

# ANALISA PERBANDINGAN PERILAKU GEDUNG FIXED BASE DAN ISOLATED STRUCTURE PADA DAERAH ZONA GEMPA TINGGI AKIBAT BEBAN GEMPA NON-LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS (STUDI KASUS DI PROVINSI ACEH)

Puji Susanto<sup>1)</sup>, Ir. Hudhiyantoro, M.Sc<sup>2)</sup>, Nurul Rochmah, ST, MT, M.Sc<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email<sup>1)</sup>: pujisusanto22@gmail.com

<sup>2)</sup>Pembimbing Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email<sup>2)</sup>: hudhi\_yantoro@yahoo.com

<sup>3)</sup>Pembimbing Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email<sup>3)</sup>: nurulita889@gmail.com

## Abstrac

*In planning the structure of the building, the influence of the earthquake is one of the important things to be analyzed. Seismic Isolation is a structural design approach to reduce the influence of lateral forces on the building, thus minimizing the damage caused by earthquake loads.*

*This study aims to analyze behavioral comparison, maximum displacement, acceleration, and velocity of fixed-base and isolated structure building structures. The structure used is reinforced concrete with Special Moment Resisting Frame System, while earthquake analysis using Non Linear Time History Analysis (NL-THA) method.*

*From the analysis obtained a result that when there is a lateral force, especially the earthquake load, fixed-base structure occurs melting mechanism on all elements of the beam and still included in the category Level B, while the isolated structure does not occur melting mechanism so that makes the structure safe from the lateral force, especially the earthquake load, mainly because in addition to the structure has a high ductility, elasticity of the isolator, and the concept of Strong Column Weak Beam has been achieved. and when there is a lateral force, especially the seismic load, the fixed-base structure has a significant increase in displacement maximum, acceleration, and velocity, whereas the isolated structure displacement maximum, acceleration, and velocity do not affect the main structure because when the lateral force occurs the force will be muted by the isolator so that the force that flows up becomes smaller and the building becomes elastic so that the main structure moves to follow from the movement of the insulator. So the more flexible the insulator of a building then the displacement maximum, velocity, and acceleration is getting bigger.*

*Keywords: Base Isolation, Reinforced Concrete, Time History Analysis, Non Linear Time History Analysis, SMRF.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Aceh merupakan wilayah rawan bencana gempa bumi yang berada di ujung pertemuan tiga lempeng bumi yang bergerak aktif setiap hari. Aceh termasuk wilayah zona merah gempa bumi. Dengan keadaan seperti itu, maka dalam konstruksi suatu bangunan gedung diperlukan suatu rancangan strukur yang mampu menahan beban yang bekerja khususnya beban gempa. Seismic Isolation merupakan pendekatan desain struktur untuk mengurangi pengaruh gaya lateral terhadap bangunan, sehingga meminimalisir terjadinya kerusakan akibat beban gempa. Kondisi ideal yang diharapkan oleh perencana ialah struktur bangunan yang nilai *Interstory Drift* dan *Floor Acceleration* masih dalam batas rencana saat menerima beban lateral. Sehingga solusi yang saat ini tengah berkembang untuk memecahkan permasalahan ini ialah penggunaan “*Base Isolation System*” (Nacim dan Kelly, 1999). Performa dari base isolation dalam mengurangi pengaruh gaya akibat gempa, sangat tergantung terhadap kalibrasi dari frekuensi isolator itu sendiri yang dimana harus menjadi perhatian khusus mengenai karakteristik dinamis dari *super structure*. Secara

umum, isolator harus bisa menyerap energi saat terjadi interaksi frekuensi pada *super structure* dan menyalurkan energi tersebut sehingga tidak mempengaruhi perilaku *super structure* (Alessandro dan Ileana, 2004).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka terdapat beberapa rumusan masalah, antara lain :

1. Bagaimana pengaruh gaya lateral terhadap perilaku struktur gedung *fixed-base* dan *isolated structure* dengan menggunakan analisa beban gempa *nonlinier time history analysis (NL-THA)* ?
2. Bagaimana pengaruh gaya lateral terhadap besar *displacement maximum, acceleration, velocity* bangunan yang terjadi akibat beban gempa ?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh gaya lateral terhadap perilaku struktur gedung *fixed-base* dan *isolated structure* dengan menggunakan analisa beban gempa *nonlinier time history analysis (NL-THA)*.
2. Mengetahui pengaruh gaya lateral terhadap besar *displacement maximum, acceleration, velocity* bangunan yang terjadi akibat beban gempa.

