

KINERJA STRUKTUR GEDUNG TINGGI MATARAM CITY MENGGUNAKAN STUDY PEMODELAN BASEMENT

R. Lintang Gumilang B.¹⁾, Sunarmasto²⁾, Achmad Basuki³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)}Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp: 0271647069.

Email : lintang_gb@hotmail.com

Abstract

Indonesia is a country prone to earthquakes. The high potential earthquake caused Indonesia's geographical position between the world's three tectonic plates, the Eurasian plate, Australia, and the Philippines. The high earthquake potential demand for reliable and secure building becomes a necessity. Availability of land makes more narrow tall buildings into alternative development today. There are two approaches used to account for lateral loads (earthquakes) are working on a structure, the equivalent static analysis and dynamic analysis. This study aims to determine the safety of the building after a redesign that seen in the basement of the displacement, drift and base shear. The results of this study analyzed the performance of the structure and the serviceability limit ultimate performance limit structure. The method used is the dynamic response spectrum analysis using ETABS program V 13.1.3. Raft Foundation can use for high rise building. Value of displacement in the X direction is 0.1046 m and the Y direction is 0.1090 m. The maximum total drift in the direction of X is 0.00202 m and the Y direction is 0.00211 m, so that the building is safe for ultimate performance limit (0.02 h) and serviceability limit performance $\{(0.03 / R) \times h\}$. Displacement at Mataram City building does not exceed the maximum displacement and safe against earthquake plan.

Keywords: Raft Foundation, Response Spectrum, drift, displacement, base shear

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa bumi. Tingginya potensi gempa bumi disebabkan letak geografis Indonesia yang berada diantara tiga lempengan tektonik dunia, yaitu lempeng Eurasia, Australia, dan Filipina. Tingginya potensi gempa menuntut bangunan yang aman dan handal menjadi suatu keharusan. Ketersediaan lahan yang semakin sempit membuat bangunan tinggi menjadi alternatif dalam pembangunan saat ini. Ada dua pendekatan yang digunakan untuk memperhitungkan beban lateral (gempa bumi) yang bekerja pada suatu struktur, yaitu analisis secara statik ekuivalen dan analisis dinamik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keamanan gedung setelah melakukan perencanaan ulang pada basement yang dilihat dari displacement, drift dan base shear. Hasil dari penelitian ini dianalisis dengan kinerja struktur batas layan dan kinerja struktur batas ultimit. Metode yang digunakan adalah analisis dinamik response spektrum dengan menggunakan program ETABS V 13.1.3. Pondasi pelat dapat dijadikan alternatif pondasi gedung tinggi. Nilai displacement pada arah X adalah 0,1046 m dan pada arah Y adalah 0,1090 m. Maksimum total drift pada arah X adalah 0,00202 m dan pada arah Y adalah 0,00211 m, sehingga gedung aman terhadap kinerja batas ultimate (0,02h) dan kinerja batas layan $\{(0,03/R) \times h\}$. Displacement pada gedung Mataram City yang telah dimodifikasi tidak melampaui displacement maksimal dan aman terhadap gempa rencana.

Kata Kunci : Raft Foundation, Response Spectrum, drift, displacement, base shear

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi gempa bumi. Tingginya potensi gempa bumi disebabkan letak geografis Indonesia yang berada diantara tiga lempengan tektonik dunia, yaitu lempeng Eurasia, Australia, dan Filipina.

Salah satu gempa yang sempat menelan banyak korban adalah gempa Jogja dan sebagian Jawa Tengah yang terjadi pada 27 Mei 2006 silam. Gempa dengan kekuatan antara 5,8-6,2 skala Richter ini mengakibatkan lebih dari 6000 orang meninggal, 50.000 ribu orang mengalami cedera, 86.000 rumah hancur, dan kurang lebih sebanyak 283.000 rumah mengalami kerusakan (Yulianto, 2007).

Tingginya potensi gempa menuntut bangunan yang aman dan handal menjadi suatu keharusan. Ketersediaan lahan yang semakin sempit membuat bangunan tinggi menjadi alternatif dalam pembangunan saat ini.

