerakan tanah akibat pengaruh Gempa Rencana, berupa beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen yang harus ditinjau bekerja ke atas atau ke bawah yang besarnya harus dihitung sebagai perkalian Faktor Respons Gempa vertikal  $C_v$  dan beban gravitasi, termasuk beban hidup yang sesuai.

Faktor Respons Gempa vertikal  $C_v$  yang disebut dalam Pasal 4.8.1 harus dihitung menurut persamaan :

$$C_v = \psi \cdot A_o \cdot I \quad (\text{Sumber : SNI 1726-2002:23})$$

di mana koefisien  $\psi$  bergantung pada Wilayah Gempa tempat struktur gedung berada dan ditetapkan menurut Tabel 2.5, dan  $A_o$  adalah percepatan puncak muka tanah menurut Tabel 2.3, sedangkan  $I$  adalah Faktor Keutamaan gedung menurut Tabel 2.1.

**Tabel 2.5 Koefisien untuk menghitung faktor respons gempa vertikal  $C_v$** 

Wilayah gempa	$\psi$
1	0,5
2	0,5
3	0,5
4	0,6
5	0,7
6	0,8

(Sumber : SNI 1726-2002:23)

## 2.3 Perencanaan umum struktur gedung

### 2.3.1 Struktur atas dan struktur bawah

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah, sedangkan struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di bawah muka tanah, yang terdiri dari struktur besmen - kalau ada – dan/atau struktur fondasinya. Seluruh struktur bawah harus diperhitungkan memikul pengaruh Gempa Rencana.

Apabila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh Gempa Rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada taraf lantai dasar. Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia sendiri dan beban gempa yang berasal dari tanah sekelilingnya.

Pada gedung tanpa besmen, taraf penjepitan lateral struktur atas dapat dianggap terjadi pada bidang telapak fondasi langsung, bidang telapak fondasi rakit dan bidang atas kepala (pur) fondasi tiang.

Apabila penjepitan tidak sempurna dari struktur atas gedung pada struktur bawah diperhitungkan, maka struktur atas gedung tersebut harus diperhitungkan terhadap pengaruh deformasi lateral maupun rotasional dari struktur bawahnya.

Dalam perencanaan struktur atas dan struktur bawah suatu gedung terhadap pengaruh Gempa Rencana, struktur bawah tidak boleh gagal lebih dahulu dari struktur atas. Untuk itu, terhadap Pengaruh Gempa Rencana unsur-unsur struktur bawah harus tetap berperilaku elastik penuh, tak bergantung pada tingkat daktilitas yang dimiliki struktur atasnya. (Sumber : SNI 1726-2002:24)

### **2.3.2 Struktur penahan beban gempa**

Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh Gempa Rencana, semua unsur struktur gedung, baik bagian dari subsistem struktur gedung maupun bagian dari sistem struktur gedung seperti rangka (portal), dinding geser, kolom, balok, lantai, lantai tanpa balok (lantai cendawan) dan kombinasinya, harus diperhitungkan memikul pengaruh Gempa Rencana.

Pengabaian pemikulan pengaruh Gempa Rencana oleh salah satu atau lebih kolom atau subsistem struktur gedung yang disebut dalam Pasal 5.2.1 hanya diperkenankan, bila partisipasi pemikulan pengaruh gempanya adalah kurang dari 10%. Dalam hal ini, unsur atau subsistem tersebut selain terhadap beban gravitasi, juga harus direncanakan terhadap simpangan sistem struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung yang berperilaku elastik penuh, yaitu terhadap simpangan sebesar  $R/1,6$  kali simpangan akibat beban gempa nominal pada struktur gedung tersebut, di mana  $R$  adalah faktor reduksi gempa dari struktur gedung itu dan  $1,6$  adalah faktor reduksi gempa untuk struktur elastik penuh ( $R = f1$ ).

Dalam suatu sistem struktur yang terdiri dari kombinasi dinding-dinding geser dan rangka-rangka terbuka, beban geser dasar nominal akibat pengaruh Gempa Rencana yang dipikul oleh rangka-rangka terbuka tidak boleh kurang dari 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. (Sumber : SNI 1726-2002:24)

### 2.3.3 Kekakuan struktur

Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh Gempa Rencana, pengaruh peretakan beton pada unsur-unsur struktur dari beton bertulang, beton pratekan dan baja komposit harus diperhitungkan terhadap kekakuannya. Untuk itu, momen inersia penampang unsur struktur dapat ditentukan sebesar momen inersia penampang utuh dikalikan dengan suatu persentase efektifitas penampang sebagai berikut :

