

ANALISIS RESPON BANGUNAN GEDUNG LIMA LANTAI MENGGUNAKAN *BASE ISOLATOR* DI KOTA PADANG

Ade Faisal, Azmi Arief

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapten Mochtar Basri No. 3, Medan 20238

¹Email: adef@umsu.ac.id

Abstrak— *Gempa bumi merupakan suatu fenomena alam yang tidak dapat dielakkan oleh manusia yang mana kejadian itu mengakibatkan kerugian material dan korban jiwa. Akibat yang ditimbulkan tersebut kebanyakan terjadi oleh kerusakan dan runtuhnya suatu bangunan. Teknologi yang dikembangkan pada pondasi belakangan ini sangat berpengaruh untuk meminimalisir keruntuhan suatu struktur bangunan akibat gempa bumi. Isolasi Dasar merupakan terobosan teknologi yang mutakhir yang diletakkan pada pondasi yang berfungsi mengurangi efek dari gempa bumi. Kekakuan pada struktur juga mempengaruhi ketahanan bangunan dari kerusakan dan keruntuhan. Dinding bata berfungsi meningkatkan kekakuan suatu struktur bangunan. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan respon struktur bangunan yang menggunakan teknologi isolasi dasar dan fixed base. Parameter yang ditinjau yaitu periode alami (T), gaya geser (V), dan simpangan (δ). Analisis yang dipakai adalah analisis statik ekuivalen dan analisis respon spektrum. Terdapat 4 model yang menjadi bahan perbandingan, yaitu struktur bangunan fixed base tanpa dinding bata, fixed base dengan dinding bata, isolasi dasar tanpa dinding bata, dan isolasi dasar dengan dinding bata.*

Kata Kunci: *Gempa Bumi, Isolasi Dasar, Kekakuan, Teknologi Pondasi, Dinding Bata*

Abstract— *Earthquakes are a natural phenomenon that can't be circumvented by humans where the incident resulted in material losses and casualties. The impact was mostly occur by the damage and the collapse of a building. The technology developed in recent foundation is very influential to minimize the collapse of a structure due to the earthquake. Base Isolator is a breakthrough cutting edge technology that is placed on the foundation that serves to reduce the effects of earthquakes. Stiffness in the structure also affected the durability of building damage and collapse. The brick wall serves to increase the stiffness of a building structure. This final project aims to determine and compare the response of structures using technology base isolator and fixed base. The parameters are reviewed, namely natural period (T), the shear force (V), and deviation (δ). Analysis used is equivalent static analysis and response spectrum analysis. There are four models that became a point of comparison, the fixed base structure without a brick wall, fixed base with brick walls, base isolator without a brick wall, and base isolator with brick walls.*

Keywords: *Earthquakes, Base Isolator, Stiffness, Technology Foundation, Brick Walls*

I. PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan salah satu propinsi yang sering dilanda terjadinya gempa dalam kurun waktu 10 tahun belakangan ini. Pada peristiwa tersebut banyak dijumpai korban jiwa dan kerusakan bangunan. Hal ini membuat kita sadar akan kurangnya kesadaran bangsa Indonesia akan kondisi alam yang rawan akan gempa dalam merencanakan struktur bangunan yang tahan oleh gempa. Oleh karena itu, penelitian ini menguji bangunan tahan gempa dengan menggunakan *base isolator* dan dinding pengisi bata sebagai penahan gaya lateral gempa.

Base isolator merupakan salah satu teknologi tinggi gedung penahan gempa yang dimulai dan diteliti tahun 1991 di *Uniform Building Code* (UBC) (Gary dkk., 2000), dimana teknologi *base*

isolator ini telah dipakai di berbagai negara yang berada di wilayah rawan gempa. Di berbagai penelitian, *base isolator* dapat mengurangi respon bangunan terutama pada nilai simpangan yang terjadi akibat gempa pada struktur bangunan. Selain *base isolator*, dinding pengisi bata juga berperan sebagai penahan gaya lateral, karena dinding pengisi bata dapat menambah nilai kekakuan struktur gedung.

II. LANDASAN TEORI

A. Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1, gaya geser dasar (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 1,

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

dimana:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat total gedung

Untuk nilai C_s menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1, persamaan yang digunakan untuk menentukan koefisien C_s sesuai dengan Persamaan 2,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2)$$

dimana:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek.