Dalam perencanaan ada beberapa kriteria yang perlu diperhatikan, antara lain kekuatan gedung, ketahanan gedung ketika terjadi bencana alam, serta aspek ekonomis. Kriteria tersebut akan mempengaruhi dalam penentuan alternatif perencanaan, misalnya tata letak kolom, dimensi kolom, panjang balok dan bentang.

Bangunan tinggi tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan diserap oleh dinding geser tersebut (Imran, 2008). Gaya gempa yang menyeluruh pada bangunan diteruskan melalui sambungan-sambungan struktur ke diafragma horizontal, diafragma mendistribusikan gaya-gaya ini ke elemen-elemen penahan gaya lateral vertikal

seperti dinding geser dan rangka, elemen-elemen vertikal mentransfer gaya-gaya ke dalam pondasi (Purwono, 2005), sehingga dimensi balok dan kolom bisa dikurangi.

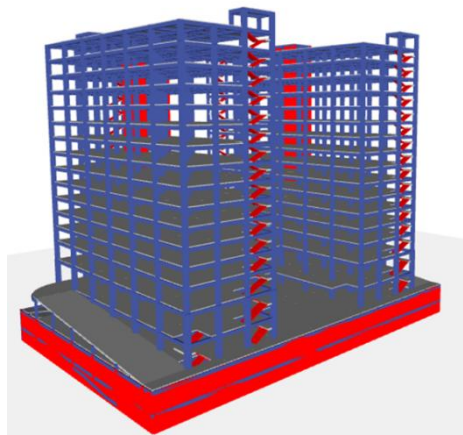
Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi pemodelan dan analisis kinerja struktur bawah (*basement*) apartemen Mataram City yang terdiri dari 2 lantai berdasarkan SNI-03-1726-2012.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian Deskriptif Kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif adalah penelitian yang dilakukan dengan menganalisis data yang tersedia dan menghasilkan kesimpulan.

Tabel 1. Dimensi Struktur Gedung Mataram City

No	Tipe	Dimensi (mm)
1	K1	900 x 900
2	K2	300 x 800
3	K3	600 x 900
4	K4	800 x 800 x 350
5	K5	2800 x 600 x 350
6	K6	3420 x 600 x 350
7	K7	350 x 800
8	B1	350 x 650
9	B2	250 x 500
10	B3	200 x 400
11	B4	300 x 650
12	B5	350 x 700
13	B6	300 x 600
14	Pelat Lantai	120
15	Pelat Ramp	150
16	Pelat Basement	200



Gambar 1. Pemodelan Struktur Gedung Mataram City

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Jenis Tanah

Tabel 2. Data Tanah yang Digunakan Untuk Desain

Kedalaman (m)	Nilai SPT	Tebal (m)	$N' = \text{Tebal} / N \text{ SPT}$	$\sum N'$	$N' = 30 / \sum N'$
0	0	0	0		
2	8	2	0,250		
4	6	2	0,333		
8	7	4	0,571		
11	15	3	0,200	1,799	16,68
13	17	2	0,118		
15	20	2	0,100		
18,5	22	3	0,136		
23	50	4,5	0,090		

Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata, $N=16,68$ sesuai makasesuai SNI 1726-2012 hal 17, jenis tanah ditetapkan sebagai tanah sedang.

Penentuan Berat dan Massa

Tabel 3. Berat dan Massa Struktur Per lantai

No	Lantai	Beban Mati Ton.f	Beban Hidup Ton.f	Total Be- ban Ton.f
1	Lantai ME	352,49488	16,6571	369,15198
2	Lantai 18	1305,64137	126,0669	1431,70827
3	Lantai 17	1305,64137	126,0669	1431,70827
4	Lantai 16	1305,64137	126,0669	1431,70827
5	Lantai 15	1305,64137	126,0669	1431,70827
6	Lantai 12	1305,64137	126,0669	1431,70827
7	Lantai 11	1315,21827	126,0669	1441,28517
8	Lantai 10	1304,16554	126,0669	1430,23244
9	Lantai 9	1305,64137	126,0669	1431,70827
10	Lantai 8	1305,64137	126,0669	1431,70827
11	Lantai 7	1305,64137	126,0669	1431,70827
12	Lantai 6	1305,64137	126,0669	1431,70827
13	Lantai 5	1305,64137	126,0669	1431,70827
14	Lantai 4	1305,64137	126,0669	1431,70827
15	Lantai 3	1416,58292	126,0669	1542,64982
16	Lantai 2	2081,68601	126,0669	2207,75291
17	Lantai 1	2533,72309	168,06375	2701,78684
18	Lobby	3669,93109	237,7161513	3907,64724
19	Groundfloor	3488,72856	279,0692922	3767,79785
20	Basement 1	1835,31249	280,7288056	2116,0413
21	Basement 2	3658,27188	290,0259	3948,29778
Jumlah				39181,4343