## 2. PENDAHULUAN

### 2.1 Konsep Desain Seismic Base Isolation

Menurut (Kelly, 2001), desain sistem isolation dan prosedur evaluasi menghasilkan gaya geser maximum, displacement dan gaya pada struktur untuk setiap level gempa DBE (*Design Basis Earthquake*) dan MCE (*Maximum Capable Earthquake*). Gaya elastis yang dihasilkan akan disalurkan melalui sistem *isolation* kepada struktur diatasnya. Meskipun gedung yang menggunakan *base isolation* memiliki gaya yang lebih kecil dibandingkan dengan gedung yang *non-isolated*, ini masih belum efektif untuk mendapatkan desain elastis pada level MCE dan terkadang diijinkan terjadi leleh pada level DBE.

Dalam desain gaya geser, sistem isolation, pondasi dan semua elemen yang berada dibawah sistem isolation, didisain dengan gaya :

$$V_B = K_{DMAX} D_D$$

Sedangkan gaya geser minimum untuk struktur yang berada diatas isolator :

$$V_S = \frac{K_{DMAX} D_D}{R_1}$$

Dimana  $K_{DMAX}$  ialah kekakuan efektif maximum dari sistem isolation dan  $D_D$  massa.

Nilai  $V_S$  dihitung tidak boleh lebih kecil dari nilai dibawah ini :

1. Gaya gempa lateral untuk *fixed base structure* dengan berat (W) yang sama dan periode yang sama (TD).
2. Gaya geser sesuai dengan desain beban angin.
3. Gaya lateral yang disyaratkan pada sistem isolation dengan faktor 1,5.

Pada umumnya koefisien geser dasar untuk *fixed base* ialah :

$$C = \frac{C_V I}{RT}$$

Sedangkan untuk *isolated structure* :

$$C_I = \frac{C_{VD}}{R_1 BT}$$

Batas *drift* untuk *isolated structure* dilihat dari desain sistem struktural :

Response Spectrume Analysis \*  $\leq 0,0015 / R_1$

Time History Analysis \*  $\leq 0,0020 / R_1$

## 2.2 Mekanikal Karakteristik dari *Elastomeric Isolators*

Menurut Naeim dan Kelly (1999), mekanikal karakteristik dari *elastomeric bearings* telah lama dipelajari dan analisa menggunakan teknik nonlinier masih cukup sulit. Pendekatan sederhana yang didasarkan pada teori elastis telah dikembangkan oleh banyak peneliti dan dibuktikan dengan tes laboratorium bahkan baru- baru ini digunakan juga FEM untuk menganalisanya. Parameter paling penting dari *isolation bearing*, tentunya ialah *kekakuan horizontal* yang dinyatakan dengan persamaan :

$$K_H = \frac{GA}{t_r}$$

Kekakuan vertikal dari *rubber bearing* dinyatakan dengan rumus :

$$K_V = \frac{E_C A}{t_r}$$

Untuk tingkat kekuatan dari *isolated structure*, tingkat tahanan terhadap beban gempa pada dasarnya semakin meningkat dengan bertambahnya nilai *isolation ratio* ( $\alpha_1 = T_1 / T_F$ ) dimana  $T_F$  merupakan periode getaran dari *fixed base structure* dan  $T_1$  merupakan periode getaran dari *isolated structure*.

Dalam analisa, *isolated structure* diasumsikan memiliki tingkat kekuatan yang sama dengan *fixed base structure*, tetapi dengan perbedaan distribusi kekuatan pada *isolated structure* melalui nilai *isolation ratio* nya. Perbedaan nilai *isolation ratio* antara 1 s/d 8, dengan nilai ( $\alpha_1 = 1$ ) memiliki arti sama dengan *fixed base structure*. Variasi nilai dari *isolation ratio* berasal dari penentuan kekakuan dari isolator yang digunakan (Vulcano, 1998).

## 2.3 Buckling dan Stabilitas dari *Elastomeric Isolators*

Menurut Naeim dan Kelly (1999), multilayer elastomeric bearing peka terhadap tipe *buckling* dari ketidakstabilan sama halnya dengan yang terjadi kolom sederhana namun lebih didominasi oleh *low-shear stiffness* dari bearing. Metode analisa elastis dari Euler buckling kolom bisa dijadikan pendekatan. Model rubber isolation sebagai *contious beam*. Dengan menganggap bearing menjadi kolom dengan ketinggian  $h$  dengan *cross-sectional area*  $A$  dan penentuan kekakuan geser per unit panjang sebagai  $P_s = GA_s$  dimana  $A_s$  luas geser efektif yang dinyatakan dengan :

$$A_s = A \frac{h}{t_r}$$

Dimana  $h$  adalah total tinggi dari rubber (*rubber* dan pelat baja) dan  $t_r$  ditentukan lebih awal saat menentukan  $h$ .

