

EVALUASI GESER DASAR MINIMUM PADA SNI 1726-2012

Johnny Setiawan¹, Iswandi Imran²

¹ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Jurusan Teknik Struktur, Universitas Katolik Parahyangan
johnnycun@gmail.com

² Kelompok Keahlian Rekayasa Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung
iswandiimran@gmail.com

ABSTRAK

Terdapat cukup banyak perubahan pada SNI 1726-2012, salah satunya adalah adanya persyaratan batas geser dasar minimum (*minimum base shear*) yang tidak ada pada peraturan sebelumnya. Metode yang akan dilakukan adalah bangunan gedung dengan klasifikasi ketinggian rendah, sedang dan tinggi akan dianalisis dengan menerapkan geser dasar minimum dan tanpa geser dasar minimum. Analisis yang akan digunakan adalah analisis ragam spektrum respons (*Respons Spectrum Analysis, RSA*), analisis respons riwayat waktu (*Time History Analysis, THA*) dan analisis respons riwayat waktu non linier (*Non Linear Time History Analysis, NLTHA*). Hasil analisis menunjukkan bahwa pada peraturan SNI 1726-2012 dengan adanya persyaratan batasan geser dasar minimum dapat menjamin kinerja struktur sesuai dengan yang diharapkan. Kekhawatiran adanya batasan geser dasar minimum pada SNI 1726-2012 akan membuat desain menjadi tidak ekonomis, ternyata tidak terbukti karena tidak memberikan pengaruh signifikan pada hasil desain, khususnya untuk bangunan dengan kategori ketinggian rendah dan sedang. Untuk bangunan dengan klasifikasi bangunan tinggi, analisis dan desain dengan memperhitungkan syarat batasan geser dasar minimum dan tanpa memperhitungkan geser dasar minimum dapat memberikan hasil desain yang baik, tetapi pengecekan pada Level Kinerja (*Performance Level*) sesuai dengan *story drift* menunjukkan bahwa analisis dengan memperhitungkan syarat geser dasar minimum memberikan hasil dengan level kinerja yang cukup baik yaitu *Immediate Occupancy (IO)* hingga *Damage Control (DO)*, sedangkan tanpa memperhitungkan geser dasar minimum memberikan hasil dengan level kinerja yang kurang baik yaitu *Life Safety (LS)* hingga *Structural Stability (SS)*. Sedangkan pada level kinerja elemen struktur, analisis tanpa memperhitungkan geser dasar minimum menyebabkan banyak elemen struktur yang berada pada level kinerja *Collapse Prevention (CP)*.

Kata kunci : *minimum base shear, respons spectrum analysis (RSA), time history analysis (THA), non linear time history analysis (NLTHA), SNI 1726-2012*

ABSTRACT

As compared to the previous version, several major modifications have been included in the new code SNI 1726-2012. The code now requires a minimum base shear in analysis. Three buildings with classification low-rise, medium-rise and high-rise are analyzed with "minimum base shear" provision and without "minimum base shear" provision with Respons Spectrum Analysis (RSA), Time History Analysis and Non Linear Time History Analysis (NLTHA). A comparative study show that SNI 1726-2012 with "minimum base shear" provision can ensure performance level as expected. Concern the "minimum base shear" provision of the SNI 1726-2012 will make structural design become uneconomical was not proven because it doesn't have a significant impact on the result, particularly for building with low-rise and medium-rise building classification. Analysis and design high-rise building "with minimum base shear" and "without minimum base shear" provision can provide good design result, but analysis "with minimum base shear", story drift ratios corresponding to the performance levels give good result as expected, Immediate Occupancy (IO) to Damage Control (DO), while analysis "without minimum base shear" give poor performance level, Life Safety (LS) to Structural Stability (SS). For performance levels according to structural component, "without minimum base shear" provision cause a lot of structural elements at the level Collapse Prevention (CP).

Keywords: *minimum base shear, respons spectrum analysis (RSA), non linear time history analysis (NLTHA), SNI 1726-2012*

1. PENDAHULUAN

Terdapat cukup banyak perubahan pada SNI 1726-2012, salah satunya adalah adanya persyaratan batas geser dasar minimum (*minimum base shear*) yang tidak ada pada peraturan sebelumnya. Persyaratan geser dasar minimum ini ada atas pertimbangan bahwa respons dari struktur bangunan gedung tinggi terhadap gempa cukup rumit akibat peran ragam getar pada mode tinggi sehingga dengan adanya batasan geser dasar minimum menjadi lebih konservatif.

