PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA MAHASISWA STAIN SORONG

Ibrahim Ibrahim¹⁾, Slamet Widodo²⁾

^{1), 2)} Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong

Email : ibrahim1987umsorong@gmail.com

ABSTRAK

Sekolah tinggi agama islam negeri sorong (STAIN) berencana meningkatkan fasilitas dengan membangun gedung asrama mahasiswa yang diperuntukkan untuk menunjang kegiatan belajar di kampus. Perencanaan sturktur gedung asrama mahasiswa stain sorong ini direncanakan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) berdasarkan (SNI 03-2847-2002) dan (SNI 03-1726-2012), sedangkan analisa mekanika struktur menggunakan program SAP 2000 versi 14 dengan tujuan sistem struktur ini mampu menahan gaya-gaya dalam yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Perencanaan struktur utama yang meliputi perencanaan kolom, perencanaan balok, perencanaan hubungan balok-kolom dan perencanaan pondasi, sedangkan perencanaan struktur sekunder meliputi perencanaan pelat lantai. Pada perencanaan struktur gedung ini ditentukan bahwa struktur sekunder tidak menerima gaya gempa, hanya struktur utama yang memikul gaya gempa. Dari hasil perencanaan struktur yang telah dilakukan dengan menggunakan SRPMM menunjukkan bahwa sistem struktur ini mampu menerapkan sistem rangka ruang yang mana komponen-komponen struktur dan join-joinnya dapat memikul gaya gempa yang terjadi melalui aksi lentur, geser dan aksial.

KATA KUNCI : *Perencanaan Struktur, Anaisis Portal 3D, SRPMM*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam upaya meningkatkan fasilitas untuk menunjang kebutuhan kegiatan belajar di kampus. Sekolah tinggi agama islam negeri sorong (STAIN) berencana membangun gedung asrama mahasiswa sebagai sarana mahasiswa bertempat tinggal, bersosialisasi, menikmati waktu luang, pengembangan jati diri dan lebih tekun

untuk menyelesaikan studi mereka di kampus karena sudah mendapatkan pemondokan yang layak terutama bagi mahasiswa dari luar daerah. Dengan begitu asrama mahasiswa ini dapat meminimalkan waktu dan biaya mahasiswa untuk transportasi dan penyewaan rumah tinggal.

Berdasarkan uraian diatas penulis bermaksud untuk melakukan perencanaan struktur gedung pada

asrama mahasiswa stain sorong dan juga menjadi dasar pengambilan judul tugas akhir berupa “**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA MAHASISWA STAIN SORONG**” dengan mengaplikasikan ilmu-ilmu yang diperoleh dari bangku perkuliahan ke dalam praktek perencanaan yang sebenarnya.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang harus diperhatikan adalah :

- a. Bagaimana merencanakan preliminary design dengan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) ?
- b. bagaimana menghitung penulangan struktur utama (balok, kolom dan pondasi) dengan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) ?
- c. bagaimana menerapkan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) pada struktur gedung ?

Batasan Masalah

Ruang lingkup yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung ini antara lain :

- a. Perencanaan ini tidak meninjau analisa biaya dan manajemen serta pelaksanaan konstruksi.
- b. Kombinasi beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup dan beban horizontal gempa.

- c. Analisa mekanika struktur menggunakan program bantu SAP 2000 versi 14.
- d. Perhitungan analisa gempa menggunakan analisa statik ekuivalen.
- e. Aspek-aspek yang diperhitungkan dalam perencanaan ini meliputi perencanaan pelat, balok, kolom, pondasi.

Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Mampu untuk merencanakan preliminary design sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).
- b. Mampu untuk menghitung penulangan struktur utama (balok, kolom dan pondasi) dengan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).
- c. Mampu untuk menerapkan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) pada struktur gedung.