- untuk kolom dan balok rangka beton bertulang terbuka : 75%
- untuk dinding geser beton bertulang kantilever : 60%
- untuk dinding geser beton bertulang berangkai :
  - komponen dinding yang mengalami tarikan aksial : 50%
  - komponen dinding yang mengalami tekanan aksial : 80%
  - komponen balok perangkai dengan tulangan diagonal : 40%
  - komponen balok perangkai dengan tulangan memanjang : 20%

### 2.3.4 Pembatasan waktu getar alami fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental  $T_1$  dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien  $\zeta$  untuk Wilayah Gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya  $n$  menurut persamaan :

$$T_1 < \zeta \cdot n \quad (\text{SNI 1726-2002:26})$$

di mana koefisien  $\zeta$  ditetapkan menurut Tabel 2.6.

**Tabel 2.6 Koefisien yang membatasi waktu getar alami Fundamental struktur gedung**

Wilayah Gempa	$\zeta$
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

(Sumber : SNI 1726-2002:26)

### 2.3.5 Pengaruh P-Delta

Struktur gedung yang tingginya diukur dari taraf penjepitan lateral adalah lebih dari 10 tingkat atau 40 m, harus diperhitungkan terhadap Pengaruh P-Delta, yaitu suatu gejala yang terjadi pada struktur gedung yang fleksibel, di mana simpangan ke samping yang besar akibat beban gempa lateral menimbulkan beban lateral tambahan akibat momen guling yang terjadi oleh beban gravitasi yang titik tangkapnya menyimpang ke samping. (Sumber : SNI 1726-2002:26).

### 2.3.6 Arah pembebanan gempa

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh Gempa Rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan.

Untuk mensimulasikan arah pengaruh Gempa Rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan menurut Pasal 2.2 harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus

pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%.(Sumber : SNI 1726-2002:26).

#### 2.4 Beban gempa nominal statik ekuivalen

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen, yang ditetapkan lebih lanjut dalam pasal-pasal berikut.

Apabila kategori gedung memiliki Faktor Keutamaan I menurut Tabel 2.1 dan strukturnya untuk suatu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan Gempa Rencana memiliki faktor reduksi gempa R dan waktu getar alami fundamental T<sub>1</sub>, maka beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t \quad (\text{SNI 1726-2002:27})$$

di mana C<sub>1</sub> adalah nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana menurut Gambar 2 untuk waktu getar alami fundamental T<sub>1</sub>, sedangkan W<sub>t</sub> adalah berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

Beban geser dasar nominal V menurut Pasal 2.8.2 harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F<sub>i</sub> yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V$$

(SNI 1726-2002 : 27)

di mana  $W_i$  adalah berat lantai tingkat ke- $i$ , termasuk beban hidup yang sesuai,  $z_i$  adalah ketinggian lantai tingkat ke- $i$  diukur dari taraf penjepitan lateral menurut Pasal 5.1.3 dan Pasal 5.1.4, sedangkan  $n$  adalah nomor lantai tingkat paling atas.

Apabila rasio antara tinggi struktur gedung dan ukuran denahnya dalam arah pembebanan gempa sama dengan atau melebihi 3, maka  $0,1 V$  harus dianggap sebagai beban horisontal terpusat yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat paling atas, sedangkan  $0,9 V$  sisanya harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban- beban gempa nominal statik ekuivalen menurut Pasal 2.3.8.

Pada tangki di atas menara, beban gempa nominal statik ekuivalen sebesar  $V$  harus dianggap bekerja pada titik berat massa seluruh struktur menara dan tangki berikut isinya. (Sumber : SNI 1726-2002:27)

#### 2.4.1 Waktu getar alami fundamental

Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus Rayleigh sebagai berikut :

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}}$$

(SNI 1726-2002:28)

di mana  $W_i$  dan  $F_i$  mempunyai arti yang sama seperti yang disebut dalam Pasal 2.8.3, di adalah simpangan horisontal lantai tingkat ke- $i$  dinyatakan dalam mm dan 'g' adalah percepatan gravitasi yang ditetapkan sebesar 9810 mm/det<sup>2</sup>.

Apabila waktu getar alami fundamental  $T_1$  struktur gedung untuk penentuan Faktor Respons Gempa  $C_1$  menurut Pasal 6.1.2 ditentukan dengan rumus-rumus empiris atau didapat dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai yang dihitung menurut Pasal 6.2.1.