Pada paper ini, dianalisis model bangunan gedung dengan klasifikasi ketinggian rendah, sedang dan tinggi dengan menerapkan geser dasar minimum dan tanpa geser dasar minimum. Analisis yang akan digunakan adalah analisis ragam spektrum respons (Respons Spectrum Analysis, RSA), analisis respons riwayat waktu (Time History Analysis, THA) dan analisis respons riwayat waktu non linier (Non Linear Time History Analysis, NLTHA).

Respon nonlinier struktur hasil analisis tersebut kemudian dievaluasi menggunakan prinsip-prinsip evaluasi berbasis kinerja (*performance-based evaluation*). Hasil evaluasi tersebut digunakan untuk mempelajari pengaruh adanya batasan geser dasar minimum yang merupakan bagian dari SNI 1726-2012, pada bangunan bertingkat rendah, sedang, dan tinggi.

2. DASAR TEORITIS

2.1 KOEFISIEN RESPONS SEISMIK

Menurut SNI 1726-2012 yang mengacu pada ASCE7-10, geser dasar minimum dipengaruhi dari koefisien respons seismik.

$$V = C_s W_t \quad (1)$$

Koefisien respons seismik C_s , ditentukan sesuai dengan Persamaan :

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

Keterangan:

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

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan Persamaan 2 tidak perlu melebihi berikut ini:

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

C_s harus tidak kurang dari

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

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (5)$$

Keterangan:

S_{D1} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1,0 detik

T = perioda fundamental struktur (detik)

S_1 = parameter percepatan spektrum respons maksimum

2.2 PEMBEBANAN

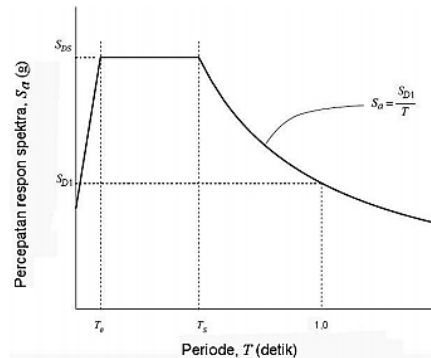
2.2.1 PEMBEBANAN SESUAI SNI 1727-1989

Dalam Pedoman Perancangan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) dijelaskan terdapat beban mati, beban hidup, beban angin, dan koefisien dalam beban gempa. Seluruhnya tertera pada PPURG 1989.

2.2.2 PEMBEBANAN GEMPA SESUAI SNI 1726-2012

Pembebanan gempa yang diberikan kepada struktur gedung dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya cara yang akan dipakai yaitu statik ekuivalen dan respons spektrum. Pertama, gedung akan diberikan beban menggunakan beban statik ekuivalen. Setelah didapatkan beban dan diterapkan kepada gedung, partisipasi massa ragam terkombinasi harus paling sedikit 90 persen. Bila terpenuhi, dapat digunakan respons spektrum dengan catatan gaya 85% gaya geser yang ditimbulkan akibat adanya respons spektrum harus lebih besar dari gaya geser yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen.

Berikut pada Gambar 1 merupakan keterangan dari grafik respons spektra untuk menghitung beban gempa menggunakan metode ragam spektrum respons.



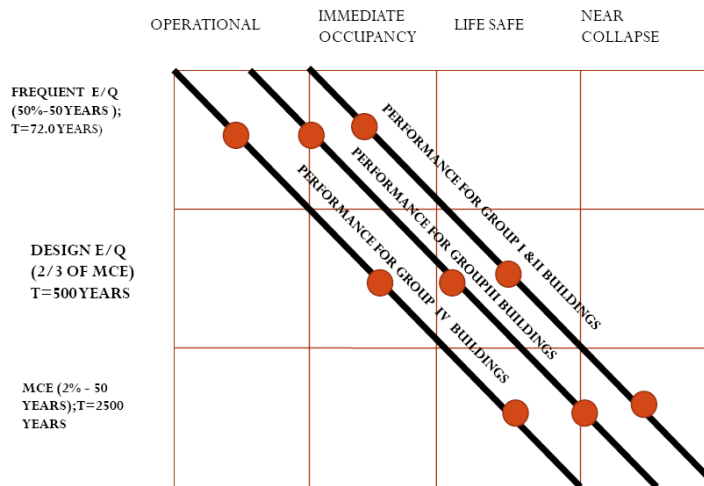
Gambar 1. Ketentuan Penggambaran Grafik Respons Spektra (Sumber : SNI 1726-2012).