R = faktor modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan hunian

Nilai C_s diatas tidak perlu melebihi C_s hitungan berdasarkan rumus Persamaan 3 sebagai berikut,

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3)$$

Nilai C_s harus tidak kurang dari Persamaan 4,

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (4)$$

dimana:

S_{D1} = parameter percepatan respons spektrum desain pada periode 1 detik

T = periode getar struktur (detik)

S_I = parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

B. Penentuan Distribusi Vertikal Gaya Gempa (F_i)

Distribusi horizontal gaya gempa ditentukan berdasarkan Persamaan 5 dan 6 berikut ini,

$$F_x = C_{vx} V \quad (5)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (6)$$

dimana:

F_x = bagian V yang bekerja di tingkat x .

C_{vx} = faktor distribusi vertikal.

V = gaya geser lateral struktur

$w_{x\&i}$ = bagian dari W yang ditempatkan di tingkat x .

$h_{x\&i}$ = tinggi tingkat x dari dasar.

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$.
- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$.
- Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antar 1 dan 2.

C. Material Bata Merah

Karakteristik dinding bata yang akan digunakan dalam studi ini didasarkan pada karakteristik dinding bata hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh Aryanto (2008). Diperoleh data sebagai berikut:

1. Parameter individu bata:
 - a. Kuat tekan unit bata 4.57 MPa
 - b. Panjang bata 207.23 mm
 - c. Tinggi bata 52.28 mm
 - d. Lebar bata 99.47 mm
 - e. Berat jenis bata 1473.55 kg/m³
2. Parameter dinding pengisi (pasangan bata)
 - a. Kuat tekan rata-rata pasangan bata (f'_m) 3.54 MPa

b. Modulus elastisitas dinding pengisi 2478 MPa

c. Kuat lekat/bond pasangan bata 0.39 MPa

d. Regangan pada tegangan maksimum, $\epsilon_c=0.002$

D. Prosedur Desain Isolasi Dasar HDRB

Dalam mendesain isolasi dasar untuk jenis HDRB. Harus memperhatikan nilai yang terdapat pada material yang akan digunakan, seperti modulus geser dan dimensi yang akan digunakan. Menurut Farissi dan Budiono (2015), nilai material yang dimaksud terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai dasar material isolasi HDRB (Farissi & Budiono, 2015)

HDRB Material Properties	
Diameter	1100 mm
Ketebalan karet	250 mm
Ketebalan tiap lapis	10 mm
Modulus Geser (G)	0.624 MPa
Poitton Ratio	0.49
Berat jenis	1522 kg/m ³
Berat isolasi dasar	361.747 kg
K_{eff}	2359.10 kN/m
Q_y	217.05 kN
K_d	1469.74 kN/m
K_u	14697.42 kN/m
D_y	0.02 m
Q_u	575.74 kN
β	24.89%

Salah satu parameter yang paling penting dalam mendesain isolasi HDRB adalah mencari nilai *shape factor* dengan Persamaan 7.

$$S = \frac{\Phi}{4t} \quad (7)$$

dimana:

S = *shape factor*.

Φ = diameter lingkaran karet.

t = tebal karet per 1 lembar.

Umumnya desain yang bagus memiliki nilai *shape factor* antara 10-20. Selanjutnya mencari nilai kekakuan horizontal dan vertikal menurut Persamaan 8 dan 9.

$$K_H = \frac{GA}{t_r} \quad (8)$$

$$K_V = \frac{E_c A_s}{t_r} \quad (9)$$

dimana:

K_H = kekakuan arah horizontal.

K_V = kekakuan arah vertikal.

G = modulus geser material.

A = luasan area bantalan.

t_r = tebal keseluruhan bantalan.

E_c = modulus elastisitas material.

A_s = luasan penyangga besi perletakan bantalan.

Pada persamaan 9 terdapat nilai modulus elastisitas (E_c) yang didapat dengan menggunakan Persamaan 10.

$$E_c = 6GS^2 \quad (10)$$

Selain mencari kekakuan, *shape factor*, dan modulus elastisitas yang akan digunakan dalam mendesain isolasi HDRB, perlu mencari nilai regangan geser maksimum (γ) dengan menggunakan Persamaan 11.

$$\gamma = \frac{D}{t_r} \quad (11)$$

dimana:

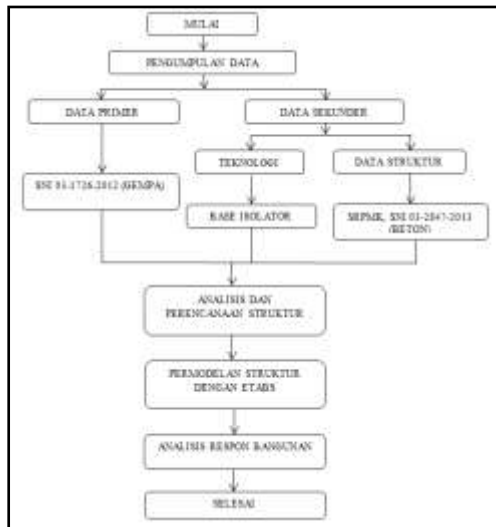
D = perpindahan horizontal maksimum.