(Sumber : SNI 1726-2002:28)

#### **2.4.2 Analisis statik ekuivalen**

Mengingat pada struktur gedung beraturan pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dapat ditampilkan sebagai beban-beban gempa nominal statik ekuivalen  $F_i$  yang menangkap pada pusat massa lantai-lantai tingkat, maka pengaruh beban-beban gempa nominal statik ekuivalen tersebut dapat dianalisis dengan metoda analisis statik 3 dimensi biasa yang dalam hal ini disebut analisis statik ekuivalen 3 dimensi. (Sumber : SNI 1726-2002:28)

### **2.5 Kinerja Struktur Gedung**

#### **2.5.1 Kinerja Batas Layan**

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh Gempa Rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh Gempa Nominal yang telah dibagi Faktor Skala.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut Pasal 9.1.1 tidak boleh melampaui  $0,03/R$  kali tinggi tingkat yang

bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya terkecil. (Sumber : SNI 1726-2002:31)

### 2.5.2 Kinerja batas ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela delatasi). Sesuai Pasal 4.3.3 simpangan dan simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali sebagai berikut :

- untuk struktur gedung beraturan :

$$\xi = 0,7 R$$

- untuk struktur gedung tidak beraturan :

$$= 0,7 R / \text{Faktor skala}$$

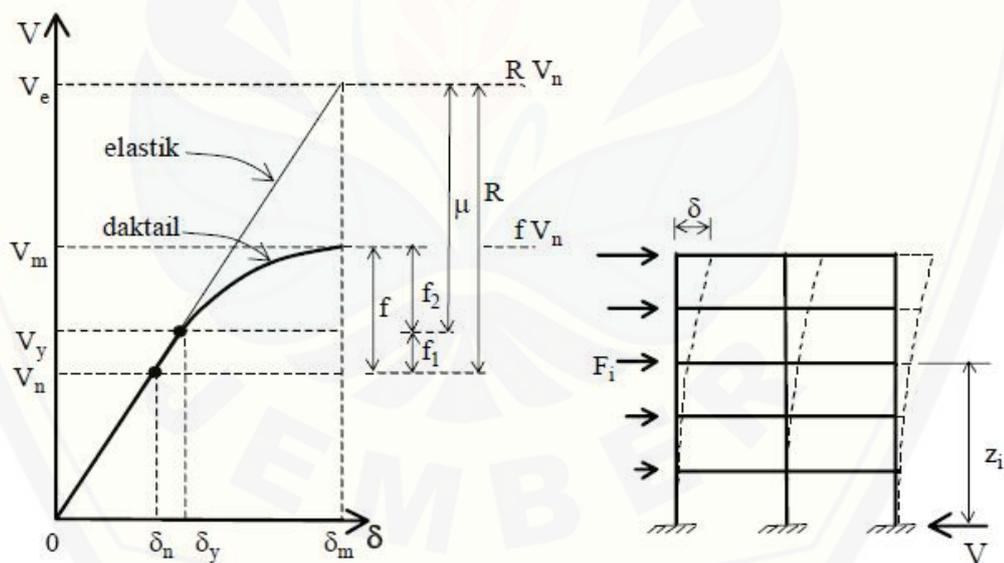
di mana R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut dan Faktor Skala adalah seperti yang ditetapkan dalam Pasal 7.2.3.(SNI 1726-2002:31)

### 2.5.3 Daktilitas Struktur Gedung Dan Pembebanan Gempa Nominal

Dari pasal ini terlihat, bahwa pada struktur yang elastik penuh, kondisi struktur di ambang keruntuhan tercapai bersamaan dengan pelelehan pertama di dalam struktur ( $m = y$ ). Selanjutnya pasal ini menentukan, bahwa tidak semua jenis sistem struktur gedung mampu berperilaku daktail penuh dengan mencapai  $\mu = 5,3$ . Faktor daktilitas maksimum  $\mu_m$  yang dapat dicapai oleh berbagai jenis sistem struktur ditetapkan dalam Tabel 3. Untuk perencanaan suatu struktur gedung nilai  $\mu$  dapat dipilih sendiri oleh perencana atau pemilik gedung, asal

memenuhi  $1,0 < \mu < \mu_m$ . Untuk selanjutnya lihat A.4.3.4.(SNI 1726-2002:40).

