

Artikel Ilmiah

**PERBANDINGAN PEMBEBANAN GEMPA STATIK EKIVALEN  
DAN DINAMIK RIWAYAT WAKTU (*TIME HISTORY*) DENGAN  
VARIASI JUMLAH TINGKAT PADA GEDUNG DI LOMBOK**

*Comparison of Earthquake Loading Between Equivalent Static Method  
and Dynamic Time History Method in Some Various Levels of Building  
in Lombok*

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

**ABDUL HAFIDZ  
F1A 013 002**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM  
2018**

Artikel Ilmiah

**PERBANDINGAN PEMBEBANAN GEMPA STATIK EKIVALEN DAN  
DINAMIK RIWAYAT WAKTU (*TIME HISTORY*) DENGAN VARIASI  
JUMLAH TINGKAT PADA GEDUNG DI LOMBOK**

Oleh:

**Abdul Hafidz  
F1A 013 002**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



**Suparjo, ST., MT.**  
**NIP. 19670814 199412 1 001**

Tanggal: 6 November 2018

2. Pembimbing Pendamping



**Ni Nyoman Kencanawati, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19760804 200003 2 001**

Tanggal: 6 November 2018

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Jauhar Fahri, ST., MSc (Eng.), Ph.D.**  
**NIP. 19740607 199802 1 001**

Artikel Ilmiah

**PERBANDINGAN PEMBEBANAN GEMPA STATIK EKIVALEN DAN  
DINAMIK RIWAYAT WAKTU (*TIME HISTORY*) DENGAN VARIASI  
JUMLAH TINGKAT PADA GEDUNG DI LOMBOK**

Oleh:

**Abdul Hafidz  
F1A 013 002**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 28 September 2018  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat S-1  
Jurusan Teknik Sipil


Susunan Tim Penguji :

1. Penguji 1

  
**Fathmah Mahmud, ST., MT.**  
**NIP. 19711109 200012 2 001**

Tanggal: Nopember 2018

2. Penguji 2

  
**Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr. Eng.**  
**NIP. 19731027 199802 1 001**

Tanggal: Nopember 2018

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Mataram

  
**Akmaluddin, ST., MSc(Eng)., Ph.D.**  
**NIP: 19681231 199412 1 001**

# PERBANDINGAN PEMBEBANAN GEMPA STATIK EKIVALEN DAN DINAMIK RIWAYAT WAKTU (*TIME HISTORY*) DENGAN VARIASI JUMLAH TINGKAT PADA GEDUNG DI LOMBOK

Abdul Hafidz<sup>1</sup>, Suparjo<sup>2</sup>, Ni Nyoman Kencanawati<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

## INTISARI

Analisis beban gempa dapat dilakukan dengan analisis statik dan analisis dinamik. Analisa dinamik riwayat waktu dianggap sebagai analisa paling akurat dalam menentukan pembebanan pada gedung akibat gempa, namun membutuhkan waktu yang banyak. Untuk kebutuhan praktis digunakan analisa statik ekivalen yang merupakan penyederhanaan dari analisa dinamik. Analisa statik ekivalen hanya untuk bangunan regular dengan ketinggian tidak lebih dari 40 meter atau 10 lantai. Untuk struktur bangunan dengan ketinggian diatas 10 lantai dianjurkan menggunakan analisa dinamik. Sehingga perlu dilakukan studi perbandingan pembebanan gempa antara statik ekivalen dan dinamik riwayat waktu pada beberapa variasi ketinggian gedung.

Struktur yang ditinjau dalam tulisan ini adalah 5 buah model bangunan dengan perbedaan ketinggian dan jumlah lantai. Kelima struktur tersebut akan dianalisis nilai pembebanannya dengan analisis statik ekivalen dan dinamik riwayat waktu, mulai dari low-rise building (4 lantai), medium-rise building (7 lantai dan 10 lantai) dan high-rise building (13 lantai dan 16 lantai). Data riwayat waktu gempa yang digunakan adalah 3 data catatan gempa besar yang diperoleh dari situs PEER Berkeley yaitu data Akselerogram gempa Imperial Valley, Akselerogram gempa Loma Prieta, dan Akselerogram gempa Kobe yang kemudian akan diskalakan dengan spektrum respon wilayah kota Mataram untuk jenis tanah sedang pada bangunan perhotelan sesuai dengan standar SNI 1726-2012. Analisa dinamik digunakan dengan bantuan program Matlab.

Hasil dari penelitian ini adalah analisa dinamik menunjukkan bahwa analisa statik memberikan nilai pembebanan dan gaya geser dasar yang lebih besar dibandingkan dengan analisa dinamik, namun untuk struktur high-rise building (13 lantai dan 16 lantai) analisa dinamik memberikan nilai pembebanan yang lebih merata dibandingkan dengan analisa statik, maka dari itu analisa dinamik lebih diperuntukkan untuk high-rise building atau lebih dari 10 lantai.

**Kata Kunci** : Statik ekivalen, dinamik riwayat waktu, PEER Berkeley, akselerogram gempa, gaya geser dasar.

---

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>2</sup>Dosen Pembimbing Utama

<sup>3</sup>Dosen Pembimbing Pendamping

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang dilalui 2 jalur seismik, hal ini menyebabkan gempa bumi sering terjadi di negara ini. Gempa bumi adalah suatu peristiwa pelepasan energi gelombang *seismic* yang terjadi secara tiba-tiba mengakibatkan dan respon pada bangunan. Dalam dunia teknik sipil terutama dalam bidang struktur bangunan, beban rencana akibat gempa bumi perlu diperhatikan, karena berpengaruh besar terhadap keamanan dan kestabilan gedung itu sendiri.

Respon dari suatu struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk struktur itu sendiri. Bangunan dengan bentuk beraturan, sederhana, dan simetris akan berperilaku baik terhadap gempa dibandingkan dengan bangunan yang memiliki struktur tidak beraturan. RSNI 03-1726-2012 menyatakan bahwa pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung. Gaya gempa rencana dapat dihitung dengan analisa statik ekuivalen, analisa dinamik respon spectra maupun analisa dinamik *Time history*.