III. METODOLOGI PENELITIAN

langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penulisan ini. Pemodelan struktur terdiri dari 4 model, yaitu:

1. *Fixed base* SRPMK tanpa dinding bata.
2. *Fixed base* SRPMK dengan dinding bata.
3. Isolasi dasar SRPMK tanpa dinding bata.
4. Isolasi dasar SRPMK dengan dinding bata.

Bangunan gedung terletak di wilayah Padang. Fungsi gedung adalah untuk perkantoran yang terletak di tengah kota dan bangunan terletak diatas tanah keras.



Gambar 1. Bagan alir (*flow chart*) penelitian

A. Data Material

- a) Beton
 - Kuat tekan beton $f_c = 30$ MPa.
 - Modulus elastisitas beton $= 4700 \sqrt{f_c} = 25742.96$ MPa.
 - Poisson Ratio $= 0.2$.
 - Berat jenis $= 2400 \text{ kg/m}^3$.
- b) Tulangan
 - Tegangan leleh tulangan utama (F_y) BJ40 $= 400$ MPa.
 - Tegangan leleh tulangan sengkang (F_{ys}) BJ24 $= 240$ MPa.
- c) Dinding bata
 - Berat bata $= 1473.55 \text{ kg/m}^2$.
 - Lebar bata = lebar dinding $= 99.47$ mm.
 - Poisson Ratio $= 0.002$
 - Modulus elastisitas dinding pengisi 2478 MPa.

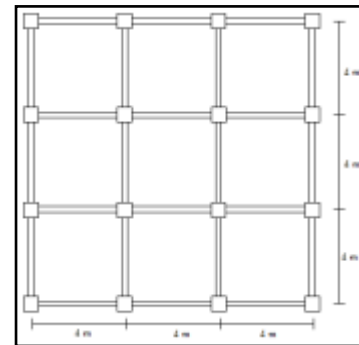
B. Desain Balok Dan Kolom

- a) Dimensi balok lantai 0.35×0.50 m, panjang balok 4 m
- b) Dimensi balok atap 0.30×0.45 m, panjang balok 4 m
- c) Dimensi kolom lantai 1-4 0.60×0.60 m, panjang kolom 4 m
- d) Dimensi kolom atap 0.50×0.50 m, panjang kolom 4 m

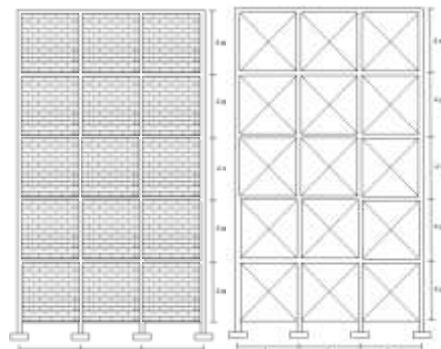
C. Desain Plat

- a) Selimut beton (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)
 - Untuk plat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca $= 40$ mm.
 - Untuk plat yang berhubungan langsung dengan cuaca $= 50$ mm.
 - Untuk balok dan kolom $= 40$ mm.
- b) Tebal plat lantai
 - Asumsi plat lantai yang digunakan:
 - Plat atap $= 10$ cm.
 - Plat lantai $= 12$ cm.

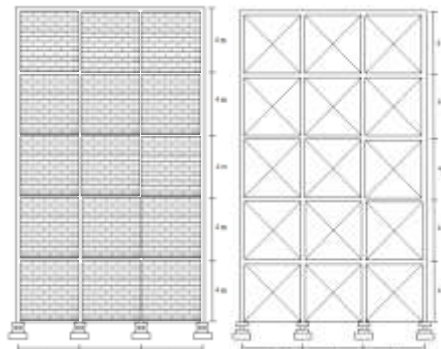
Gambar denah tampak atas, depan dan samping bisa dilihat pada gambar 2 sampai 4.



Gambar 2. Denah struktur tampak atas.



Gambar 3. Denah struktur *fixed base* tampak depan dan samping, (kiri) tanpa dinding pengisi, (kanan) dengan dinding bata.