Asumsi yang dianut dalam pasal ini, yaitu bahwa struktur gedung duktail dan struktur gedung elastik penuh akibat pengaruh Gempa Rencana menunjukkan simpangan maksimum  $m$  yang sama dalam kondisi di ambang keruntuhan (constant maximum displacement rule), sudah biasa dianut dalam standar-standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung, agar terdapat hubungan yang sederhana antara  $V_y$  dan  $V_e$  melalui  $\mu$ . Asumsi ini adalah konservatif, karena dalam keadaan sesungguhnya struktur gedung yang duktail memiliki  $m$  yang relatif lebih besar dari pada struktur gedung yang elastik, sehingga memiliki  $\mu$  yang relatif lebih besar dari pada yang diasumsikan. Asumsi yang dianut divisualisasikan dalam diagram beban-simpangan (diagram  $V-\delta$ ) yang ditunjukkan dalam Gambar 3.



**Gambar 3** Diagram beban-simpangan (diagram  $V-\delta$ ) struktur gedung

## 2.6 Analisis Gaya Grafitasi

### 2.6.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan-peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

**Tabel 2.7** berat sendiri bahan bangunan

No	Bahan	Beban	Satuan
1	Baja	7850	Kg/m <sup>3</sup>
2	Batu alam	2600	Kg/m <sup>3</sup>
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung ( berat tumpuk )	1500	Kg/m <sup>3</sup>
4	Batu karang ( berat tumpuk )	700	Kg/m <sup>3</sup>
5	Batu pecah	1450	Kg/m <sup>3</sup>
6	Besi tuang	7250	Kg/m <sup>3</sup>
7	Beton ( <sup>1</sup> )	2200	Kg/m <sup>3</sup>
8	Beton bertulang ( <sup>2</sup> )	2400	Kg/m <sup>3</sup>
9	Kayu ( kelas 1 ) ( <sup>3</sup> )	1000	Kg/m <sup>3</sup>
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650	Kg/m <sup>3</sup>
11	Pasangan bata merah	1700	Kg/m <sup>3</sup>
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200	Kg/m <sup>3</sup>
13	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m <sup>3</sup>
14	Pasangan batu karang	1450	Kg/m <sup>3</sup>
15	Pasir ( kering udara sampai lembab )	1600	Kg/m <sup>3</sup>
16	Pasir ( jenuh air )	1800	Kg/m <sup>3</sup>
17	Pasir kerikil, koral ( kering udara sampai lembab )	1850	Kg/m <sup>3</sup>
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700	Kg/m <sup>3</sup>
19	Tanah, lempung dan lanau ( basah )	2000	Kg/m <sup>3</sup>
20	Timah hitam ( timbel )	11400	Kg/m <sup>3</sup>

Sumber : Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung (Standar Nasional Indonesia 1983:11)

**Tabel 2.8** Berat sendiri komponen gedung

No	Komponen	Beban	Satuan
1	Adukan, per cm tebal :		
	- Dari semen	21	Kg/m <sup>2</sup>
	- Dari kapur, semen merah	17	Kg/m <sup>2</sup>
2	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14	Kg/m <sup>2</sup>
3	Dinding pasangan bata merah :		
	- Satu batu	450	Kg/m <sup>2</sup>
	- Setengah batu	250	Kg/m <sup>2</sup>
4	Dinding pasangan batako :		
	• Berlubang :		
	- Tebal dinding 20 cm ( HB 20 )	200	Kg/m <sup>2</sup>
	- Tebal dinding 10 cm ( HB 10 )	120	Kg/m <sup>2</sup>
	• Tanpa lubang		
	- Tebal dinding 15 cm	300	Kg/m <sup>2</sup>
	- Tebal dinding 10 cm	200	Kg/m <sup>2</sup>
5	Langit-langit dan dinding ( termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku ), terpadu dari :		
	- Semen asbes ( eternity dan bahan lain sejenis ), dengan tebal maksimum 4mm.	11	Kg/m <sup>2</sup>
	- Kaca, dengan tebal 3-4 mm.	10	Kg/m <sup>2</sup>

6	Penggantung langit-langit ( dari kayu ), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m.	40	Kg/m <sup>2</sup>
7	Penutup atap genting dengan reng dan usuk / kaso per m <sup>2</sup> bidang atap.	50	Kg/m <sup>2</sup>
8	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk / kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap.	40	Kg/m <sup>2</sup>
9	Penutup atap seng gelombang ( BWG 24 ) tanpa gording	10	Kg/m <sup>2</sup>
10	Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal.	24	Kg/m <sup>2</sup>
11	Semen asbes gelombang ( tebal 5 mm )	11	Kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung  
(Standar Nasional Indonesia 1983:11-12)

### 2.6.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung dan di dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai atau atap.