Semua metode penulisan dan analisa dalam artikel ilmiah ini merujuk pada panduan penulisan tugas akhir Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sorong tahun 2014 (Pristianto, Amri, & Rusdi, 2014).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Secara geografis batas-batas lokasi penelitian sebagai berikut :

- Sebelah utara : lahan penduduk
- Sebelah timur : Jl. Sorong-Klamono
- Sebelah barat : lahan penduduk
- Sebelah selatan : lahan penduduk

Gambar 1. Foto Udara Lokasi Penelitian

Data Geometrik Struktur

Data-data geometrik yang didapat sebagai berikut :

- Konfigurasi gedung

Konfigurasi gedung yang merupakan obyek dari perhitungan struktur, diantaranya :

- 1) Tipe bangunan : gedung bertingkat
- 2) Tinggi bangunan : 12 m
- 3) Jumlah lantai : 3 lantai
- 4) Struktur bangunan : beton bertulang
- 5) Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- 6) Mutu baja (f_y) : 400 Mpa

- Fungsi gedung

- 1) Lantai I : asrama mahasiswa
- 2) Lantai II : asrama mahasiswa
- 3) Lantai III : asrama mahasiswa

3.1 Diagram alir perencanaan gedung

Gambar 2. Alur Penelitian

III. PERENCANAAN STRUKTUR

Preliminary Design

Sebelum dimulainya suatu desain, terlebih dahulu dilakukan preliminary secara singkat untuk dapat memperkirakan berapa besar dimensi struktur yang akan dipakai dalam desain tersebut. Untuk portal, perkiraan dimensi pelat, balok dan kolom dilakukan sesuai dengan ketentuan-ketentuan dalam SNI 03-2847-2002.

Tabel 1. Dimensi Penampang Struktur

Dimensi (cm)	Tingkat			
	1	2	3	Atap
Pelat lantai	12	12	12	-
Pelat duk	-	10	-	-
Balok	30/45	30/45	30/45	20/30
Kolom	45/45	45/45	45/45	30/30
Pondasi telapak	150 x 150			

Pembebanan Vertikal Pada Struktur

Pembebanan vertikal struktur pada sistem rangka pemikul momen hanya diterima oleh frame saja, untuk berat sendiri dari balok dan kolom akan diperhitungkan dengan bantuan program SAP 2000 v 14.

Tabel 2. Beban Pada Pelat Lantai

Tingkat	Besar Beban	
	DL	LL
Atap	65,00 kg/m ²	116,00 kg/m ²
3	568,00 kg/m ²	250,00 kg/m ²
2	568,00 kg/m ²	250,00 kg/m ²
1	375,00 kg/m ²	250,00 kg/m ²
Duk	283,00 kg/m ²	100,00 kg/m ²

Pembebanan balok oleh pas. batu bata ½ bt. pada balok 250 kg/m² x 4 m = 1000 kg/m.

Tributary Area

a. Type – A

b. Type – B

c. Type – C

Pembebanan Pada Balok

a. Beban pada ring balok

1) Distribusi beban dengan Type – A

$$\begin{aligned} DL &= 65 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} \\ &= 130,00 \text{ kg/m} = 1,30 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2) Distribusi beban dengan Type – B dan Type – C

$$\begin{aligned} DL &= 65 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 65,00 \text{ kg/m} = 0,65 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban pada balok lantai 3

1) Distribusi beban dengan Type – A

$$\begin{aligned} DL &= 568 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} \\ &= 1136,00 \text{ kg/m} = 11,36 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LL &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} \\ &= 500,00 \text{ kg/m} = 5,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2) Distribusi beban dengan Type – B dan Type – C

$$\begin{aligned} DL &= 568 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 568,00 \text{ kg/m} = 5,68 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LL &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 250,00 \text{ kg/m} = 2,50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 3) Beban pas. batu bata $\frac{1}{2}$ bt. = 1000 kg/m = 10 kN/m.
- c. Beban balok lantai 2
- 1) Distribusi beban dengan Type – A
 $DL = 568 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$
 $= 1136,00 \text{ kg/m} = 11,36 \text{ kN/m}$
 $LL = 250 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$
 $= 500,00 \text{ kg/m} = 5,00 \text{ kN/m}$
  - 2) Distribusi beban dengan Type – A
 $DL = 283 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$
 $= 566,00 \text{ kg/m} = 5,66 \text{ kN/m}$
 $LL = 100 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$
 $= 200,00 \text{ kg/m} = 2,00 \text{ kN/m}$
  - 3) Distribusi beban dengan Type – B dan Type – C
 $DL = 568 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$
 $= 568,00 \text{ kg/m} = 5,68 \text{ kN/m}$
 $LL = 250 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$
 $= 250,00 \text{ kg/m} = 2,50 \text{ kN/m}$
  - 4) Beban pas. batu bata $\frac{1}{2}$ bt. = 1000 kg/m = 10 kN/m.
- d. Beban balok lantai 1
- 1) Distribusi beban dengan Type – A
 $DL = 375 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$
 $= 750,00 \text{ kg/m} = 7,50 \text{ kN/m}$
 $LL = 250 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$
 $= 500,00 \text{ kg/m} = 5,00 \text{ kN/m}$
  - 2) Distribusi beban dengan Type – B dan Type – C
 $DL = 375 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$
 $= 375,00 \text{ kg/m} = 3,75 \text{ kN/m}$
 $LL = 250 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$
 $= 250,00 \text{ kg/m} = 2,50 \text{ kN/m}$
  - 3) Beban pas. batu bata $\frac{1}{2}$ bt. = 1000 kg/m = 10 kN/m.