Gambar 4. Denah struktur dengan isolasi dasar tampak depan dan samping, (kiri) tanpa dinding pengisi, (kanan) dengan dinding bata.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan peraturan SNI-1726-2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas,

yaitu kinerja batas ultimate. Nilai simpangan dan pengecekan story drift terdapat pada tabel 2 dan 3 dan pada gambar 5 sampai

Tabel 2. Nilai simpangan gedung model struktur *fixed base*

Lantai	δ	δ_i	Story drift $=(\delta_i * Cd) / I_e$	Syarat (Δa) 0,02* hi (cm)	Cek Story drift < Δa
	cm	cm	cm		
Arah Sb.X					
Struktur <i>fixed base</i> tanpa dinding bata					
0	0	0	0	0	
1	0,394	0,394	2,166	8	OK
2	0,994	0,600	3,300	8	OK
3	1,528	0,534	2,938	8	OK
4	1,914	0,386	2,122	8	OK
5	2,175	0,261	1,436	8	OK
Struktur <i>fixed base</i> dengan dinding bata					
0	0	0	0	0	
1	0,201	0,201	1,007	2,8	OK
2	0,431	0,230	1,150	2,8	OK
3	0,634	0,203	1,013	2,8	OK
4	0,788	0,154	0,772	2,8	OK
5	0,886	0,097	0,486	2,8	OK
Arah Sb.Y					
Struktur <i>fixed base</i> tanpa dinding bata					
0	0	0	0	0	
1	0,396	0,396	2,179	8	OK
2	1,000	0,603	3,319	8	OK
3	1,537	0,537	2,954	8	OK
4	1,924	0,388	2,132	8	OK
5	2,187	0,262	1,441	8	OK
Struktur <i>fixed base</i> dengan dinding bata					
0	0	0	0	0	
1	0,202	0,202	1,010	2,8	OK
2	0,433	0,231	1,153	2,8	OK
3	0,636	0,203	1,015	2,8	OK
4	0,790	0,155	0,773	2,8	OK
5	0,887	0,097	0,487	2,8	OK

Catatan:

δ = perpindahan

δ_i = perpindahan antar tingkat

Tabel 3. Nilai simpangan gedung isolasi dasar

Lantai	δ	δ_i	Story drift $=(\delta_i * Cd) / I_e$	Syarat (Δa) 0,015* hi (cm)	Cek Story drift < Δa
	cm	cm	cm		
Arah Sb.X					
Struktur isolasi dasar tanpa dinding bata					
0	0,050	0,050	0,272		
1	0,270	0,221	1,215	6,000	OK
2	0,619	0,348	1,915	6,000	OK
3	0,937	0,318	1,751	6,000	OK
4	1,190	0,253	1,392	6,000	OK
5	1,403	0,212	1,168	6,000	OK
Struktur isolasi dasar dengan dinding bata					
0	0,031	0,031	0,153		
1	0,053	0,022	0,111	6,000	OK
2	0,108	0,055	0,277	6,000	OK
3	0,160	0,052	0,259	6,000	OK
4	0,204	0,044	0,218	6,000	OK
5	0,237	0,034	0,168	6,000	OK

Tabel 3. Nilai simpangan gedung isolasi dasar, Lanjutan

Lantai	δ	δ_i	Story drift $=(\delta_i * Cd) / I_e$	Syarat (Δa) 0,015* hi (cm)	Cek Story drift < Δa
	cm	cm	cm		

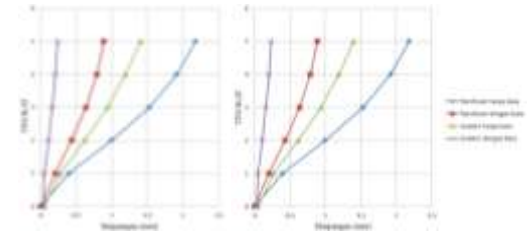
Arah Sb.Y

Struktur isolasi dasar tanpa dinding bata

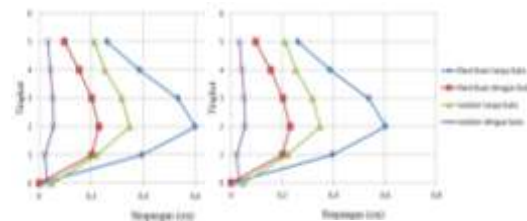
0	0,049	0,049	0,267		
1	0,270	0,222	1,220	6,000	OK
2	0,619	0,348	1,915	6,000	OK
3	0,937	0,318	1,751	6,000	OK
4	1,190	0,253	1,392	6,000	OK
5	1,403	0,212	1,168	6,000	OK

Struktur isolasi dasar dengan dinding bata

0	0,030	0,030	0,150		
1	0,053	0,023	0,114	6,000	OK
2	0,108	0,055	0,277	6,000	OK
3	0,160	0,052	0,259	6,000	OK
4	0,204	0,044	0,218	6,000	OK
5	0,237	0,034	0,168	6,000	OK



Gambar 6: Grafik simpangan antar model struktur bangunan terhadap ketinggian gedung Arah X (kiri) dan arah Y (kanan).