**Tabel 2.9** Beban hidup pada lantai gedung

No	Lantai	Beban	Satuan
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam	200	Kg/m <sup>2</sup>
2.	Lantai tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang	125	Kg/m <sup>2</sup>
3.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, took, toserba, restoran,	250	Kg/m <sup>2</sup>
4.	Lantai ruang olah raga.	400	Kg/m <sup>2</sup>

5.	Lantai dansa.	500	Kg/m <sup>2</sup>
6.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari yang disebut dalam no 1 s/d 5, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400	Kg/m <sup>2</sup>
7.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri.	500	Kg/m <sup>2</sup>
8.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no 3.	300	Kg/m <sup>2</sup>
9.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no 4,5,6 dan 7.	500	Kg/m <sup>2</sup>
10.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam no 3,4,5,6	250	Kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung  
(Standar Nasional Indonesia 1983:11)

### 2.6.3 Analisis Pembebanan

Beban yang akan ditinjau dan dihitung dalam perancangan gedung ini ialah beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan kombinasi pembebanan yang telah ada dalam Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03 – 2847 – 2002.

#### 1. Kuat perlu (U)

- a. Kuat perlu (U) untuk menahan beban mati (D) paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,4D \quad (2.14)$$

- b. Kuat perlu (U) yang menahan beban mati (D) dan beban hidup (L):

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2.15)$$

- c. Kuat perlu (U) yang menahan kombinasi beban mati (D), beban hidup (L) dan beban gempa (E):

$$U = 1,2D + 1,0L \pm 1,0E \text{ atau} \quad (2.16)$$

$$U = 0,9D \pm 1,0E \quad (2.17)$$

dengan:

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

R = beban hujan

A = beban atap

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### 3.1 Umum

Secara umum dalam metode penelitian dalam skripsi ini dibagi dalam tiga tahap yaitu input, analisis dan output. Yang termasuk dalam tahap input antara lain penentuan geometri struktur, variabel desain, penentuan jenis beban dan pemodelan struktur.

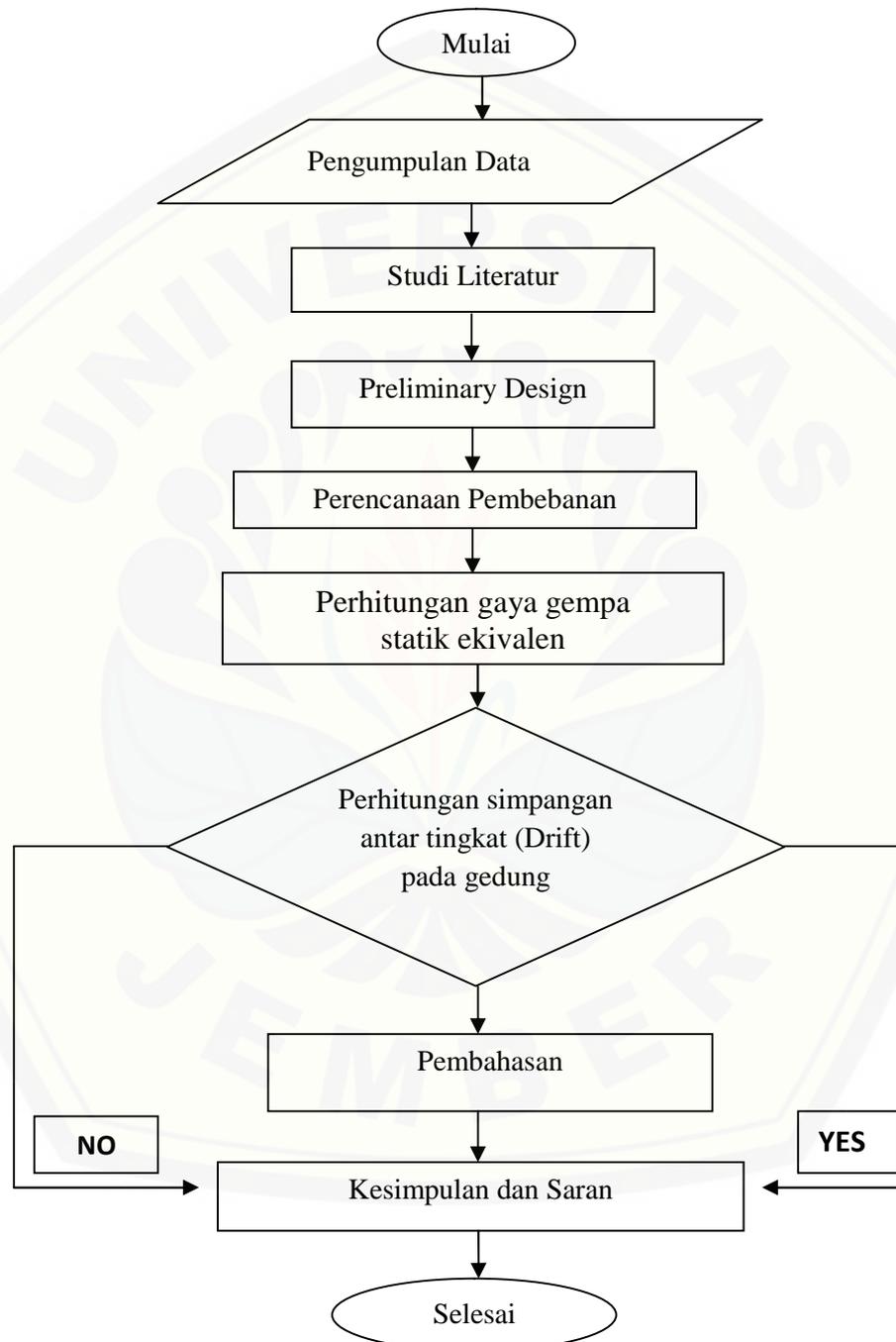
Sedangkan tahap analisis yaitu analisis struktur tiga dimensi dengan memasukan respons spektra, dan parameter-parameter analisis *statik ekuivalen* pada program SAP 2000 untuk mengetahui respons struktur dan tingkat kinerja struktur. Tahap yang terakhir yaitu tahap output yang membahas tentang hasil simpangan antar tingkat gedung tersebut saat terjadinya gempa rencana dengan menggunakan analisis gempa *statik ekuivalen*.