- e. Perhitungan beban terpusat pada portal akibat beban atap
- $$DL = 375 \text{ kg/m}^2 \times 375 \text{ kg/m}^2 / 40$$
- $$= 327 \text{ kg}$$
- $$LL = 116 \text{ kg/m}^2 \times 594,54 \text{ kg/m}^2 / 40$$
- $$= 1724 \text{ kg}$$
- $$\text{Total beban} = 327 \text{ kg} + 1724 \text{ kg}$$
- $$= 2051 \text{ kg} = 20,51 \text{ kN}$$

Perhitungan Gaya Lateral Pada Struktur

Dalam perencanaan beban gempa ini menggunakan peraturan SNI 03 – 1726 – 2012.

Tabel 3. Berat Gedung Perlantai

Tingkat	WD (kg)	WL (kg)	Wt (kg)
Atap	63695,9	2853,8	66549,7
III	538620	24600	563228
II	594848	25080	619928
I	605992	28200	634192
Σ			1883897,7

Total untuk keseluruhan berat gedung adalah :

$$W_t = 188397,70 \text{ kg} = 18838,977 \text{ kN}$$

Gaya geser dasar seismik V harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa lateral F_x yang menangkap pada tiap lantai tingkat ke-i sebagai berikut :

Tabel 4. Distribusi Gaya Gempa Tiap Portal

Lantai	Wt. h ^k	C _{vx}	F ^x	F ^x (Per Portal)	
				arah x	arah y
Atap	7985,96	0,10	420,05	105,01	42
3	45058,24	0,58	2370	592,50	237
2	24797,12	0,32	1304,29	326,07	130,43
1	0	0	0	0	0
Total	77841,32	1	4094,34		

Perencanaan Pelat

- a. Beban rencana pada pelat lantai

$$DL = 568,00 \text{ kg/m}^2$$

$$DL = 250,00 \text{ kg/m}^2$$

- b. Beban terfaktor

$$W_t = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$= (1,2 \times 568) + (1,6 \times 250)$$

$$= 1081,60 \text{ kg/m}^2$$

$$= 10,816 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 5. Perhitungan Penulangan Pelat

M	M _u (kN.m)	M _n (kN/m ²)	ρ	A _s (mm ²)	Tul. terpasang
Mlx	4,3264	479,38	0,0015	180,5	Ø10–250
Mtx	8,8259	977,934	0,0031	297,7	Ø10–250
Mly	4,3264	598,810	0,0019	161,5	Ø10–250
Mty	8,8259	1221,57	0,0040	337	Ø10–250

Perencanaan Balok

Dari perhitungan penulangan lentur balok digunakan hasil Output dari program SAP 2000 versi 14.

Tabel 6. Momen Pada Balok 30/45

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	M _u (kN.m)
1	MT -	kanan - kiri	222,1
2	MT +	kiri - kanan	185,38
3	ML +	Gravitasi	41,92

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2002 pasal 23.3.1 yang perlu dipenuhi untuk komponen struktur pada sistem rangka yang memikul gaya gempa dan direncanakan memikul lentur adalah :

- a. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur tidak boleh melebihi $0,1.A_g.f_c'$.

$$\text{Gaya aksial} = 303,37 \text{ kN} < 337,5$$

kN (OK)

- b. Bentang bersih minimum balok =

$$3550 \text{ mm} > 4d$$

$$4 \times 398,5 = 1594 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- c. Perbandingan lebar/tinggi balok =

$$30/45 = 0,67 > 0,3 \quad (\text{OK})$$

Tabel 7. Perhitungan Balok 30 cm x 45 cm

M	A _s (mm ²)	a (mm)	M _n (kN.m)	M _n > M _u
MT -	2048,95	124,47	243,41	OK
MT +	1700	106,69	214,69	OK
ML +	566	35,56	86,31	OK