2.3 EVALUASI SEISMIK BERBASIS KINERJA

Evaluasi kinerja seismik dilakukan untuk mengamati respon inelastik struktur, serta menguji respon tersebut terhadap ekspektasi perencanaan seismik yang berkaitan dengan fungsi operasional bangunan serta faktor kepentingannya. Level kinerja struktur berdasarkan kriteria global diajukan pada dokumen ATC-40, dimana parameter yang digunakan berupa drift bangunan dan drift inelastiknya (Tabel 1). Sedangkan parameter dengan kriteria lokal diajukan pada FEMA 356, di mana parameter yang digunakan berupa deformasi pada skala elemen. Dokumen FEMA 303/NEHRP 1997 merekomendasikan suatu bentuk *assesment* ekspektasi kinerja struktur terhadap resiko gempa dan faktor kepentingan bangunan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Level kinerja bangunan pada kriteria global berdasarkan ATC-40.

<i>Interstory Drift Limit</i>	<i>Performance Level</i>			
	<i>Immediated Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
<i>Maksimum Total Drift</i>	0.01	0.01-0.02	0.02	0.03 Vi/Pi
<i>Minimum inelastic Drift</i>	0.005	0.005-0.015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>



Gambar 2. Ekspektasi Kinerja Struktur (FEMA 303/NEHRP 1997).

3. METODE PENELITIAN

3.1 DESKRIPSI MODEL STUDI

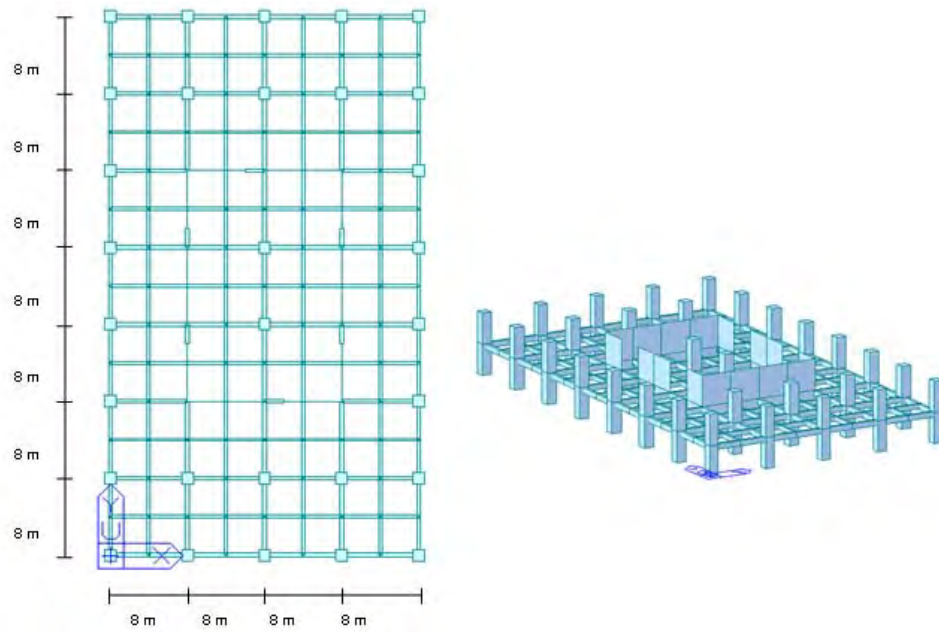
Dalam penelitian ini ditinjau tiga buah prototipe gedung yang mempresentasikan perilaku bangunan sesuai dengan klasifikasi tinggi bangunan yang akan ditinjau, yaitu :

- Bangunan rendah, dengan model 10 lantai
- Bangunan sedang, dengan model 20 lantai
- Bangunan tinggi, dengan model 50 lantai