Analisa dinamik *Time history* merupakan metode yang paling akurat dalam meninjau perilaku gedung terhadap beban dinamik, dimana analisa ini menggunakan data catatan gempa setempat untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gaya luar yang terjadi, namun analisa ini memerlukan hitungan yang banyak dan waktu yang lama. Oleh karena itu, untuk keperluan

praktis dilapangan digunakan analisa statik ekuivalen yang merupakan penyederhanaan analisa dinamik.

Analisa statik ekuivalen hanya diperbolehkan untuk bangunan regular horizontal maupun vertical (SNI 1726:2012). Salah satu contoh bangunan regular adalah ketinggian tidak lebih dari 40 meter diukur dari taraf penjepitan lateral. Gaya gempa rencana pada bangunan yang memiliki ketinggian diatas 40 meter atau 10 tingkat harus dihitung dengan menggunakan analisa dinamik (SNI 1726:2002).

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, penulis akan mengkaji mengenai “Perbandingan Pembebanan Gempa Statik ekuivalen dan Dinamik Riwayat Waktu (*Time History*) dengan Variasi Jumlah Tingkat pada Gedung di Lombok”.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

- a. Bagaimana keakuratan analisa statik ekuivalen terhadap analisa dinamik *Time history* dari perbandingan nilai beban gempa pada jumlah tingkat yang berbeda?
- b. Bagaimana perbedaan antara nilai beban gempa hasil analisa dinamik *Time history* dengan data catatan gempa yang berbeda?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui perbandingan nilai gaya akibat analisa pembebanan gempa statik

ekivalen dan analisa dinamik *time history* pada suatu gedung dengan jumlah tingkat yang berbeda.

- b. Mengetahui keakuratan analisa *statik ekivalen* terhadap analisa dinamik *Time history* dari perbandingan nilai gaya gempa pada jumlah tingkat yang berbeda.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

SNI 1726 2012 menyatakan pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung, dimana gaya gempa rencana dapat dihitung dengan menggunakan analisa statik ekivalen, analisa dinamik respon spectra dan analisa dinamik *time history*. Namun Analisa statik ekivalen hanya diperbolehkan untuk bangunan regular horizontal maupun vertikal (SNI 1726:2012). Salah satu ciri bangunan regular adalah ketinggian tidak lebih dari 40 meter atau 10 tingkat yang diukur dari taraf penjepit lateral, sedangkan suatu bangunan dengan karakteristik melebihi bangunan tersebut, disarankan untuk menggunakan analisa dinamik untuk menghitung pembebanan.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan pembebanan dengan metode gempa statik ekivalen dan dinamik *time history* untuk mengetahui sejauh mana perhitungan statik ekivalen boleh dilakukan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan perbandingan pembebanan hasil analisa dinamik *time history* gaya lateral statik ekivalen serta gaya

lateral dinamik akibat mode total dengan analisa dinamik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembebanan akibat gempa dengan metode statik ekivalen terhadap pembebanan akibat gempa dengan analisa dinamik *time history* pada gedung bertingkat.

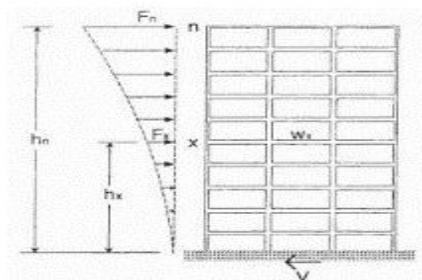
### Dasar Teori

#### Analisa Statik Ekuivalen

Pada analisa statik ekivalen Beban gempa yang bekerja diasumsikan sebagai beban titik yang bekerja pada tiap lantai.

#### Beban Geser

Beban geser dasar (*base shear*) statik ekivalen adalah gaya yang terjadi pada dasar bangunan. Meskipun sifat nya statik, namun nilai beban geser dasar diperoleh murni dari prinsip statik, tetapi sudah memperhitungkan prinsip-prinsip dinamik (Widodo, 2001). Dalam konsep statik ekivalen tersebut, hanya massa yang diperhitungkan, sedangkan konsep dinamik memperhitungkan massa, kekakuan dan redaman. Pada statik ekivalen, hanya *mode 1* yang diperhatikan, yang mana koordinat *mode shape* dianggap linier dengan tinggi bangunan. Pada SNI 1726-2002, beban statik ekivalen hanya boleh digunakan pada “gedung beraturan”. Jika ketentuan tersebut tidak terpenuhi, maka dianjurkan dilakukan analisa dinamik.



Gambar 1 Statik ekivalen

ASCE 7-10 memberikan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \times W \quad (1)$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I)} \quad (2)$$

$$C_{s_{max}} = \frac{S_{D1}}{T(R/I)} \quad (3)$$

Dimana :

V = Gaya geser

W = Berat Bangunan

C<sub>s</sub> = Koefisien respons dasar seismik

S<sub>DS</sub> = Parameter percepatan respons seismik desain dalam rentang periode pendek

S<sub>D1</sub> = Parameter percepatan respons seismik desain dalam rentang periode 1 detik

R = Faktor modifikasi respons

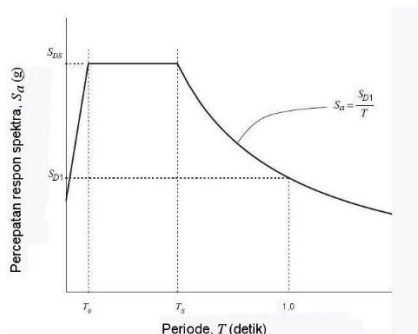
I = Faktor keutamaan gempa

T = Periode fundamental struktur

SNI 1726-2012 menyatakan parameter Percepatan spectral desain untuk periode pendek, SDS dan periode 1 detik SD1 harus ditentukan melalui rumus berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (5)$$