Tabel 8. Penulangan Balok 30 cm x 45 cm

B. 30 x 45	MT -		MT +		ML +	
	D	n	D	n	D	n
Tul. Utama	19	7	19	6	19	2
Tul. Sengkang	Sendi Plastis D12 - 100			Luar Sendi Plastis D12 - 110		

Perencanaan Kolom

- a. Beban rencana pada kolom

$$P_u = 837 \text{ kN}$$

$$M_u = 223 \text{ kNm}$$

- b. Penulangan memanjang kolom

Perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCA ACOL sebagai berikut :

Gambar 3. Diagram Interaksi K. 45 x 45

c. Cek konfigurasi tulangan

Bersarkan gaya dalam yang bekerja, dibutuhkan baja tulangan 16 buah baja tulangan D19.

Rasio tulangan ρ_g dibatasi tidak kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06 (SNI 03-2847-2002 psl. 23.4.3.1).

$$\rho_g = \frac{A_s}{A_g} = \frac{4534}{202500} = 0,02239 \text{ (OK)}$$

Tabel 9. Tulangan kolom K. 45 x 45

K. 45 x 45	Diameter	Jumlah
Tul. Pokok	19	16
Untuk daerah <i>lo</i>		
Tul. Sengkang	D12 – 150 mm	
	Untuk daerah diluar <i>lo</i>	
	D12 – 300 mm	

Hubungan Balok Kolom

Perhitungan hubungan balok kolom berdasarkan analisa gaya – gaya yang bekerja pada hubungan balok kolom tersebut.

Kuat geser nominal join yang dikekang keempat sisinya (SNI 03-2847-2002 pasal 23.5.3).

$$V_n = 1,7 \sqrt{f'_c} A_j$$

Dengan luas efektif kolom, $A_j = 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} = 202500 \text{ mm}^2$.

$$V_n = 1,7 \sqrt{25} \times 202500 = 1721 \text{ kN}$$

$$\Phi V_n = 0,8 \times 1721 = 1377 \text{ kN}$$

$\Phi V_n > V_u$ (OK). dengan demikian join mempunyai kuat geser yang memadai.

Perhitungan Pondasi Telapak

a. Beban rencana pada pondasi

$$P_u = 800,7 \text{ kN}$$

$$M_u = 52,72 \text{ kNm}$$

b. Kapasitas daya dukung tanah

$$\begin{aligned} q_a &= 5 + 0,34 q_c \\ &= 5 + 0,34 \times 15 \\ &= 10,1 \text{ kg/cm}^2 = 1010 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

c. Kontrol tegangan tanah

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \frac{P_{ult}}{B_x \times B_y} + \frac{1}{6} \times \frac{M_{ult}}{B_x \times B_y} + q \leq q_a \\ &= 488,348 \text{ kN/m}^2 \leq 1010 \text{ kN/m}^2 \\ &\text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{min} &= \frac{P_{ult}}{B_x \times B_y} - \frac{1}{6} \times \frac{M_{ult}}{B_x \times B_y} + q \leq q_a \\ &= 300,893 \text{ kN/m}^2 \leq 1010 \text{ kN/m}^2 \\ &\text{(OK)} \end{aligned}$$

d. Penulangan pondasi

Luasan Tulangan

$$A_{s1} = \frac{0,85 \times f'_c \times a' \times b}{f_y}$$

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \frac{0,85 \times 25 \times 13,110 \times 1000}{400} \\ &= 696,477 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 (pasal 12.5.1)