Contoh hitungan :

a) Beban mati lantai basement 2 = 3658,27188 ton

b) Beban hidup lantai basement 2

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup lantai parkir} &= \text{luas lantai} \text{ m}^2 \times \text{beban hidup lantai parkir t/m}^2 \\ &= 2416,8825 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ t/m}^2 = 966,753 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi beban hidup} &= \text{beban hidup lantai parkir} \times \text{koefisien reduksi gempa pada bangunan apartemen} \\ &= 966,753 \text{ ton} \times 0,3 \\ &= 290,0259 \text{ ton} \end{aligned}$$

c) Berat total lantai basement 2 = 3948,29778 ton

Analisis Respon Spectra dan Pembatasan Waktu Getar

Tanah Dasar : Tanah Sedang

Kategori Resiko Bangunan: II ($I_e = 1$)

Nilai S_1 : 0,362 (Peta Hazard 2010)

Nilai S_s : 0,923 (Peta Hazard 2010)

Nilai F_{ad} dan F_v :

Karena $S_s = 0,923$ dan $S_s \geq 1$

$$F_a = 1,1$$

Nilai F_v

Karena $S_1 = 0,362$ dan termasuk $S_1 > 0,5$

$$F_v = 1,6$$

Perhitungan Nilai S_{DS} dan S_{D1}

$$S_{DS} = 2/3 \times F_a \times S_s = 2/3 \times 1,1 \times 0,923 = 0,6769$$

$$S_{D1} = 2/3 \times F_v \times S_1 = 2/3 \times 1,6 \times 0,362 = 0,3861$$

Penentuan Respon Spektra dan KDG

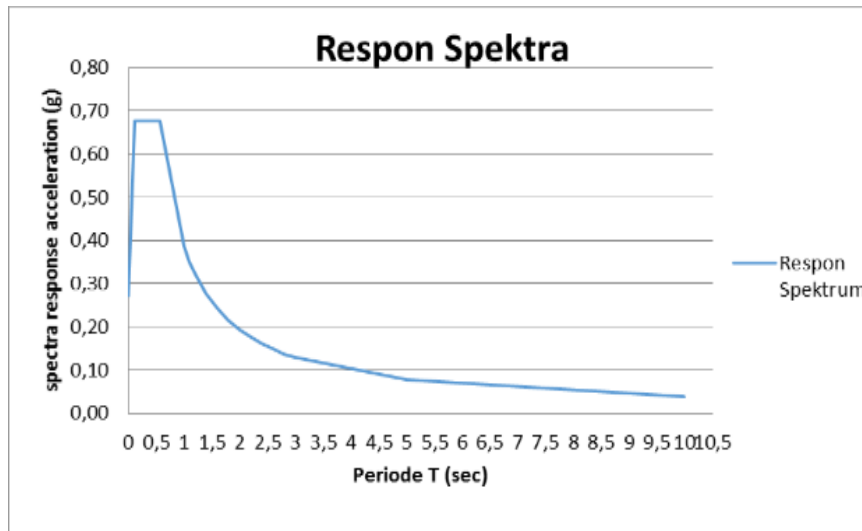
$$T_0 = 0,2(S_{D1}/S_{DS}) = 0,114$$

Dengan

$$T_s = (S_{D1}/S_{DS}) = 0,57$$

$$S_a = SDS (0,4 + 0,6 (T/T_0)) = 0,677$$

Dari perhitungan gempa di atas maka didapat grafik



Gambar 2. Respon Spektrum Apartemen Mataram City

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.2.1: Nilai ordinat dari Spektrum Respon Gempa Rencana harus dikalikan dengan faktor skala I/R, sedangkan nilai C dinyatakan dengan percepatan gravitasi, maka harus dikalikan juga dengan nilai percepatan gravitasi pada lokasi bangunan tersebut.