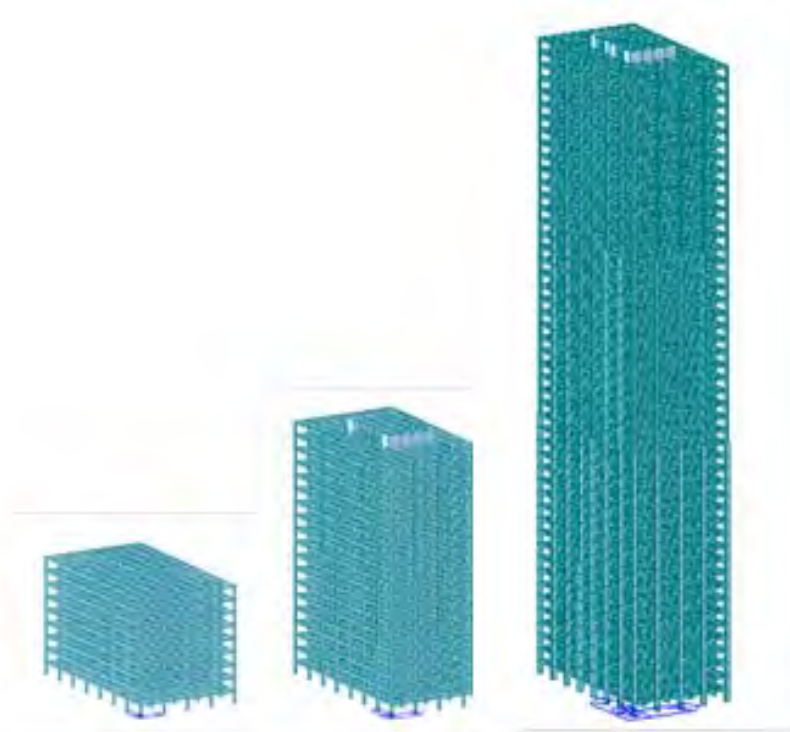
Secara umum, model yang dianalisis memiliki kriteria sebagai berikut:

- Model prototipe dengan ketinggian 10, 20 dan 50 lantai
- Tinggi antar lantai 4 meter
- Lantai dianggap mempunyai kekakuan yang tinggi sehingga dimodelkan sebagai rigid diaphragm
- Sistem perletakan adalah jepit
- Jarak antar kolom adalah 8 meter
- Kekuatan material beton yang digunakan 35 MPa, 40 MPa, dan 60 MPa
- Berat jenis beton adalah 2400 kg/m³
- Kekuatan material baja yang digunakan adalah 400 MPa

Untuk pemodelan struktur sebagai prototipe dengan jarak grid per 8 meter dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 3. Denah Struktur.



Gambar 4. Model Struktur Prototipe.

Kinerja bangunan ini dievaluasi menggunakan cara analisis ragam spektrum respons (*Response Spectrum Analysis*), analisis respons riwayat waktu (*Time History Analysis*) dan analisis respons riwayat waktu non linier (*Non Linear Time History Analysis*) dengan memperhitungkan batasan base shear minimum dan tanpa batasan base shear minimum dengan program MIDAS Gen 2012.

3.2 PROSEDUR PEMBEBANAN GEMPA (SNI 1726-2012)

3.2.1 DESAIN RESPONS SPEKTRA

Spektrum Respons Desain Berdasarkan SNI1726-2012

Berdasarkan SNI 1726-2012, spektrum respons rencana desain harus dibuat terlebih dahulu. Data percepatan batuan dasar yang berada di kota Jakarta untuk tanah lunak adalah $S_s = 0,65$ dan $S_1 = 0,25$.

Kemudian respons gempa rencana dibuat sesuai dengan prosedur sbb:

$$S_s = 0.65 \text{ g}$$

$$S_1 = 0.25 \text{ g}$$

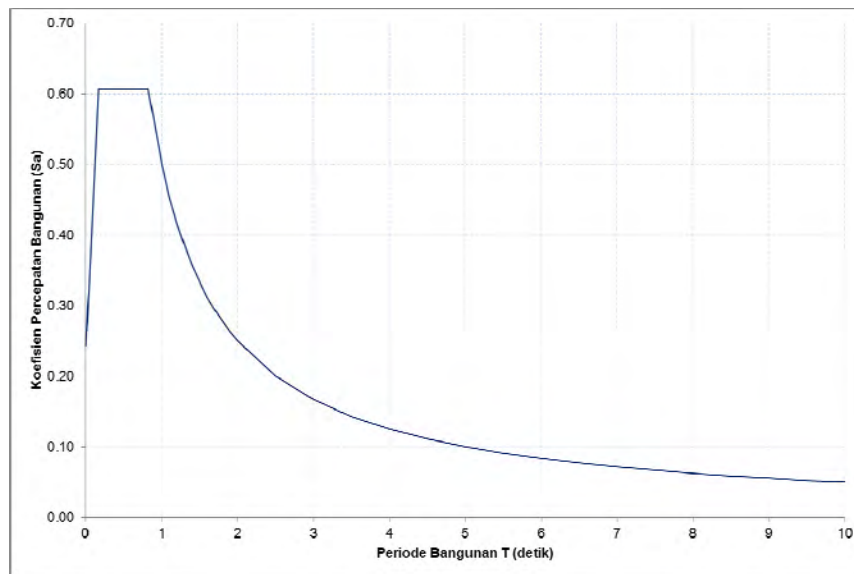
$$\text{Jenis tanah lunak} \rightarrow F_a = 1.40 \text{ dan } F_v = 3.00$$