## 2.4 Analisis SRPMK

SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi). Dengan pendetailan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa  $R$  dapat diambil sebesar 8,5 yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya 1/8 dari gaya gempa untuk elastisdesain (Pengambilan nilai  $R > 1$  untuk mempertimbangkan post-elastic desain, yaitu struktur mengalami kelelahan tanpa kegagalan fungsi). Ketentuan SRPMK dijelaskan dalam SNI 03-2847-2013 yang idem dengan ketentuan ACI 318-02.

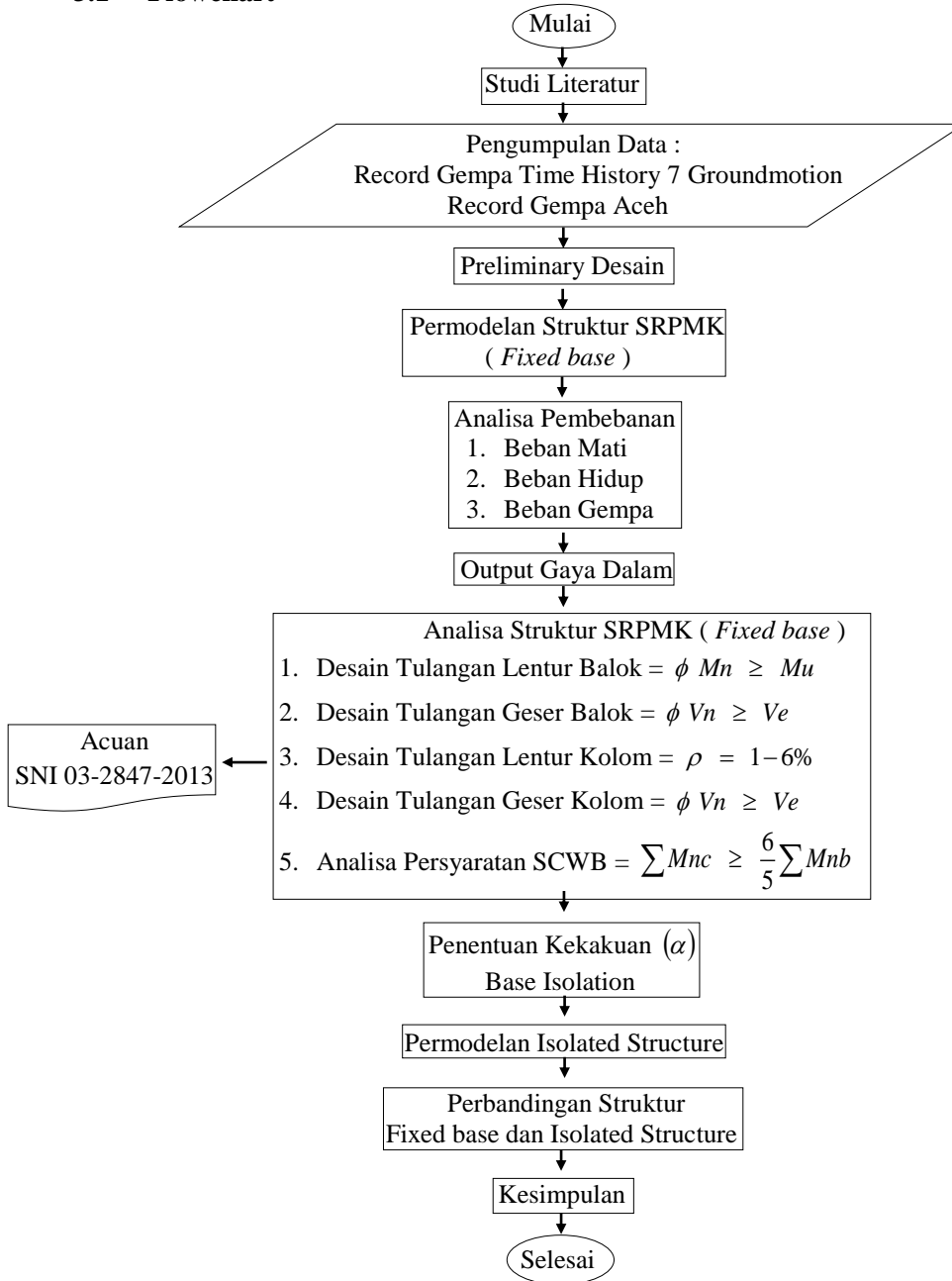
Desain struktur beton bertulang dengan SRPMK sudah dimulai sejak tahun 1960 (Blume et al, 1961) dan pertama kali diwajibkan penggunaannya untuk wilayah yang memiliki resiko gempa tinggi dalam Uniform Building Code (ICBO 1973). Saat ini, SRPMK wajib digunakan untuk wilayah dengan resiko gempa tinggi (ketagori desain sesimik D, E, dan F dalam SNI 1726-2012 atau ASCE-7).