Gambar 4.12: Grafik simpangan antar model struktur antar tingkat arah X (kiri) dan arah Y (kanan).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan struktur *fixed base* dan isolasi dasar serta pengaruh dari dinding bata, diperoleh beberapa kesimpulan seperti berikut:

1. Struktur SRPMK terisolasi dasar memiliki nilai simpangan yang lebih kecil dari pada struktur SRPMK *fixed base*. Nilai simpangan maksimum yang terjadi:
 - 1.1. Struktur SRPMK *Fixed base* tanpa bata = 2.187 cm.
 - 1.2. Struktur SRPMK terisolasi dasar tanpa bata = 1.403 cm.
 - 1.3. Struktur SRPMK *Fixed base* dengan bata = 0.887 cm.
 - 1.4. Struktur SRPMK terisolasi dasar dengan bata = 0.237 cm.
2. Dinding pengisi bata sangat berpengaruh terhadap kekakuan dan penahan gaya lateral gempa terutama pada respon bangunan. Dengan dinding bata bangunan lebih tahan terhadap gempa.
3. Dari ke empat model struktur, struktur bangunan SRPMK terisolasi dasar dengan dinding bata merupakan bangunan yang paling baik menahan gaya lateral gempa dengan nilai simpangan sebesar 0.237 cm.
4. Isolasi dasar dapat meningkatkan kekakuan dan menahan gaya lateral, dan isolasi dasar merupakan

komponen reduksi lateral serta mengambil sifat fleksibel bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, A., 2008, Kinerja Portal Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi Bata Ringan terhadap Beban Gempa, *Tesis Magister*, Institusi Teknologi Bandung, Bandung.
- Asteris, P.G., 2003, Lateral Stiffness of Brick Masonary Infilled Planed Frame, *Journal of Struktural Engineering*, ASCE, 129(8), 1071-1079.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012, *Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI-1726-2012)*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2013)*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk bangunan gedung (SNI-2847-2013)*, BSN, Jakarta.
- Budiono, B. dan Setiawan, A., 2014, Studi Komparasi Sistem Isolasi Dasar *High-Damping Rubber Bearing* dan *Friction Pendulum System* pada Bangunan Beton Bertulang, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.21 (3), hal.180-181.
- Budiono, B. dan Supriatna, L., 2011, *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Day, R.W., 1999, *Geotechnical and Fondation Engineering Design and Construction*, The McGraw-Hill Companies, Inc, United State of America.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)*, Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Farisi, M.A. dan Budiono, R.B., 2015, *Design And Analysis of Base Isolated Structures*, Institute Teknologi Bandung, Bandung.
- Gifars, F., 2014, *Pengertian dan Penjelasan Gempa Bumi*, Ilmu sains.
- Hart, G.C. dan Wong, K., 2000, *Structural Dynamics for Structural Engineers*, John Wiley & Sons, Inc, United State of America.
- Mayes, R.L. dan Naeim, F., 2000, *Design of Structures with Seismic Isolation*, California (LA).
- Muliadi, & Arifuddin, M., & Aulia, T.B., 2014, Analisi Respon Bangunan Menggunakan Isolasi Dasar Sebagai Pereduksi Beban Gempa Di Wilayah Gempa Kuat, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.3 (2), hal.109-118.
- Parinduri, B.S.M., 2013, Evaluasi Daktalitas Pada Bangunan Rumah Toko di Kota Medan Terkait dengan Peraturan Gempa 2012, *Laporan Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Riza, M.M., 2010, *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS*, ARS GROUP.
- Strein, T., 2014, Base isolation system of lead-rubber bearings, <https://prezi.com>, diakses 9 oktober 2015.
- Tumilar, S., 2015, *Contoh Analisis Gedung 4 Lantai di Banda Aceh*, Medan.
- Widjanarko, A., 2006, *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa dilengkapi dengan Metode dan Cara Perbaikan Kerusakan*, Direktorat Jenderal Cipta Karya - Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Young, K., 1975, *Geology The Paredox of Earth and Man*, Houghton Mifflin Company, United State of America.