Tabel 4. Faktor Skala Spektrum Respon Gempa Rencana

Percepatan Gempa	Faktor Skala	
	Arah (Direction)	($\frac{I}{R} \cdot g$)
RSPX	U1 (100%)	1,4014
	U2 (30%)	0,4204
RSPY	U1 (30%)	0,4204
	U2 (100%)	1,4014

Hasil Analisis Displacement, Drift dan Base Shear Akibat Beban Kombinasi

Hasil analisis displacement, drift dan base shear dengan menggunakan program ETABS 2013 melalui beban gempa diperoleh nilai displacement, drift dan base shear terbesar.

Tabel 5. Simpangan Horizontal (Displacement) Terbesar

No	Story	UX m	UY m
1	Lantai ME	0,10896	0,104598
2	Lantai 18	0,105638	0,101401
3	Lantai 17	0,102553	0,097251
4	Lantai 16	0,098958	0,092697
5	Lantai 15	0,094816	0,087771
6	Lantai 12	0,090125	0,082435
7	Lantai 11	0,08491	0,076693
8	Lantai 10	0,079213	0,070561
9	Lantai 9	0,073068	0,064076
10	Lantai 8	0,066525	0,057284
11	Lantai 7	0,059637	0,050243
12	Lantai 6	0,052457	0,043024
13	Lantai 5	0,045035	0,035711
14	Lantai 3	0,03739	0,028406

Lanjutan **Tabel 5.**

15	Lantai 2	0,029435	0,021242
16	Lantai 1	0,018397	0,012345
17	Lobby	0,005787	0,003662
18	Ground Floor	0,000419	0,00025
19	Basement 1	0,001529	0,000405
20	Basement 2	0	0

Evaluasi Beban Gempa

Berdasarkan pasal 5.6 SNI 03-1726-2012 mengatakan bahwa untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien ζ untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persamaan $T_1 < \zeta \cdot n$, dengan nilai $T_1 = 0,3861$ maka:

$$0,3861 < 0,18 \times 20$$

$$0,3861 < 3,6 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Tabel 6. Evaluasi Beban Gempa Arah X dan Arah Y

Lantai	V _x (kN)	V _y (kN)	Syarat (kN)	Ket
Base	17131,857	17131,776	16108,392	Aman

Kinerja Batas Layan

Hasil dari analisis ragam spektrum respons dengan program ETABS kemudian dicek dengan kinerja batas layan sesuai SNI 03-1726-2002, dengan persyaratan sebagai berikut :

$$\frac{\Delta}{FS} \leq \frac{0,03}{R} \times h_i \leq 30 \text{ mm}$$

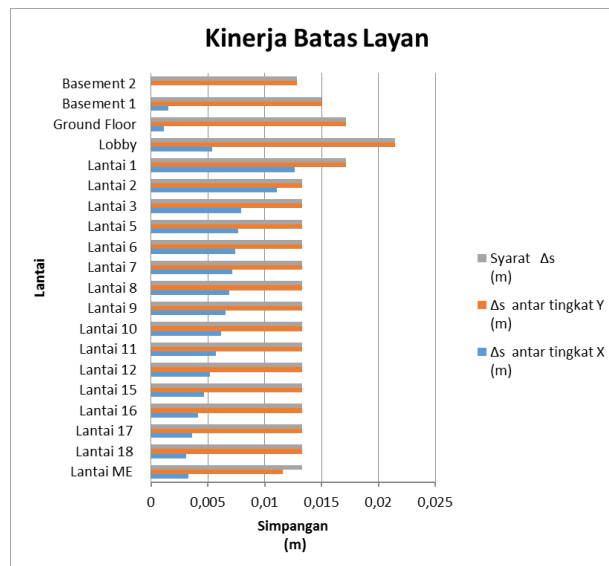
Dengan,

R = Koefisien Modifikasi Respons

Δ = Simpangan Antar Tingkat

FS = Faktor Skala

h_i = Tinggi Tingkat



Gambar 3. Grafik Kontrol Kinerja Batas Layan Arah X dan Arah Y

Kinerja Batas Ultimate

Hasil dari analisis ragam spektrum respons dengan program ETABS kemudian dicek dengan kinerja batas ultimit sesuai SNI 03-1726-2002, dengan persyaratan sebagai berikut:

$$\xi \cdot \Delta \leq 0,02 \cdot h_i$$

Dengan,

ξ = Faktor Pengali

Δ = Simpangan Antar Tingkat

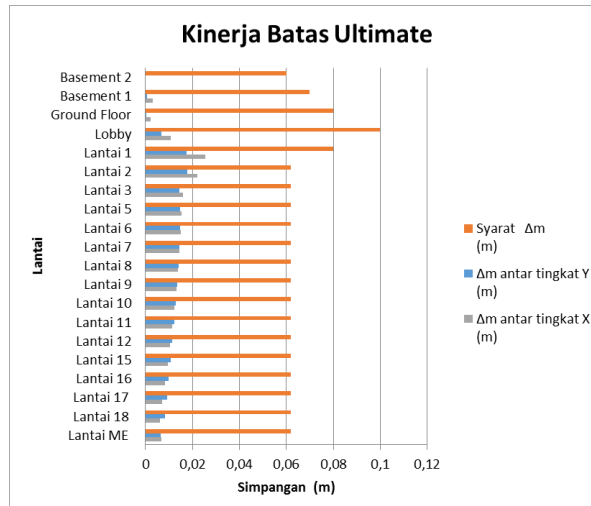
h_i = Tinggi Tingkat

Evaluasi Kinerja Batas Ultimit arah X
 Untuk Gedung Tidak Beraturan (SNI 03-1726-2002 Pasal 8.2.1)

$$\xi = \frac{0,7R}{\text{Faktor Skala}} = \frac{0,7 \times R}{2,4405} = 2,0082$$

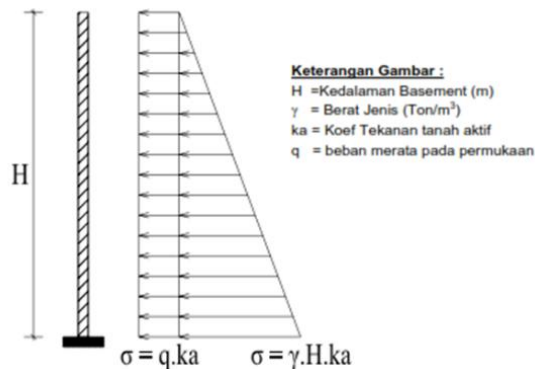
Evaluasi Kinerja Batas Ultimit arah Y
 Untuk Gedung Tidak Beraturan (SNI 03-1726-2002 Pasal 8.2.1)

$$\xi_y = \frac{0,7R}{\text{Faktor Skala}} = \frac{0,7 \times R}{2,4405} = 2,0081$$



Gambar 4. Grafik Kontrol Kinerja Batas Ultimate Arah X dan Arah Y

Hasil Kontrol Struktur Basement



Gambar 5. Diagram Tekanan Tanah pada Dinding Basement

Data tanah:

- H = 8,00 m
- B = 0,35 m
- γ = 21 kN/m³
- c = 7,4 x 10³ kg/m²
- Φ = 24,2°

Perhitungan nilai Ka :

$$Ka = tg^2 \left(45 - \frac{\Phi}{2} \right) = tg^2 \left(45 - \frac{24,2}{2} \right) = 0,41$$

Dengan,

Ka = koefisien tekanan tanah aktif

Φ = sudut geser tanah

Tabel 7. Gaya Vertikal Tanah

Gaya Vertikal (kN)	Lengan Dari Titik O (m)	Momen (kNm)
$W = 0,35 \times 6,5 \times 24 = 54,6$	$0,5 \times 0,35 = 0,175$	9,555
$P_u = 10289,5525$	$0,5 \times 0,35 = 0,175$	1797,171
$\Sigma W = 10324,1525$		$\Sigma M = 1806,726$