Prinsip SRPMK adalah Struktur diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktil. Prinsip *Strong Column weak beam* (kolom kuat balok lemah) yang bekerja

menyebarkan di sebagian besar lantai, tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom, dan joint, dan menyediakan detail yang memungkinkan perilaku duktail.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Flowchart



#### 3.2 Penjelasan Flowchart

1. Start :  
Mulai mengerjakan laporan Tugas Akhir.
2. Studi Literatur :  
Sebelum ke tahap analisa, pengumpulan data-data penunjang dalam analisa struktur seperti mengumpulkan referensi, SNI, jurnal-jurnal, dan buku-buku literatur yang berfungsi untuk menambah pengetahuan serta mempermudah dalam pengerjaan analisa dalam studi kasus pada Tugas Akhir.

3. Pengumpulan Data :  
Mengumpulkan data rekaman gempa Time History 7 Groundmotion dan Gempa Aceh yang selanjutnya di kombinasi dan nantinya dipakai dalam permodelan struktur pada software SAP 2000 v20.
4. Preliminary desain :  
Menentukan perencanaan dimensi awal balok induk arah melintang dan memanjang serta dimesi kolom bangunan sebagai bahan untuk permodelan struktur yang akan diterapkan pada Software SAP 2000 v20.
5. Permodelan Struktur SRPMK (*Fixed base*) :  
Mengaplikasikan hasil dalam software SAP 2000 v20 yang berupa mutu dan bahan, dimensi awal balok induk arah melintang dan memanjang serta dimensi kolom.
6. Analisa Pembebanan :  
Menghitung dan menginput beban yang akan di masukkan mulai dari :
  - a. Beban Mati (*Dead Load*) :
    1. Beban mati pelat lantai dan pelat atap.
    2. Beban mati balok melintang.
    3. Beban mati balok memanjang.
  - b. Beban Hidup (*Live Load*) :  
Beban hidup pelat lantai dan pelat atap.
  - c. Beban Gempa (*Quake*) :  
Beban gempa *Time History Analysis 7 Ground Motion* dan Beban gempa *Response Spectrum* kota Aceh yang telah melalui proses scaling dengan software Seismosignal dan Ms.Excell.
7. Output Gaya Dalam :  
Mendapatkan output gaya dalam dari software SAP 200 v20 yang berupa nilai maksimum M3 (momen), V2 (geser), dan P (reaksi).
8. Analisa Struktur SRPMK (*Fixed base*) :  
Menghitung Hasil dari Output gaya dalam dengan acuan SNI 03-2847-2013 untuk mendapatkan hasil berupa dimensi serta tulangan pasang untuk balok dan kolom.
9. Penentuan Kekakuan Isolator (*Isolation Ratio*) :  
Isolation ratio merupakan perbandingan periode dari *isolated structure* dengan *fixed base* ( $\alpha 1 = T_1 / T_F$ ).  $T_F$  diperoleh dari analisa Fixed-base sehingga  $T_1 = \alpha 1 \times T_F$ . Nilai dari  $\Delta 1 = 1 ; 1,1 ; \dots$  ; 8. Dengan diperolehnya periode natural dan reaksi perletakan bangunan maka akan ditentukan nilai kekakuan horizontal ( $K_H$ ) dari *Isolator Device*, sehingga hasil dari kekakuan isolator akan di permodelkan dalam SAP 2000 v20.
10. Permodelan *Isolated Structure* :  
Mengaplikasikan hasil dari analisa struktur SRPMK yang berupa dimensi serta tulangan pakai dan menginput kekakuan isolator yang didapat dari perhitungan kekakuan horizontal untuk di permodelkan dalam software SAP 2000 v20.
11. Perbandingan *Fixed base* dan *Isolated Structure* :  
Membandingkan antara struktur gedung *Fixed base* dan *Isolated Structure* dengan hasil yang dicapai berupa :
  - *Floor Acceleration*
  - *Displacement Maximum*
  - *Velocity*
12. Kesimpulan :  
Hasil akhir yang diharapkan dalam studi kasus pada Tugas Akhir ini ialah mengetahui dominasi beban lateral (beban gempa) dan mengetahui disain optimum dalam perencanaan *isolated structure*.
13. Finish :  
Akhir dari suatu pekerjaan laporan Tugas Akhir sudah dapat di pertanggung jawabkan.

#### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Diskripsi Bangunan

1. Lebar Bangunan : 20 m
2. Panjang Bangunan : 30 m
3. Tinggi bangunan : 40 m
4. Fungsi Bangunan : Gedung perkantoran
5. Zona Daerah : Aceh
6. Data Gempa Pakai : Gempa Kobe, Landers, Kern County, Loma Prieta, El-Centro, North Ridge, San Fernando, dan Aceh.

##### 4.2 Mutu Material

1. Beton
  - $F'_c$  : 30 Mpa
  - Berat Jenis : 2.400 Kg / m<sup>3</sup>
  - Modulus elastisitas : 25.742,96 MPa
  - Angka poisson : 0.2
2. Baja
  - Berat Jenis : 7.850 Kg / m<sup>3</sup>
  - Modulus elastisitas : 200.000 MPa
  - Angka poisson : 0.3
  - Tegangan leleh (  $F_y$  ) : 400 MPa
  - Tegangan putus (  $F_u$  ) : 520 MPa
  - $F_y'$  : 440 Mpa
  - $F_u'$  : 560 Mpa

##### 4.3 Preliminary Desain

1. Dimensi balok induk arah memanjang sebesar 35/50 cm
2. Dimensi balok induk arah melintang sebesar 30/45 cm
3. Dimensi kolom sebesar 70/70 cm

##### 4.4 Pembebanan

1. DL (Dead Load)
  - Lantai = 360,42 kg/m<sup>2</sup>
  - Atap = 288 kg/m<sup>2</sup>
  - Balok Memanjang = 8520 kg/m<sup>2</sup>
  - Balok Melintang = 6620 kg/m<sup>2</sup>
2. LL (Live Load)
  - Lantai = 250 kg/m<sup>2</sup>
  - Atap = 100 kg/m<sup>2</sup>

##### 4.5 Analisa Penampang Struktur *Fixed base*

Diameter Tulangan = 25 mm, Diameter Sengkang = 12 mm.

###### 1. Balok Melintang

- Tumpuan = Lantai 1-8 =  $A's = 3, A_s = 7$
- Lantai 9 =  $A's = 3, A_s = 6$
- Lantai 10 =  $A's = 2, A_s = 2$
- Lapangan = Lantai 1-10 =  $A's = 2, A_s = 2$

Diameter Tulangan = 29 mm, Diameter Sengkang = 16 mm.

###### 2. Balok Memanjang

- Tumpuan = Lantai 1-7 =  $A's = 6, A_s = 12$
- Lantai 8 =  $A's = 5, A_s = 11$
- Lantai 9 =  $A's = 4, A_s = 10$
- Lantai 10 =  $A's = 3, A_s = 3$
- Lapangan = Lantai 1-10 =  $A's = 3, A_s = 3$

###### 3. Kolom

- Kolom 1 = 32 D36

- Kolom 2 = 28 D36
- Kolom 3 = 20 D36
- Kolom 4 = 16 D32
- Kolom 5-10 = 8 D29

#### 4.6 Analisa Penampang *Isolated Structure*

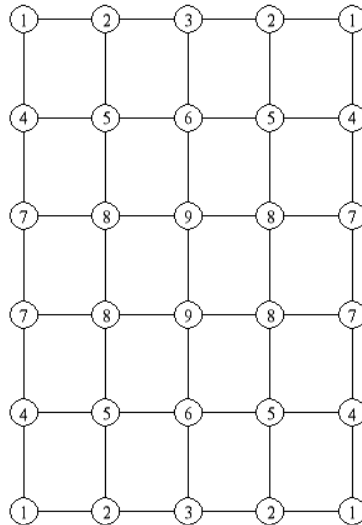
Perhitungan Kekakuan *base isolation* berdasarkan *isolation ratio*

Adapun nilai *isolation ratio* adalah :

- Berdasarkan analisa *fixed base*, periode alami struktur diperoleh sebesar  $T_1 = 4,141$  detik
- Target *isolation ratio* yang akan digunakan sekitar 1-8 kali  $T_1$  dari periode alami struktur *fixed base*.