$$S_{DS} = 2/3 (F_a \cdot S_s) = 2/3 (1.40 \times 0.65) = 0.607 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 2/3 (F_v \cdot S_1) = 2/3 (3.00 \times 0.25) = 0.50 \text{ g}$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 0.500/0.607 = 0.8237$$

$$T_0 = 0.2 (S_{D1}/S_{DS}) = 0.2 (0.500/0.607) = 0.1647$$



Gambar 5. Desain Respons Spektra Gempa - Jakarta (SE).

3.2.2 GEMPA RENCANA UNTUK TIME HISTORY ANALYSIS

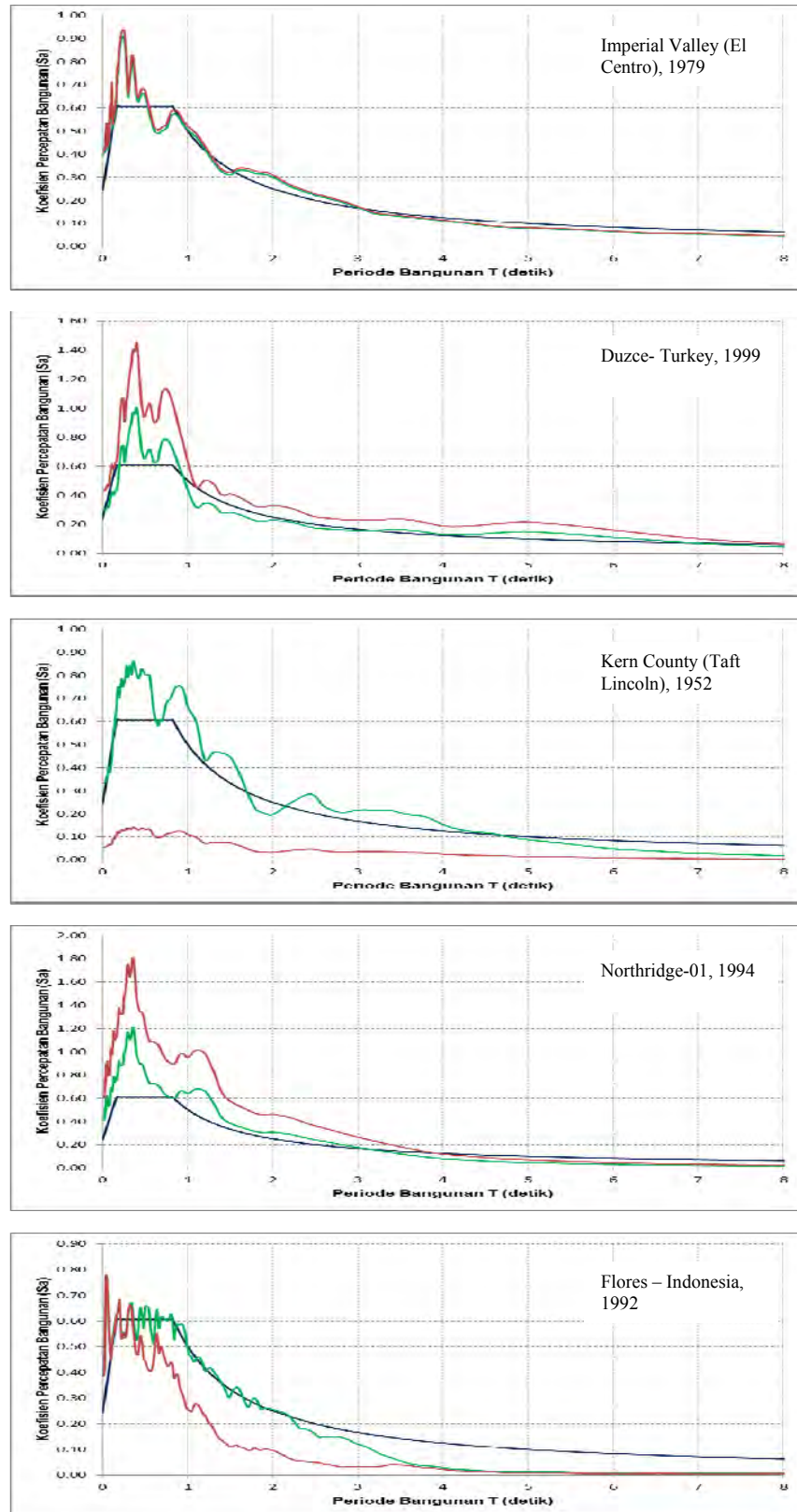
Untuk prosedur analisis respons riwayat waktu (*Time History Analysis*) dan respons riwayat waktu non linear (*Non Linear Time History Analysis*) digunakan 5 rekaman gempa yang diskalakan dengan spektrum respons desain yang ditinjau.