##### 3.2 Studi Literatur

- a. Mempelajari perencanaan struktur gedung yang menggunakan system rangka pemikul momen (SRPM) dan struktur gedung yang menggunakan system rangka.
- b. Mempelajari tentang perencanaan struktur tahan gempa dengan analisa statik ekuivalen.
- c. Pembebanan struktur akibat beban statik ekuivalen sesuai dengan ragam yang terjadi pada struktur gedung.
- d. Desain atau criteria bangunan tahan gempa.
- e. Tata cara perhitungan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2002.

### 3.3 Alur Penelitian

Flow chart alur penelitian untuk analisa gaya gempa pada gedung kuliah fakultas teknik Universitas Jember.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Dari hasil analisa Statik Ekuivalen 3 Dimensi perhitungan batas simpangan antar tingkat tidak melebihi kinerja batas drift pada setiap tingkatnya sehingga memenuhi syarat batas drift gedung tersebut.

### 5.2 Saran

Dicoba perhitungan gaya gempa dengan menggunakan metode yang berbeda untuk mencari nilai simpangan antar tingkat/drift contoh beberapa metode sebagai berikut:

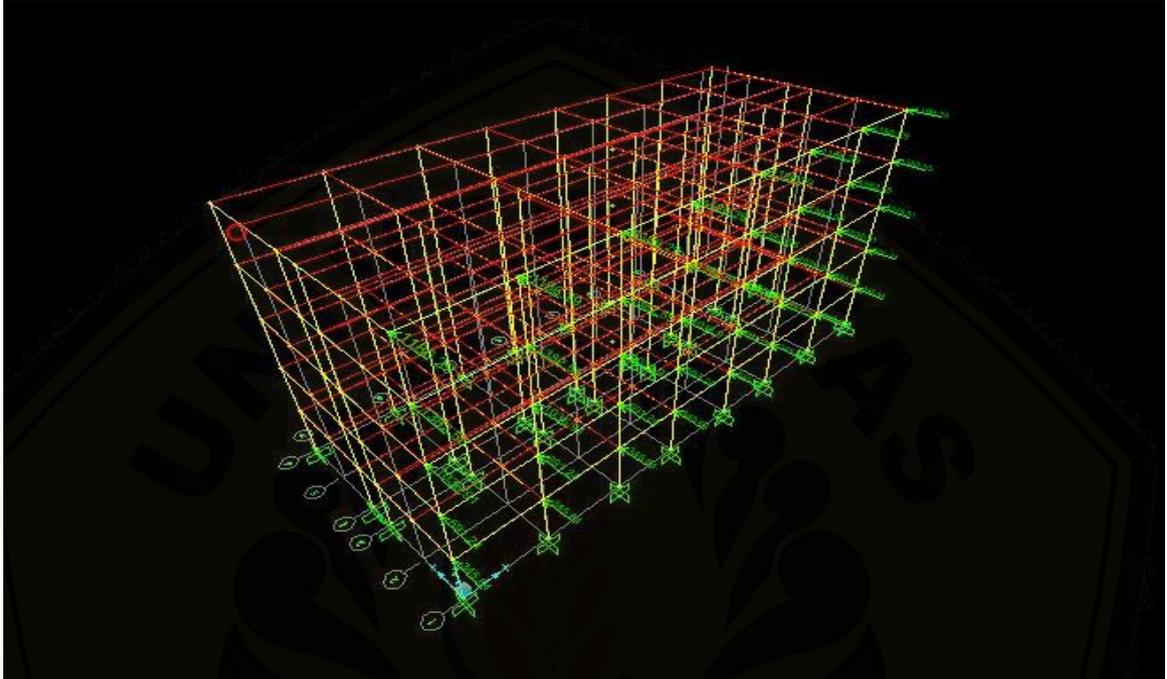
- Metode respon dinamik/respon spektrum
- Metode respon riwayat waktu
- Metode push over