Tabel 1. Isolation Ratio

a	T1 (s)	a	T1 (s)
1.0	4.141	5.0	20.706
1.5	6.212	5.5	22.777
2.0	8.282	6.0	24.847
2.5	10.353	6.5	26.918
3.0	12.424	7.0	28.989
3.5	14.494	7.5	31.059
4.0	16.565	8.0	33.130
4.5	18.636		



Gambar 1. Letak Posisi Base Isolation

Tabel 2. TABEL Perhitungan Kekakuan Base Isolation

HL060x6R	tr	162	mm	(1-4)
HT090x6R	tr	252	mm	(5-9)
G	0,624	MN/mm <sup>2</sup>		
T1	8,282	detik		
Ec	1,4	MN/mm <sup>2</sup>		

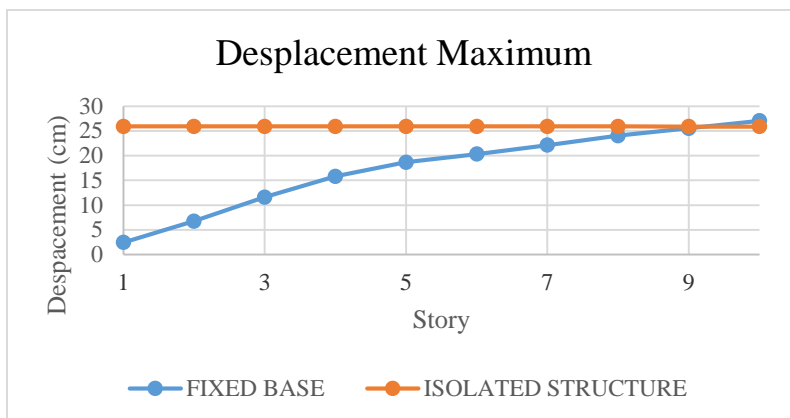
Point	Jumlah	Reaksi	Total Reaksi	KH	Composite Stiffness KH
		Ton	Ton	N/m	
1	4	2.778,91	11.115,65	450	4,582
2	4	3.791,16	15.164,65	613	6,251
3	2	3.860,25	7.720,49	625	3,183
4	4	4.203,50	16.814,00	680	6,931
5	4	5.474,53	21.898,12	886	14,042
6	2	5.565,92	11.131,84	901	7,138
7	4	4.289,12	17.156,50	694	11,002
8	4	5.576,53	22.306,10	902	14,304
9	2	5.670,49	11.340,99	917	7,272
Total Berat Struktur			134.648,34	KH total	74,706
				w	0,74
				T	8,43

#### 4.7 Hasil Analisa Perbandingan Struktur Terhadap *Displacement Max*, *Velocity*, and *Acceleration*

Tabel 3. Perbandingan Nilai *Displacement Max*

FIXED BASE		ISOLATED STRUCTURE	
Desplacement		Desplacement	
n	cm	n	cm
10	27,04	10	25,893
9	25,51	9	25,895
8	24,04	8	25,896
7	22,14	7	25,896
6	20,33	6	25,896
5	18,65	5	25,896
4	15,82	4	25,896
3	11,61	3	25,896
2	6,76	2	25,896
1	2,44	1	25,897
0	0,00	0	25,896