Sebagai masukan gerakan gempa, digunakan 5 rekaman gempa yang terdiri dari 4 rekaman gempa dari The Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) sesuai tabel 1, yaitu : Imperial Valley (El Centro), Duzce- Turkey, Kern County (Taft Lincoln), Northridge-01, dan 1 rekaman gempa lokal, yaitu gempa Flores.

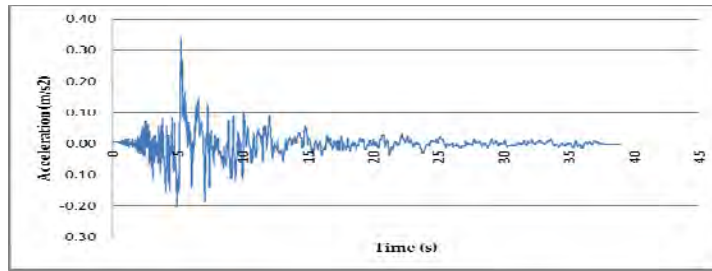
**Tabel 2. Rekaman Gempa yang digunakan
dari *The Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)***

No.	NGA	Event	Year	Station	Mag	Scale Factor
1	179	Imperial Valley-06 (El-Centro)	1979	El Centro Array #4	6.53	0.9703
2	1605	Duzce- Turkey	1999	Duzce	7.14	0.6933
3	12	Kern County (Taft)	1952	LA - Hollywood	7.36	6.0771
4	1063	Northridge-01	1994	Rinaldi Receiving Sta	6.69	0.6679
5	-	Flores - Indonesia	1992	Maumere	7.80	0.6309

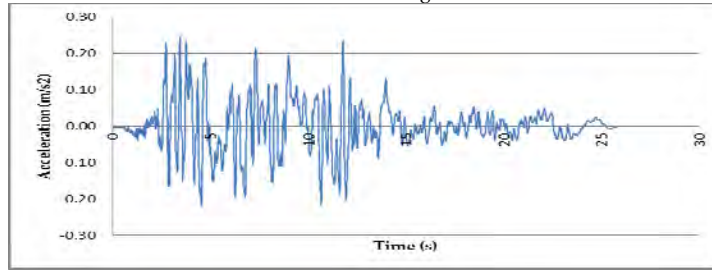
Ground motion database tersebut diskalakan terhadap Respons Spektra Desain SNI1726-2012, untuk kota Jakarta dengan asumsi tanah lunak (SE) kemudian diambil yang memberikan respons maksimum. Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan respons spektrum yang telah diskalakan.



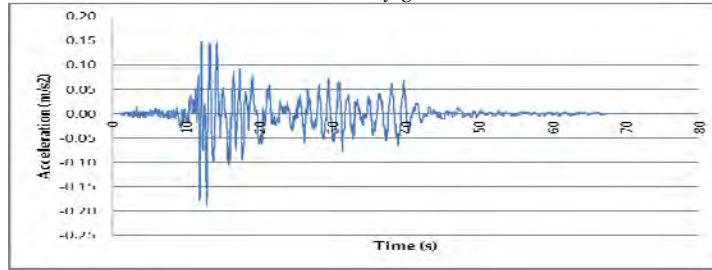
Gambar 6. Target spectrum and spectrum of selected ground motions.