Gambar 2 Spektrum respons desain (Sumber : Gambar 1- SNI 1726-2012)

Distribusi gaya statik tiap lantai

Pendistribusian gaya gempa pada tiap tingkatan bangunan gedung, bergantung pada ketinggian tiap

tingkat acuan, dirumuskan dalam persamaan :

$$F_x = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_i^n W_n \times h_n^k} \times V \quad (6)$$

Dengan :

F<sub>x</sub> = gaya vertikal

V = base shear

W<sub>x</sub> = berat gedung lantai x

h<sub>x</sub> = ketinggian lantai x

terhadap tarap penjepitan lateral

### Analisa Dinamik Riwayat Waktu

Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) adalah analisa struktur bangunan oleh gempa dengan menggunakan rekaman gempa tertentu. Mengingat gerakan tanah akibat gempa di suatu lokasi sulit diperkirakan dengan tepat, maka sebagai input gempa dapat didekati dengan gerakan tanah yang disimulasikan.

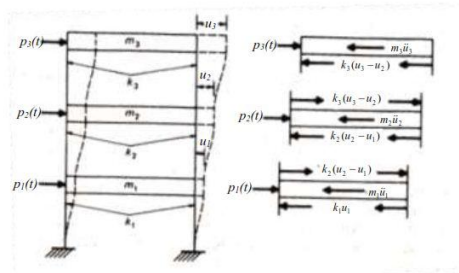
Derajat kebebasan (*degree of freedom*) adalah derajat independensi yang diperlukan untuk menyatakan posisi suatu system pada setiap saat. Pada masalah dinamika, setiap titik atau massa pada umumnya hanya diperhitungkan berpindah tempat dalam satu arah saja yaitu arah horizontal. Karena simpangan yang terjadi hanya terjadi dalam satu bidang atau dua dimensi, maka simpangan suatu massa pada setiap saat hanya mempunyai posisi atau ordinat tertentu baik bertanda negative ataupun bertanda positif. Pada kondisi dua dimensi tersebut, simpangan suatu massa pada saat t dapat dinyatakan dalam koordinat tunggal yaitu Y(t). Struktur seperti itu dinamakan struktur dengan derajat kebebasan tunggal / SDOF (*Single Degree of Freedom*) system. Dalam model system SDOF atau berderajat

kebebasan tunggal, setiap massa  $m$ , kekakuan  $k$ , mekanisme kehilangan atau redaman  $c$ , dan gaya luar yang dianggap tertumpu pada elemen fisik tunggal.

Secara umum analisa dinamik dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$[M]\ddot{Y}(t) + [C]\dot{Y}(t) + [K]Y(t) = \{P(t)\} \quad (7)$$

Dimana  $[M]$  adalah matriks massa struktur,  $[C]$  adalah matriks redaman struktur,  $[K]$  adalah matriks kekakuan struktur,  $Y(t)$  adalah simpangan yang berubah terhadap waktu,  $\dot{Y}(t)$  adalah kecepatan yang berubah terhadap waktu, dan  $\ddot{Y}(t)$  adalah percepatan struktur yang berubah terhadap waktu, dan  $p(t)$  adalah vector gaya yang bekerja pada struktur yang berubah terhadap waktu. Secara teoritis dapat digambarkan pada Gambar 2.4 :



**Gambar 3 Idealisasi struktur MDOF system**  
(Sumber Gambar 8.2 Buku Ajar Dinamika struktur, Ir. Sugeng P. Budio)

$$\det[-\omega_n^2 M + K] = 0 \quad (2.17)$$

Dimana  $\omega_n^2$  merupakan *eigenvalue*

Jika nilai eigen tersebut dimasukkan kedalam Persamaan (2.17) maka akan diperoleh N buah vector independen  $\phi_n$  yang dikenal sebagai eigen vektor atau pola getar alami.

### Akselerogram Gempa

Analisa riwayat waktu harus digunakan minimal tiga riwayat waktu gempa yang berbeda. Gempa El-Centro yang memberikan respon spektrum efek yang sangat signifikan juga sangat berpengaruh besar terhadap struktur, sehingga didalam perencanaan sebuah struktur dengan metode analisa dinamis kita dapat mengetahui sebuah struktur yang di disain dengan memperhitungkan analisa respon spektrum peraturan UBC 94S2 dapat dinyatakan aman atau tidak apabila didisain dengan menggunakan respon spektrum dan gempa El-Centro dan berapa besar perbedaan dari keduanya. Setiap pasang gerak tanah tersebut harus diskalakan sedemikian rupa sehingga pada rentang perioda dari  $0,2T$  hingga  $1,5T$  (SNI 1726-2012) nilai rata-rata spektrum SRSS dari semua pasang komponen horizontal tidak boleh kurang dari nilai ordinat terkait pada spektrum respons yang telah ditentukan.

**Tabel 1 Data Ground Motion (Sumber : <https://ngawest2.berkeley.edu>)**

No	Gempa	Thn	Stasiun	M
1	Tabas, Iran	1978	Tabas	7,4
2	Imperial Valley	1979	EC Meloland Overpass FF	6,5
3	Imperial Valley	1979	El Centro Array #7	6,5
4	Supersition Hills	1987	Parachute Test Site	6,5
5	Loma Prieta	1089	LGPC	6,9
6	Erxincan, Turkey	1992	Erzincan	6,7
7	Northridge	1994	Jensen Filter Plant	6,7
8	Northridge	1994	Newhall-W Pico Canyon	6,7
9	Northridge	1994	Rinaldi Receiving Sta	6,7
10	Northridge	1994	Sylmar-Converter Sta	6,7
11	Northridge	1994	Sylmar-Converter Sta East	6,7
12	Northridge	1994	Sylmar - Olive View Med	6,7
13	Kobe, Japan	1995	Port Island	6,9
14	Kobe, Japan	1995	Takatori	6,9
15	Kocaeli, Turkey	1999	Yarimca	7,4
16	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU052	7,6
17	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU065	7,6
18	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU068	7,6
19	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU084	7,6
20	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU102	7,6
21	Duzce, Turkey	1999	Duzce	7



## Respon Spektrum

Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur  $T$ , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spectral displacement, SD*) kecepatan maksimum (*spectral velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*spectral acceleration, SA*) massa struktur *single degree of freedom (SDOF)*, (Widodo, 2001).