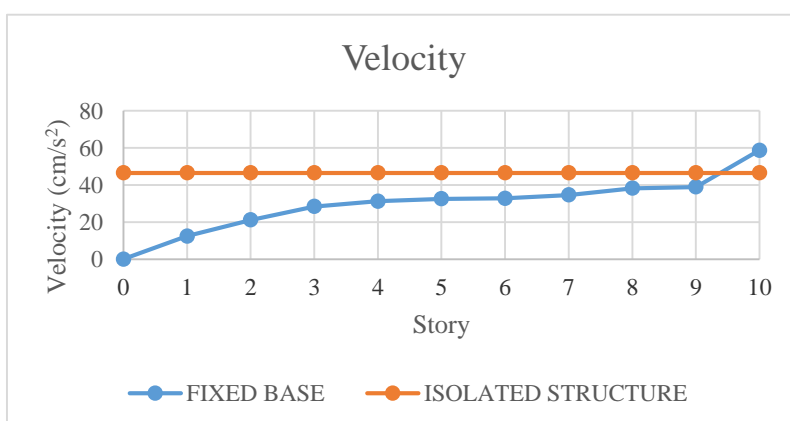




Gambar 2. Perbandingan Nilai *Deslacement Max*

Tabel 4. Perbandingan Nilai *Velocity*

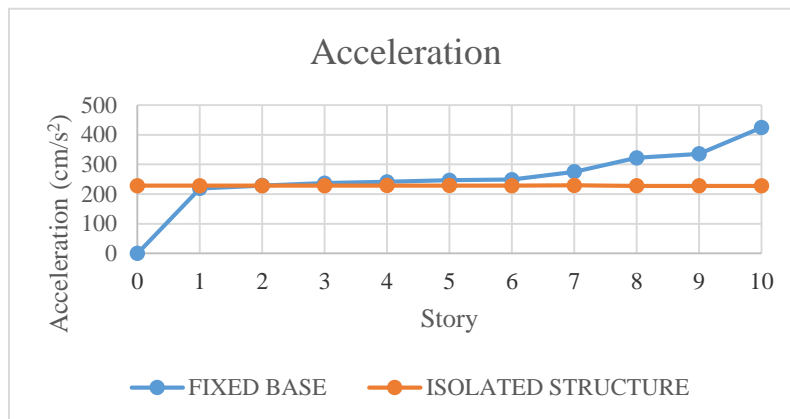
FIXED BASE		ISOLATED STRUCTURE	
Velocity		Velocity	
n	cm/s	n	cm/s
10	58,73	10	46,51
9	38,96	9	46,51
8	38,28	8	46,52
7	34,63	7	46,51
6	32,77	6	46,51
5	32,52	5	46,51
4	31,22	4	46,51
3	28,37	3	46,52
2	21,18	2	46,51
1	12,45	1	46,51
0	0,00	0	46,51



Gambar 3. Perbandingan Nilai *Velocity*

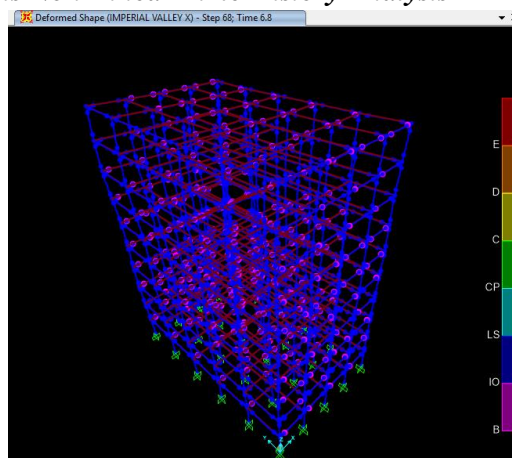
Tabel 5. Perbandingan Nilai *Acceleration*

FIXED BASE		ISOLATED STRUCTURE	
Acceleration		Acceleration	
n	cm/s <sup>2</sup>	n	cm/s <sup>2</sup>
10	424,29	10	227,91
9	335,41	9	227,73
8	322,27	8	227,94
7	275,33	7	229,42
6	248,81	6	228,43
5	246,80	5	228,56
4	241,27	4	228,55
3	237,04	3	228,44
2	228,96	2	228,28
1	219,24	1	228,23
0	0,00	0	228,21

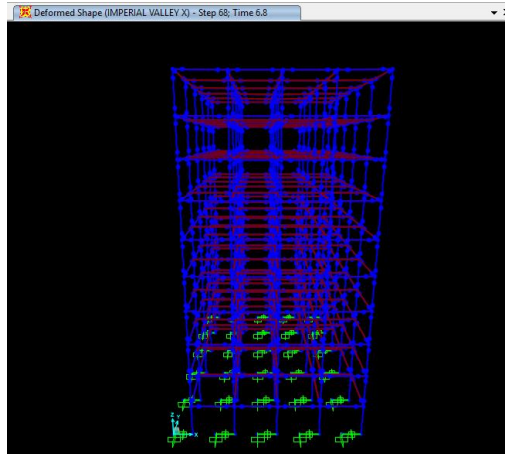


Gambar 4. Perbandingan Nilai *Acceleration*

#### 4.8 Hasil Run Analysis *Non-Linear Time History Analysis*



Gambar 5. Sendi Plastis pada Struktur *fixed-base* pada Step 68, Time 6,8 detik



Gambar 6. Sendi Plastis pada *Isolated structure* pada Step 68, Time 6,8 detik

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Tujuan utama studi kasus ini adalah mengetahui perbandingan perilaku pada gedung 10 lantai di Provinsi Aceh yang menggunakan *fixed-base* dan *isolation-base* yang diakibatkan beban gempa *Non-linear Time History Analysis*.

1. Maka dari itu dari hasil analisa ada beberapa kesimpulan antara lain :  
Ketika terjadi gaya lateral terutama beban gempa, Struktur *fixed-base* terjadi mekanisme kelelahan pada semua elemen balok dan masih masuk dalam kategori Level B, sedangkan pada Struktur *isolation-base* tidak terjadi mekanisme kelelahan sehingga menjadikan struktur yang aman dari gaya lateral terutama beban gempa karena selain struktur mempunyai daktilitas yang tinggi, elastisitas dari isolator, dan konsep *Strong Column Weak Beam* telah tercapai.
2. Ketika terjadi gaya lateral terutama beban gempa, *Displacement Max, Velocity, and Acceleration* pada struktur *fixed-base* mengalami kenaikan yang signifikan yang disebabkan oleh adanya gaya lateral, sedangkan pada struktur *isolation-base* *Displacement Max, Velocity, and Acceleration* yang terjadi tidak berpengaruh pada struktur utama dikarenakan ketika terjadi gaya lateral gaya tersebut akan diredam oleh isolator sehingga gaya yang dialirkan keatas menjadi mengecil dan bangunan menjadi elastis sehingga struktur utama bergerak mengikuti dari pergerakan isolatornya. Jadi semakin fleksibel isolator suatu bangunan maka simpangan, kecepatan, dan percepatan pun semakin besar.