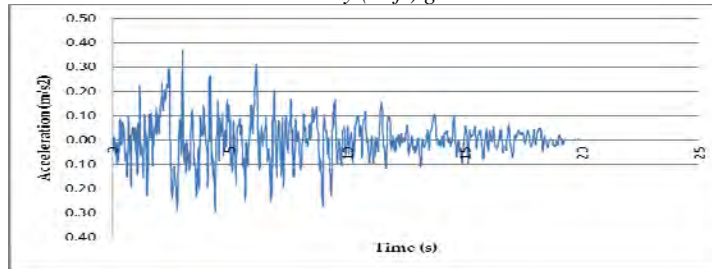
Scaled Imvall - El Centro ground motion



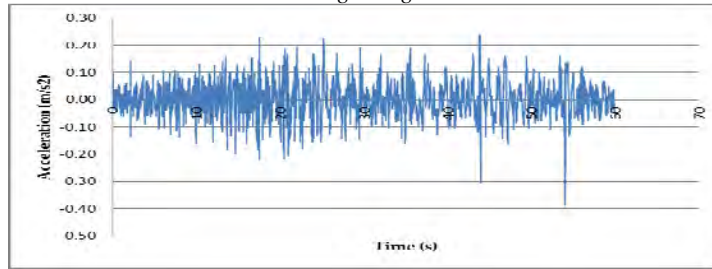
Scaled Duzce - Turkey ground motion



Scaled Kern County (Taft) ground motion



Scaled Northridge-01 ground motion



Scaled Flores ground motion

Gambar 7. Hasil *ground motion* yang diskalakan dengan spektrum respons desain (Jakarta – Tanah Lunak).

3.3 ANALISIS NONLINIER STRUKTUR

Pemodelan properti nonlinier elemen struktur dilakukan berdasarkan hasil perencanaan penulangan. Pemodelan ini meliputi pemodelan: (1) sendi plastis mekanisme lentur M3 balok, (2) sendi plastis mekanisme interaksi PMM kolom. Adapun limit deformasi tiap-tiap model properti nonlinier tersebut bersesuaian dengan rekomendasi pada dokumen FEMA 356. Properti nonlinier tersebut kemudian diaplikasikan pada model struktur untuk analisis nonlinier, dengan menggunakan bantuan program MidasGen 2012. Analisis nonlinier pada MidasGen 2012 menggunakan prosedur NLTHA dengan menggunakan 5 rekaman gempa yang diskalakan dengan spektrum respons desain yang ditinjau (Jakarta – SE).

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 BASE SHEAR DENGAN GESER DASAR MINIMUM