Dalam membuat garfik respon spektrum digunakan aplikasi SeismoSignal

Chopra memberikan persamaan dalam menentukan factor skala desain respon spektrum lokal.:

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{A}_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i \times A_i)} \quad (8)$$

Dengan :

$\bar{A}_i$  = Percepatan SNI 1726-2012

$A$  = Percepatan Ground Motion

Pembebanan Gempa Metode Modal Analisis

Modal analisis adalah salah satu metode yang dipakai untuk menyelesaikan persamaan diferensial gerakan pada struktur bangunan berderajat kebebasan (MDOF). Metode ini khusus dipakai untuk menyelesaikan problem dinamik dengan beberapa syarat tertentu. Syarat-syarat itu adalah bahwa respon struktur elastik dan struktur mempunyai standar *mode shapes*. Respon elastik berarti struktur gedung tidak mengalami perubahan massa dan koefisien redaman selama

pembebanan. Struktur memiliki standar *mode shapes* adalah struktur bersifat elastik dan struktur tidak memperhitungkan interaksi antara tanah dan fondasi struktur. Berarti bangunan dianggap dijepit didasarnya.

Struktur yang memiliki n-derajat kebebasan akan memiliki n-pola getar alami (*mode shapes*). Pada prinsip ini, masing-masing *modes* akan memberikan kontribusi pada simpangan horizontal pada tiap-tiap massa. Pada prinsip ini, massa ke-i atau  $Y_i$  dapat diperoleh dengan menjumlahkan pengaruh atau kontribusi tiap *modes*. Kontribusi mode ke-j terhadap simpangan horizontal massa ke-i tersebut dinyatakan dalam produk antara  $\phi_{ij}$  dengan suatu modal amplitudo  $Z_j$  atau seluruh kontribusi tersebut kemudian dinyatakan dalam :

$$[Y] = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} & \dots & \phi_{1n} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} & \dots & \phi_{2n} \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} & \dots & \phi_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n1} & \phi_{n2} & \phi_{n3} & \dots & \phi_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ \dots \\ Z_n \end{bmatrix}$$

$$[Y] = [\phi][Z] \quad (9)$$

Maka turunan pertama dan kedua persamaan diatas adalah :

$$[\dot{Y}] = [\phi][\dot{Z}] \quad (10)$$

$$[\ddot{Y}] = [\phi][\ddot{Z}] \quad (11)$$

Widodo (2001) memberikan persamaan dalam penyelesaian permasalahan diatas :

$$\ddot{g}_j + 2\varepsilon_j \omega_j \dot{g}_j + \omega_j^2 g_j = -\ddot{y}_t \quad (12)$$

Dengan :

$$\ddot{g} = \frac{\ddot{z}_j}{\Gamma_j}, \dot{g} = \frac{\dot{z}_j}{\Gamma_j}, g = \frac{z_j}{\Gamma_j} \quad (13)$$

$$\Gamma_j = \frac{P_j^*}{M_j^*} = \frac{[\phi]_j^T [M]}{[\phi]_j^T [M] [\phi]_j} \quad (14)$$

$$\omega_j^2 = \frac{K_j^*}{M_j^*} \quad (15)$$

$$\varepsilon_j = \frac{C_j^*}{2M_j^* \omega_j} \quad (16)$$

Untuk menyelesaikan persamaan diferensial tersebut dapat dipakai metode *Central diferensial*, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$g_{i+1} = \frac{-\ddot{y}_i - a g_i - b g_{i-1}}{\hat{k}} \quad (17)$$

Dengan

$$a = \left[ \omega_j^2 - \frac{2}{(\Delta t)^2} \right] \quad (19)$$

$$b = \left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} - \frac{2 \varepsilon \omega_j}{2 \Delta t} \right] \quad (20)$$

$$\hat{k} = \left[ \frac{1}{(\Delta t)^2} + \frac{2 \varepsilon \omega_j}{2 \Delta t} \right] \quad (21)$$

Dengan persamaan diatas, apabila percepatan tanah gempa diketahui, maka nilai  $g_j$  dapat dicari.

Kemudian dapat dihitung gaya horizontal tingkat dengan mengkalikan matriks kekakuan dengan vektor simpangan pada tiap-tiap step pembebanan.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Data Gempa dan Lokasi Penelitian

Data gempa yang digunakan adalah 3 data catatan gempa yang diperoleh dari PEER barkeley yang telah dimodifikasi terhadap respon spektra lokal Lombok.

#### 3.2 Deskripsi Gedung Tinjau

Dalam penelitian ini, model struktur 2D yang digunakan oleh Hotel Lombok Astoria berupa model

potongan memanjang dengan jumlah tingkat yang dimodifikasi, adapun variasi jumlah tingkat yang digunakan adalah :

Low-rise building dengan jumlah tingkat 4 lantai

Medium-rise building dengan jumlah tingkat 7 lantai dan 10 lantai

High-rise building dengan jumlah tingkat 13 lantai dan 16 lantai

#### Analisa pembebanan gempa

Analisa Statik ekuivalen

Perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen mengacu kepada peraturan yang ada di dalam SNI 1726-2012.

Analisa Dinamik Riwayat Waktu (*Time History*)

Dalam perhitungan beban dinamik dengan analisa riwayat waktu, digunakan metode analisa linier modal analisis dengan menggunakan data gempa yang diambil dari situs PEER (*Pasific Earthquake Engineering Research Center*). Sedikitnya 3 (empat) yang telah diskalakan terhadap respon spektrum lokasi tinjau.