Jika $f'_c \leq 31,36 \text{ Mpa}$

$$A_{s2} = \frac{1,4 \times b \times d}{f_y}$$

Dan Jika $f'_c > 31,36 \text{ Mpa}$

$$A_{s2'} = \frac{\sqrt{f'_c \times b \times d}}{4 \times f_y}$$

Nilai yang dipakai $25 \text{ Mpa} < 31,36 \text{ Mpa}$
maka dipakai persamaan A_{s2} :

$$A_{s2} = \frac{1,4 \times b \times d}{f_y}$$

$$= \frac{1,4 \times 1000 \times 295}{400} = 1032,50 \text{ mm}^2$$

Dipilih dari nilai terbesar dari hasil perhitungan antara A_{s1} dan A_{s2} , sehingga nilai $A_s = 1032,50 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan,

$$s = \frac{0,25 \times 3,14 \times 19^2 \times 1000}{1032,50}$$

$$= 274,465 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \times h_t = 2 \times 400 = 800 \text{ mm}$$

$$s \leq 800 \text{ mm}$$

Dipilih (s) yang terkecil = 274,465 mm

Jadi dipakai tulangan = D19 – 250 mm

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan

a. Preliminary design

- 1) Untuk pelat lantai digunakan dengan tebal pelat pelat **120 mm** dan untuk pelat duk digunakan dengan tebal **100 mm**.
- 2) Untuk balok (B.1) digunakan dimensi **(300 mm x 450 mm)**, dan untuk balok (B.2) digunakan dimensi **(200 mm x 300 mm)**.
- 3) Untuk kolom (K.1) digunakan dimensi **(450 mm x 450 mm)**, dan untuk kolom (K.2) digunakan dimensi **(300 mm x 300 mm)**.
- 4) Untuk pondasi digunakan dimensi **(1500 mm x 1500 mm)** dengan tebal pelat pondasi **400 mm**.

b. Penulangan struktur

1) Penulangan pada pelat

Untuk penulangan pada tumpuan dan lapangan pelat lantai dipakai (**Ø 10 – 250 mm**).

Untuk penulangan pada tumpuan dan lapangan pelat duk dipakai (**Ø 8 – 250 mm**).

2) Penulangan pada balok

Pada balok B.1 dipakai tulangan utama pada tumpuan atas (**7 D19**), dan tulangan tumpuan bawah (**6 D19**), dan tulangan lapangan atas dan lapangan bawah (**2 D19**). Dengan tulangan sengkang di daerah sendi plastis (**D12 – 100 mm**) dan tulangan sengkang di daerah luar sendi plastis (**D12 – 110 mm**).

Pada balok B.2 dipakai tulangan utama pada tumpuan atas (**2 D16**), dan tulangan tumpuan bawah (**2 D16**), dan tulangan lapangan atas dan lapangan bawah (**2 D14**). Dengan tulangan sengkang di daerah sendi plastis (**D12 – 70 mm**) dan tulangan sengkang di daerah luar sendi plastis (**D12 – 125 mm**).

3) Penulangan pada kolom

Pada kolom K.1 dipakai tulangan utama (**16 – D19**) dan tulangan sengkang di daerah *lo* (**D12 – 150 mm**) dan daerah diluar *lo* (**D12 – 300 mm**).

- Pada kolom K.2 dipakai tulangan utama (**8 – D16**) dan tulangan sengkang di daerah *lo* (**D10 – 150 mm**) dan daerah diluar *lo* (**D10 – 300 mm**).
- 4) Penulangan pada pondasi
- Pada pelat pondasi telapak dipakai tulangan utama **D19 – 250 mm**.
- c. Menerapkan sistem rangka pemikul momen menengah dengan menggunakan sistem rangka ruang yang mana komponen-komponen struktur dan join-joinnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Dengan adanya sistem ini diharapkan suatu bangunan dapat berperilaku daktail yang nantinya akan memencarkan energi gempa serta membatasi beban gempa yang masuk ke dalam struktur.
- dan RSNI 03-1726-201x. ITB, Bandung.
- Imran, I., (2009). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa (Berdasarkan SNI 03-2847-2002). ITB, Bandung.
- Komputer Wahana, (2010). Analisa Struktur Bangunan Dan Gedung dengan SAP 2000 Versi 14. ANDI Yogyakarta.
- Kusuma, G. H. & Vis, W. C., (1993). Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang. Erlangga. Jakarta.
- Pamungkas, A., (2010). Desain Pondasi Tahan Gempa. ANDI Yogyakarta .
- Pristianto, H., Amri, I., & Rusdi, A. (2014, May 9). Pedoman Penulisan Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sorong 2014. <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/4VTJM>.
- Purwono, R., Tavio, Imran, I. & Raka, G. P., (2007). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002). ITS Press. Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002), Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012), Jakarta, 2012.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, Jakarta.
- Budiono, B., (2011). Studi Komparasi Desain Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002