Stabilitas Terhadap Pergeseran

$$\Sigma R_h = C \cdot B + \Sigma W \cdot t g \frac{2}{3} \phi$$

$$= 3,45 \times 0,35 + 10324,1525 \times t g \frac{2}{3} 24,2 = 2987,6288 \text{ kN}$$

$$P_a = 0,5 \times 0,41 \times 21 \times 6,5^2 = 181,886 \text{ kN}$$

$$SF_{geser} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_a} \geq 2$$

$$= \frac{2987,6288}{181,886} \geq 2$$

$$= 16,425 \geq 2 \text{ (OK, aman terhadap geser)}$$

Stabilitas Terhadap Penggulingan

$$\Sigma M_H = 181,886 \times 3,25 = 591,1295 \text{ kNm}$$

$$SF_{guling} = \frac{\Sigma M}{\Sigma M_H} \geq 2$$

$$= \frac{1806,726}{591,1295} \geq 2$$

$$= 3,056 \geq 2 \text{ (OK, aman terhadap guling)}$$

SIMPULAN

Setelah memodifikasi dan menganalisis struktur gedung Mataram City menggunakan metode response spectrum, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pondasi pelat dapat dijadikan alternatif pondasi basement karena dapat menahan beban gedung dan beban gempa.
2. Analisis ragam spektrum respons menghasilkan $V > 0,8 V_1$ pada arah X dan Y, maka dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur gedung memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2002 Pasal 7.1.3.
3. Berdasarkan hasil analisis displacement yang terjadi pada arah X = 0,1046m dan arah Y = 0,1090 m, sehingga dapat disimpulkan bahwa modifikasi gedung Mataram City dinyatakan aman terhadap syarat evaluasi kinerja batas layan dan batas ultimate sesuai SNI 03-1726-2002.

REKOMENDASI

Rekomendasi yang dapat kami berikan untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan jenis pondasi lain untuk mengetahui kinerja struktur gedung.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan melalui penambahan metode analisis lainnya seperti analisis time history, pushover dan modal pushover analysis serta memberi tambahan evaluasi kinerja yang sesuai dengan metode yang akan digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penyusun ucapkan kepada kepada Bapak Ir. Sunarmasto, MT dan Bapak Achmad Basuki, ST, MT selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini. Terima kasih kepada bapak, ibu, keluarga dan teman-teman yang telah memberi doa dan dukungan serta semua pihak yang membantu proses pelaksanaan tugas akhir ini sehingga dapat selesai tepat pada waktunya.

REFERENSI

- Adhitya P Anugerah. 2011. Evaluasi Kinerja Gedung Bertingkat Simpangan Antar Tingkat Dengan Analisis Ragam Spektrum Respons Menggunakan ETABS V 9.50 Studi Kasus: Gedung Bertingkat Di Yogyakarta. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Anonim, 1987, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPBM, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1727-1989). Jakarta.

- Chen, W F and Lui, E M. 2006. Earthquake Engineering for Structural Design. New York : CRC Press.
- DewobrotoWiryanto. 2007. AplikasiRekayasaKonstruksidengan SAP 2000 EdisiBaru. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Imran danBoediono. 2010. MengapaGedung-Gedung Kita RuntuhSaatGempa. Jakarta :HimpunanAhliKonstruksi Indonesia.
- Mc Cormac, J.C. 2002. DesainBetonBertulangJilid 2. Jakarta :Erlangga
- Mulyandari, E. 2011. PerencanaanShearwallBetonBertulangStudiKasus: Apartemen Tuning di Bandung. Skripsi. JurusanTeknikSipilFakultasTeknikUniversitasSebelasMaret. Surakarta.
- PamungkasdanHariyanti, E. 2009. GedungBetonBertulangTahanGempa. Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 DenganBantuan Program ETABS V.9.07. Surabaya: ITS Press.
- Peta Hazard Gempa Indonesia. 2010. Jakarta :DepartemenPekerjaanUmum.
- StandarNasional Indonesia. 2012. StandarPerencanaanKetahananGempauntukStrukturBangunanGedung. SNI 1726-2002. Jakarta: BadanStandarNasional Indonesia.
- Widodo. 2000. ResponDinamikStrukturElastik. Yogyakarta : UII Press