Akselerogram yang digunakan dalam analisa pembebanan gempa yaitu 3 data akselerogram catatan gempa yang diperoleh dari situs peer.bakerley.edu. Data gempa yang digunakan adalah :

1. Gempa Kobe-Japan 1995 dengan magnitudo 6,9
2. Gempa Imperial Valley 1979 dengan magnitudo 6,5
3. Gempa Loma Prieta 1089 dengan magnitudo 6,9

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Umum

Model struktur yang digunakan yaitu berupa portal beton bertulang 2D, yang merupakan potongan melintang dari hotel Lombok Astoria yang dimodifikasi. Dimensi kolom dan balok berubah secara proporsional terhadap tinggi struktur dengan jumlah portal yang ditinjau adalah 5 buah, dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Variasi Jumlah tingkat : 4, 7, 10, 13 dan 16
2. Perbedaan elevasi tiap tingkat adalah 4 m
3. Jumlah bentang adalah 6, dengan lebar tiap bentang yaitu 7.3 m.
4. Spesifikasi material yang digunakan adalah :

Mutu Beton ( $f'c$ ): 30 MPa

Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ ): 400 MPa

Beban mati tambahan

Jumlah beban mati tambahan (DLt) = 17.02 kN/m

Beban Hidup (LL) :  $2 \text{ m} \times 2.5 \text{ kN/m}^2 = 5 \text{ kN/m}$

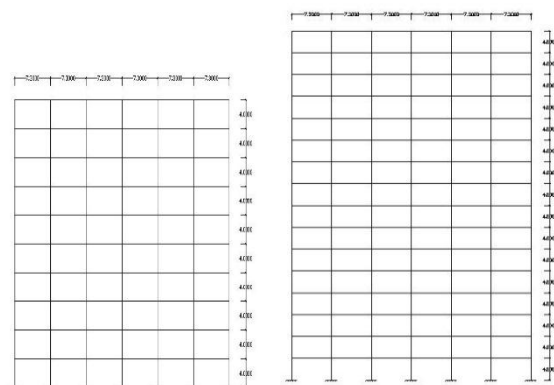
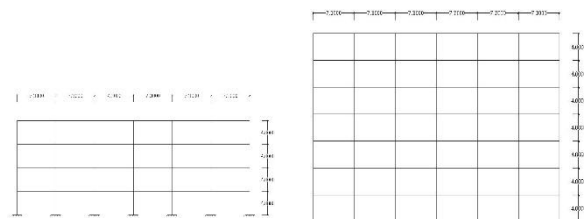


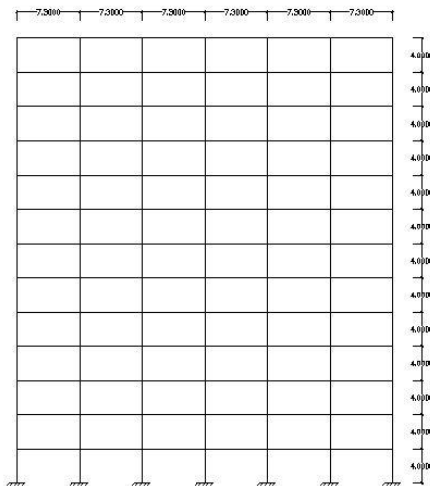
Gambar 4 Model pembebanan beban hidup dan beban mati pada portal 2D

Penentuan dimensi balok dan kolom berubah-ubah secara proporsional yang ditentukan dengan cara *trial and error* menggunakan software SAP 2000, yang mana dimensi balok dan kolom ditunjukkan pada table berikut :

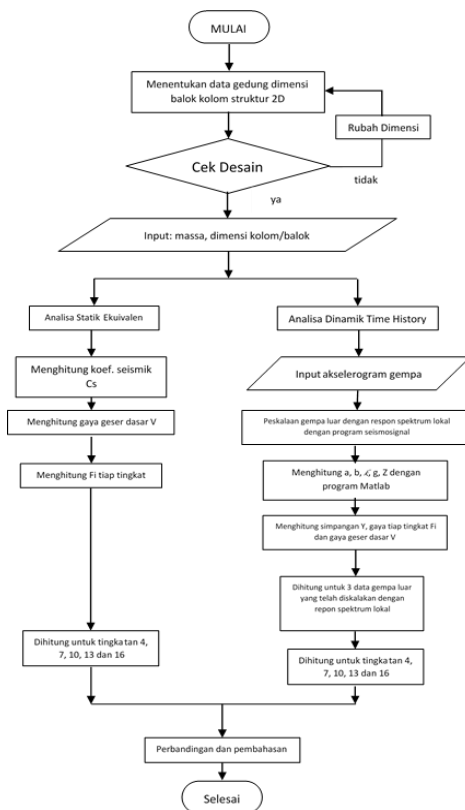
Tabel 2 Dimensi balok dan kolom hasil trial and error SAP 2000 V.14

Jumlah Tingkat	Tingkat ke-	Kolom Tepi		Kolom Tengah		Balok	
		b	h	b	h	b	h
4	1-2	50	50	60	60	30	60
	3-4	40	40	50	50	25	50
7	1-4	70	70	80	80	35	70
	5-7	60	60	70	70	30	60
10	1-4	70	70	80	80	35	70
	5-7	60	60	70	70	30	60
	8-10	50	50	60	60	25	50
13	1-6	80	80	90	90	55	80
	7-10	70	70	80	80	40	75
	11-13	60	60	70	70	35	70
16	1-5	85	85	95	95	55	85
	6-11	80	80	85	85	50	80
	12-16	70	70	80	80	40	75