**DAFTAR PUSTAKA**

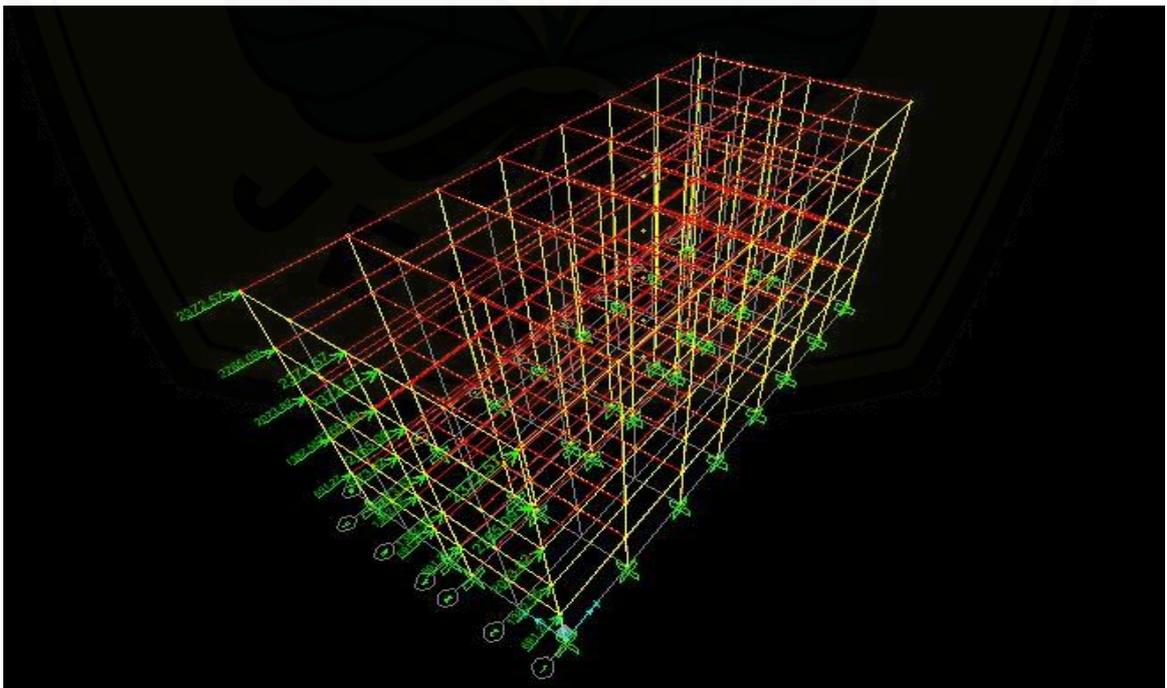
- Andriono, T., dkk. 1999. Studi tentang prosedur pemeriksaan ketahanan struktur rangka beton bertulang terhadap beban gempa, *Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan*. Bandung: Pusat studi masalah kegempaan dan jurusan Teknik Sipil ITB, V71-V83.
- Krisnamurti, 2009. *Metode Analisis Struktur Akibat Beban Gempa*. Jember : Jember University Press, ISBN : 979-8176-77-4
- Dep. PU.1987. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, SKBI-1.3.53.1987, Jakarta: yayasan badan penerbit PU.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03 – 1726 – 2002, Jakarta: BSN
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03 – 2847 – 2002, Jakarta: BSN