### 5.2 Saran

1. Untuk analisa selanjutnya, disarankan untuk tetap menggunakan 7 record gempa . Sehingga dapat memperoleh hasil analisa yang lebih akurat.
2. Disarankan untuk melakukan analisa nonlinier terhadap perilaku *base isolation (rubber bearing)*, sehingga diketahui sendi plastis (kinerja) pada *base isolation*.
3. Disarankan untuk menganalisa struktur *dual system*, karena pada saat ini gedung tinggi lebih banyak menggunakan struktur *dual system* (rangka dan *shearwall*).
4. Disarankan untuk menganalisa struktur dengan material baja. Sehingga diketahui apakah perilaku struktur baja memiliki perilaku yang sama dengan perilaku struktur beton yang dianalisa dengan *base isolation*.
5. Disarankan untuk Update peta gempa dan SNI terbaru untuk membantu mempermudah dalam mengerjakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambuwaru, Enon Arviana. *Analisa Perbandingan Beban Gempa pada Struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Menurut SNI 03-1726-2002 dan SNI 01-1726-2012*. Tugas Akhir. Teknik Sipil-Untag.
- Budiono, Bambang. *Konsep SNI Gempa 1726-201x*, Seminar HAKI 26-27 Juli 2011, Jakarta. 2011.
- Chopra, Anil K. 1995. **Dynamics of Structures “Theory and Application to Earthquake Engineering**. New York : Printice-Hall, Inc.
- Jurnal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Vol 8. pp 615 to 622. 2017
- Jurnal of Civil Engineering. Vol 6. pp 329 to 334. 2016
- Jurnal of European Scientific Journal. Vol 9. pp 41 to 54. 2013
- Jurnal of International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET). Vol 4. pp 815 to 822. 2015
- Jurnal of Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Vol 17. pp 2. 2013
- Jurnal of Jurnal Karya Teknik Sipil Undip. Vol 4. pp 48 to 55. 2015
- Jurnal of Jurnal Karya Teknik Sipil Undip. Vol 4. pp 439 to 448. 2015
- Jurnal of Jurnal Karya Teknik Sipil Undip. Vol 5. pp 170 to 178. 2016
- Jurnal of Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain. Vol 4. pp 3. 2016
- Jurnal of KSCE Civil Engineering. Vol 19. pp 651 to 652. 2015
- Jurnal of SSRG International Joournal (SSRG-IJCE). Vol 3. pp 274 to 277. 2016
- Kelly, Trevor E. 2001. **Design Guidelines base Isolation of Structure**. New Zealand : Holmes Consulting Group Ltd.
- Lesmana, Yudha. *Analisa Perilaku Gedung Tinggi Yang Menggunakan Sistem Base Isolation Akibat Beban Gempa Nonlinear Time History Analysis*. Tesis RC09-2399. Teknik Sipil-Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lesmana, Yudha. *Perhitungan Perencanaan Ulang Struktur Gedung Akademi Kebidanan Muhammadiyah Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Tugas Akhir. Teknik Sipil-Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liang, B dkk. 2002. “*Wind Effeect on Habitability of Base-Isolated Building*”. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic** : 1951-1958.
- Naeim, F dan J. M. Kelly. 1999. **Design of Seismic Isolated Structure From Theory to Practice**. New York : John Willey & Sons.
- Nursalim, Agus. *Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Hotel POP di Bandar Lampung*. Tugas Akhir. Teknik Sipil-Untag.
- Park, R dan T. Paulay. 1974. **Reinforced Concrete Structure**. New York : John Willey & Sons.
- Paulay, T. dan M. J. N. Priestley. 1992. **Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings**. New York : John Willey & Sons.
- Pratama, Ris Dendy. *Perencanaan Struktur Baja Untuk Gedung Kuliah Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM)*. Tugas Akhir. Teknik Sipil-Untag.
- Purwono, Rachmat, Aman Subakti, Kurdian Suprpto, Iman Wimbadi, dan Mudji Irmawan. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI 1726 dan SNI 2847 Terbaru*. Surabaya : ITS Press. 2005.
- SNI 03-1727-2013 *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain*.
- SNI 03-2847-2013 *Persyaratan BetonStruktural untuk Bangunan Gedung*.
- SNI 03-1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.