Gambar 5 Model 4-16 lantai struktur 2D



Gambar 6 Bagan Alir Penelitian

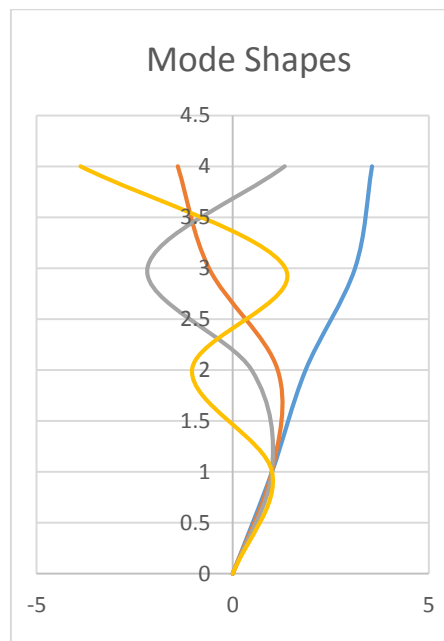
### Analisa Statik ekuivalen

Bila dibandingkan dengan analisa lainnya analisa gaya lateral statik ekuivalen merupakan analisa yang paling sederhana, namun walupun merupakan analisa statik prinsip-

prinsip dinamik sudah diperhitungkan.

### Analisa Dinamik Time History

Pada analisa dinamik ini melibatkan tiga property utama suatu struktur yaitu, massa, kekakuan dan redaman, namun dalam perhitungan pembebanan digunakan struktur dengan getaran bebas, oleh karena itu property redaman tidak diperhitungkan. Hasil akhir berupa pembebanan akan di tampilkan dalam tabel perbandingan hasil analisa.



Gambar 7 Mode shape gedung 4 lantai

Adapun nilai nilai eigen value dari model struktur yang lain adalah sebagai berikut :

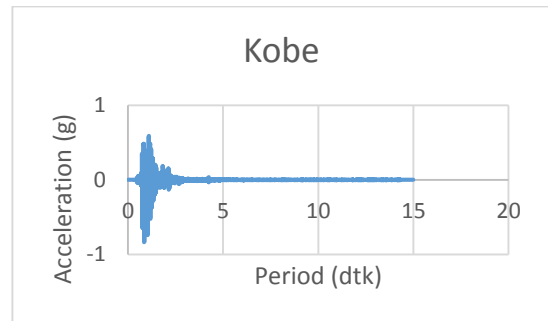
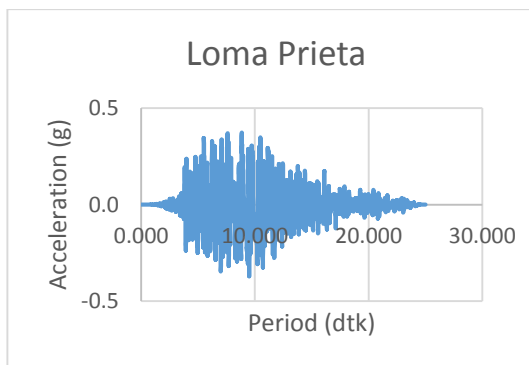
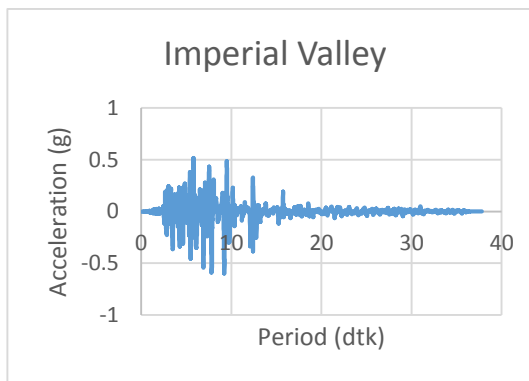
Tabel 3 Nilai  $\omega$  pada tiap model struktur

Nilai $\omega$ untuk masing masing model struktur (rad/sec)				
4	7	10	13	16
58.29	106.87	106.873	128.0	140.7
42.37	91.26	91.23	115.3	137.9
27.87	81.82	83.1324	111.4	134.0
11.21	66.34	68.9348	98.42	121.8

Nilai $\omega$ untuk masing masing model struktur (rad/sec)				
4	7	10	13	16
	51.74	64.5058	89.96	113.3
	30.13	54.9181	86.82	94.04
	11.75	44.5533	73.77	89.37
		31.7333	66.32	75.27
		19.4165	54.89	66.85
		8.0623	45.04	66.11
			30.98	61.61
			19.13	51.55
			7.69	40.46
				28.41
				17.7
				6.56

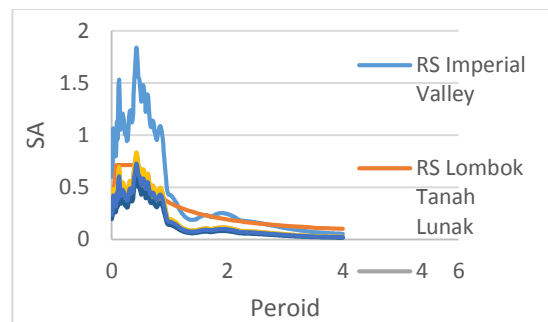
### Akselerogram Gempa

Digunakan data catatan gempa besar yang kemudian akan diskalakan terhadap respon spektrum lokasi tinjau, dengan karakteristik tanah sedang. Adapun akselerogram yang ditinjau adalah sebagai berikut :

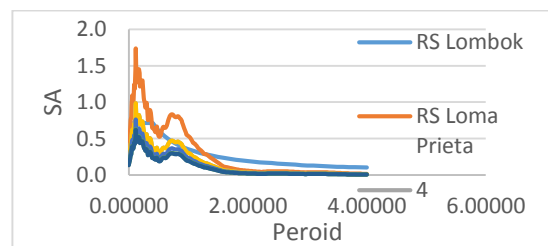


Gambar 8 data catatan gempa

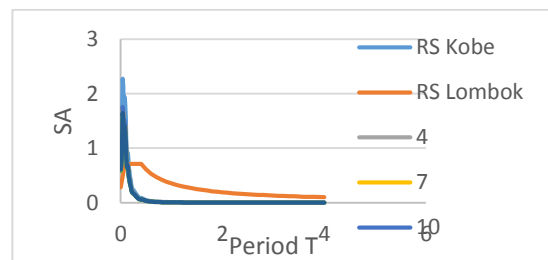
Sehingga grafik respon spektrum menjadi



Gambar 9 Respon Spektrum modifikasi Imperial Valley



Gambar 10 Respon Spektrum modifikasi Loma Prieta



Gambar 11 Respon Spektrum modifikasi Kobe

### Simpangan Maksimum, Y

Nilai Y maksimum untuk masing-masing model struktur pada masing masing catatan gempa adalah sebagai berikut :