LAMPIRAN

Gambar 3d arah gempa y



Gambar 3d arah gempa x



## 1. PERHITUNGAN BERAT BANGUNAN TIAP LANTAI

### A. Untuk Lantai 1

NO	URAIAN	PERHITUNGAN						BERAT
1	Elemen Vertikal							
	kolom	Kolom 1	0.4	0.6	4.5	2400	16	41,472.000
		Kolom 2	0.4	0.4	4.5	2400	16	27,648.000
	dinding		0.15	113.7	4.5	1700		130,470.750
	partisi			677.45		100		67,745.000
2	Lantai							
	spesi		3	17	39.9	21		42,679.350
	keramik			17	39.9	24		16,258.800
							Total	326,273.900

### B. Untuk Lantai 2-4

NO	URAIAN	PERHITUNGAN						BERAT
1	Balok Memanjang							
	memanjang	Balok 1	0.3	0.5	2400	39.9	6	86,076.000
	Balok Melintang							
	melintang	Balok 1	0.3	0.5	2400	15	8	43,200.000
		Balok 2	0.2	0.3	2400	2	8	2,304.000
2	Pelat Lantai							
	pelat		0.12	17	39.9	2400		195,105.600
	spesi		3	17	39.9	21		42,679.350
	keramik			17	39.9	24		16,258.800
3	Elemen Vertikal							
	kolom	Kolom 1	0.4	0.6	4.5	2400	16	41,472.000
		Kolom 2	0.4	0.4	4.5	2400	16	27,648.000
	dinding		0.15	113.7	4.5	1700		130,470.750
	partisi			677.45		100		67,745.000

4	Beban Hidup							
	beban hidup			17	39.9	250		169,362.500
							<b>Total</b>	<b>822,322.000</b>

### C. Lantai 5 (Atap)

NO	URAIAN	PERHITUNGAN						
1	Balok Memanjang							
	memanjang	Balok 1	0.3	0.5	2400	39.9	6	86,076.000
	Balok Melintang							
	melintang	Balok 1	0.3	0.5	2400	15	8	43,200.000
		Balok 2	0.2	0.3	2400	2	8	2,304.000
2	Pelat Lantai							
	pelat		0.12	17	39.9	2400		195,105.600
	spesi		3	17	39.9	21		42,679.350
	plafond			17	39.9	18		12,194.100
3	Beban Hidup							

NO	URAIAN	PERHITUNGAN						
	beban hidup			17	39.9	100		67,745.000
				17	39.9	20		13,549.000
							<b>Total</b>	<b>462,853.050</b>

## Distribusi beban statik ekuivalen

Lt	zi (m)	Wi (kg)	wi x zi	Fi	di (mm)	Wi x di <sup>2</sup>	F x di
5	22.5	462,853	10,414,194	92,578.471	122.718	6,970,431,559.59	11,361,044.855
4	18	822,322	14,801,796	131,582.694	111.817	10,281,526,083	14,713,182.039
3	13.5	822,322	11,101,347	98,687.020	90.052	6,668,507,357	8,886,963.536
2	9	822,322	7,400,898	65,791.347	59.679	2,928,768,089	3,926,361.783
1	4.5	326,274	1,468,233	13,052.064	24.855	201,562,562	324,409.059
jumlah			45,186,467		409.121	27,050,795,651	39,211,961.272

## Analisa terhadap T Rayleigh

Lt	zi (m)	wi (kg)	wi x zi	Fi	di (mm)	wi x di <sup>2</sup>	F x di
5	22.5	462,853	10,414,194	34,301.560	45.504	958,390,012.678	1,560,858.179
4	18	822,322	14,801,796	48,753.145	41.425	1,411,129,735.611	2,019,599.029
3	13.5	822,322	11,101,347	36,564.859	33.380	916,251,237.057	1,220,534.983
2	9	822,322	7,400,898	24,376.572	22.114	402,139,302.049	539,063.524
1	4.5	326,274	1,468,233	4,835.964	9.214	27,699,935.002	44,558.573
jumlah			45,186,467	148,832.100		3,715,610,222.397	5,384,614.288

## Analisa T Rayleigh Step 2

Lt	zi (m)	wi (kg)	wi x zi	Fi	di (mm)	wi x di <sup>2</sup>	F x di
5	22.5	462,853	10,414,194	37,271.208	38.347	958,390,012.678	1,560,858.179
4	18	822,322	14,801,796	52,973.935	35.390	1,411,129,735.611	2,019,599.029
3	13.5	822,322	11,101,347	39,730.451	29.465	916,251,237.057	1,220,534.983
2	9	822,322	7,400,898	26,486.968	20.687	402,139,302.049	539,063.524
1	4.5	326,274	1,468,233	5,254.636	8.874	27,699,935.002	44,558.573
jumlah			45,186,467	161,717.199		3,715,610,222.397	5,384,614.288