#### 1. Imperial Valley

4	7	10	13	16
1.13	0.21	0.39	0.79	0.60
2.01	0.38	0.76	1.58	1.18
3.57	0.73	1.52	2.35	1.76
4.59	1.02	2.20	3.11	2.32
	1.45	3.27	3.82	2.87
	1.82	4.23	4.47	3.62
	2.10	5.04	5.39	4.31
		6.25	6.20	4.92
		7.28	6.90	5.44
		7.69	7.50	5.86
			8.39	6.18
			9.06	6.49
			9.45	6.70
				6.88
				7.06
				7.21

#### 2. Loma Prieta

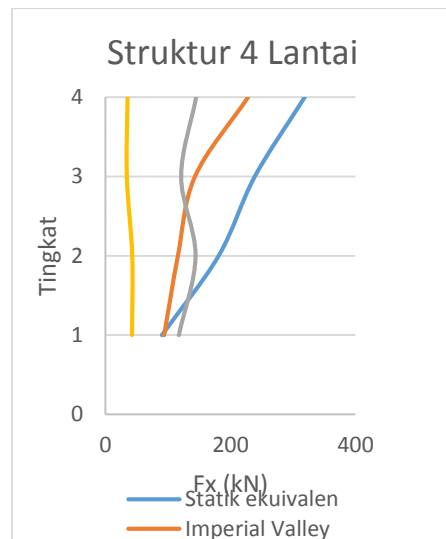
4	7	10	13	16
0.83	0.11	0.17	0.30	0.426
1.28	0.13	0.35	0.59	0.829
0.96	0.21	0.70	0.87	1.192
1.64	0.19	1.01	1.15	1.497
	0.35	1.37	1.38	1.738
	0.37	1.67	1.57	2.012
	0.37	1.80	1.80	2.243
		1.83	1.98	2.437
		2.20	2.10	2.602
		2.53	2.18	2.785
			2.44	2.935
			2.67	3.040
			2.79	3.105
				3.195
				3.262
				3.30

### 3. Kobe

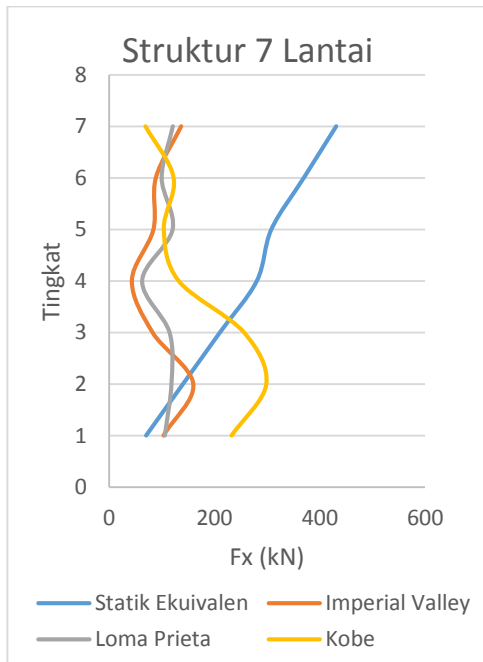
4	7	10	13	16
0.200	0.110	0.258	0.189	0.094
0.265	0.135	0.273	0.254	0.122
0.298	0.171	0.460	0.364	0.148
0.342	0.079	0.482	0.442	0.190
	0.142	0.723	0.503	0.240
	0.130	0.738	0.527	0.273
	0.151	0.482	0.472	0.265
		0.319	0.437	0.219
		0.497	0.334	0.207
		0.633	0.315	0.130
			0.508	0.190
			0.641	0.160
			0.639	0.234
				0.291
				0.237
				0.437

### Perbandingan Hasil Analisa

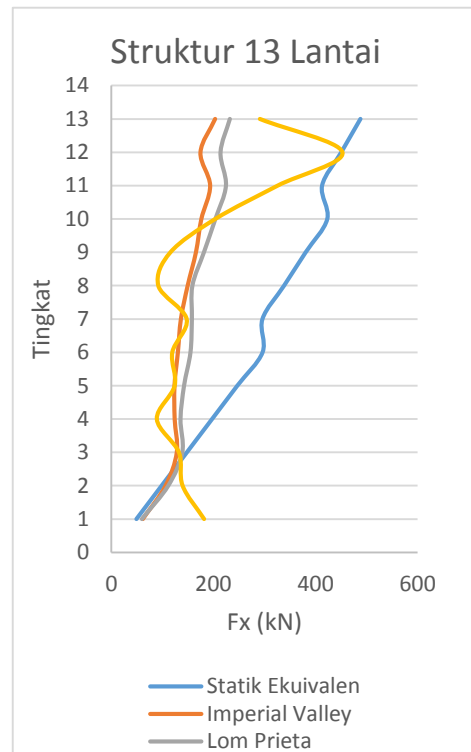
Berdasarkan perhitungan pembebanan diatas, maka didapatkan nilai-nilai pembebanan pada gedung dengan variasi tingkat adalah sebagai berikut :



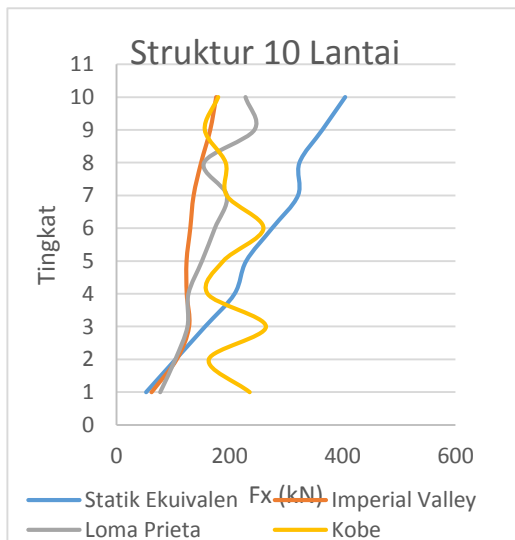
Gambar 12 Garfik rerbandingan gaya gempa struktur 4 lantai



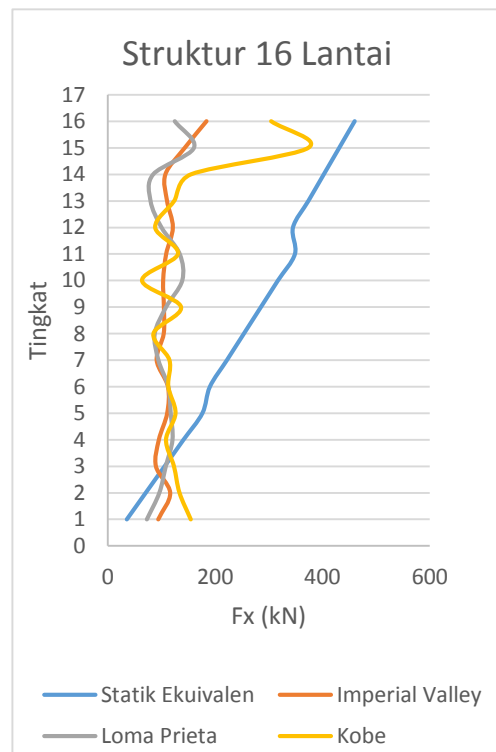
**Gambar 13** Garfik perbandingan gaya gempa struktur 7 lantai



**Gambar 15** Grafik Perbandingan gaya gempa struktur 13 lantai



**Gambar 14** Garfik perbandingan gaya gempa struktur 10 lantai



**Gambar 16** Garfik perbandingan gaya gempa struktur 16 lantai

Dari hasil perbandingan ke 5 model struktur tersebut, diperoleh nilai pembebanan akibat gempa dengan metode statik ekuivalen memiliki nilai pembebanan yang lebih besar dibandingkan dengan analisa dinamik riwayat waktu. Namun pada model struktur di atas 10 lantai, analisa statik ekuivalen memberikan pembebanan yang jauh lebih besar, maka dari itu analisa statik tidak direkomendasikan untuk struktur yang memiliki jumlah tingkatan diatas 10 lantai.

Pendistribusian beban geser dasar bangunan pada tiap level untuk metode perhitungan dinamik riwayat waktu lebih merata dibandingkan dengan analisa statik ekuivalen.

## **5. PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Gaya geser dasar (V) yang terjadi pada tiap model struktur dengan variasi jumlah tingkat menunjukkan bahwa, analisa statik ekuivalen memberikan gaya gempa yang lebih besar dibandingkan analisa dinamik time history, ini menunjukkan bahwa analisa statik ekuivalen masih bisa digunakan.
2. Analisa dinamik time history memberikan pendistribusian gaya gempa tiap tingkat pada gedung lebih merata di bandingkan dengan analisa statik ekuivalen, sehingga analisa dinamik lebih

disarankan untuk analisa struktur gedung tahan gempa.

3. Dari 3 data catatan gempa Imperial Valley, Loma Prieta dan Kobe, nilai gaya gempa yang lebih besar di berikan oleh data catatan gempa kobe, namun untuk data catatan gempa Kobe tidak direkomendasikan karena memiliki bentuk grafik respon spektrum yang tidak sama dengan grafik respon spektrum SNI, oleh karena itu data catatan gempa Imperial Valley dan Loma Prieta lebih disarankan untuk perencanaan gedung tahan gempa di Lombok.

### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan analisa time history nonlinier pada gedung bertingkat tinggi di Lombok, sebagai evaluasi struktur dari ketahanan terhadap gempa.
2. Pengkajian analisa beban gempa dinamik time history dengan menggunakan gempa aktual yang terjadi di Lombok.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-10 (2010). *“Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure”*. Structure Engineering Institute. USA
- Budio, Sugeng P. *“Buku Ajar Dinamika struktur”*. Universitas Brawijaya Malang
- Kalkan, E dan Chopra, AK.(2007). *“Practical Guidelines to Select and Scale Earthquake Records for Nonlinear Response History Analysis of Structures”*, EER I(Earthquake Engineer Reserch Center).
- Clough, Ray W. Panzien Joseph. *“Dinamika Struktur”*. Jilid ke-1 alih bahasa Ir Dines Ginting. Erlangga. Jakarta
- Clough, Ray W. Panzien Joseph. *“Dinamika Struktur”*. Jilid ke-2 alih bahasa Ir Dines Ginting. Erlangga. Jakarta
- Faizah, Restu.(2015). *“Study Perbandingan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Beringkat di Yogyakarta”*.
- Riza Muhammad M. (2012). *“Analisa Gempa dinamik Time History dengan ETABS”*. Jasa Perencanaan, pengembangan, dan Evaluasi Desain Struktur Web
- <http://www.perencanaanstruktur.com/2011/11/analisis-gempa-dinamik-time-history.html> 30 Januari 2018
- Tarigan, Matahari dan Teruna, Daniel R. (2012). *“Perbandingan Respon struktur Beraturan dan Ketidakberaturan horizontal sudut”*.
- NGA-West2 (2017). Peer Ground Motion Database. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Web. <http://peer.berkeley.edu/ngawest2/> 30 Januari 2018
- SNI 1726-2012 (2012). *“Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk gedung dan non gedung”*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Widodo.(2001) *“Respon Dinamik Struktur Elastik”*. UII Press. Yogyakarta.