Tabel 3. *Base Shear* Dengan Geser Dasar Minimum

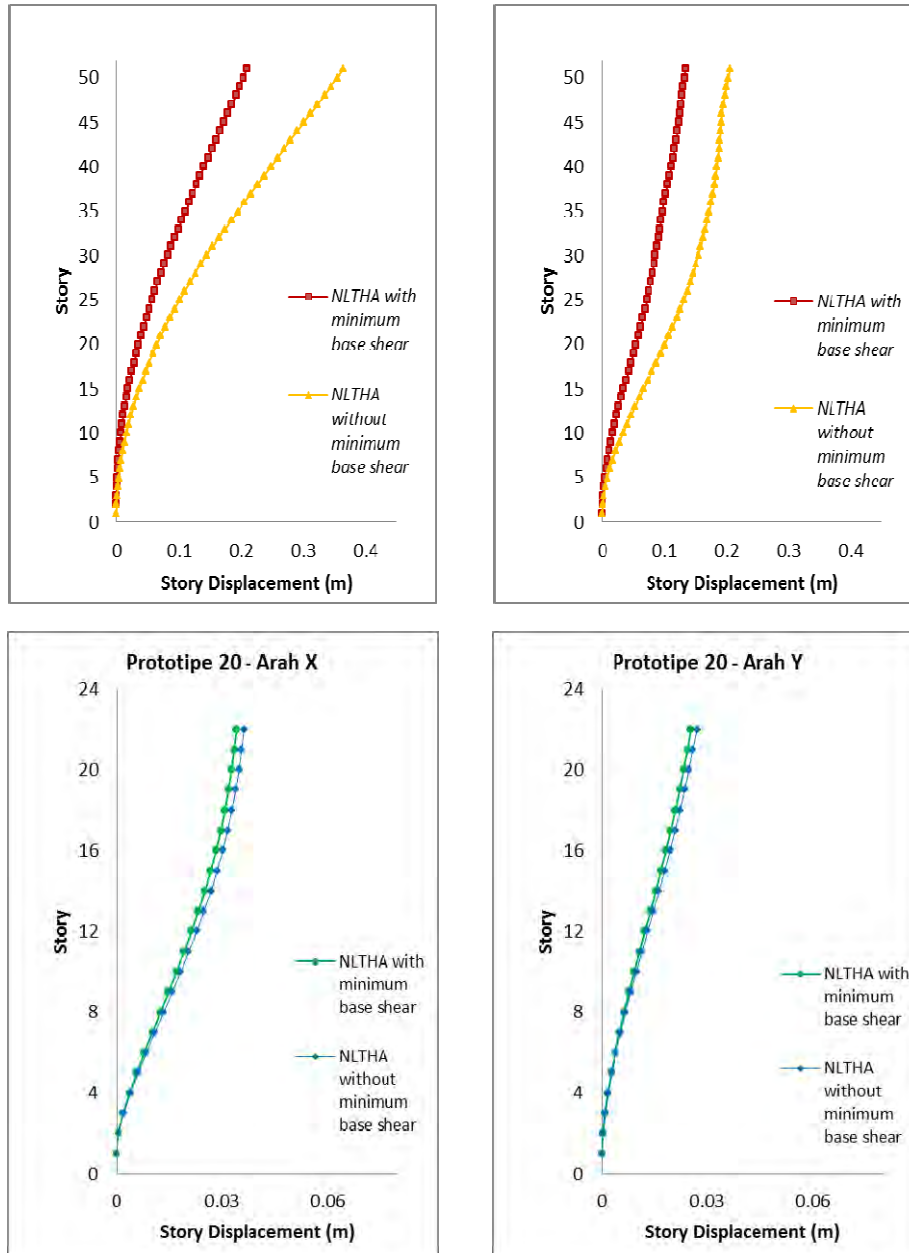
<i>Prototype</i>	<i>Direction</i>	V_{ELF}	$0,85.V_{ELF}$	V_{RSA}	<i>Scale Factor RSA</i>	<i>Scaled V_{RSA}</i>	V_{THA}	<i>Scale Factor THA</i>	<i>Scaled V_{THA}</i>	V_{NLTHA}
Model 50 Story	N-S	38221.02	32487.87	21328.56	1.52	30443.78	31634.47	1.03	32583.50	28989.21
	E-W	38221.02	32487.87	16306.94	1.99	31443.53	28203.02	1.27	32433.47	26046.36
Model 20 Story	N-S	-9119.67	7751.72	7989.88	-	7989.88	13575.34	-	13575.34	5990.39
	E-W	-	8571.41	9603.17	-	9603.17	12808.45	-	12808.45	7626.52
Model 10 Story	N-S	-5893.90	5009.82	4890.12	1.02	5009.82				4637.94
	E-W	-6107.80	5191.63	5052.75	1.03	5191.63				4680.05

4.2 BASE SHEAR DENGAN GESER DASAR MINIMUM

Tabel 4. *Base Shear* Tanpa Geser Dasar Minimum

<i>Prototype</i>	<i>Direction</i>	V_{ELF}	$0,85.V_{ELF}$	V_{RSA}	<i>Scale Factor RSA</i>	<i>Scaled V_{RSA}</i>	V_{THA}	<i>Scale Factor THA</i>	<i>Scaled V_{THA}</i>	V_{NLTHA}
Model 50 Story	N-S	25383.04	21575.58	28252.44	-	28252.44	26634.69	-	26634.69	20946.84
	E-W	27765.81	23600.94	19902.96	1.19	23883.55	26123.39	-	26123.39	15463.52
Model 20 Story	N-S	-8828.33	7504.09	9099.90	-	9099.90	13495.77	-	13495.77	5387.34
	E-W	-9887.73	8404.58	10913.91	-	10913.91	12728.35	-	12728.35	7320.88
Model 10 Story	N-S	-5893.90	5009.82	4890.12	1.02	5009.82				4637.94
	E-W	-6107.80	5191.63	5052.75	1.03	5191.63				4680.05

Kekakuan struktur cenderung meningkat dengan adanya batasan *base shear minimum*, ini disebabkan karena struktur yang ada berdimensi lebih besar pada penampang balok, kolom dan shear wall. Untuk prototipe 10 lantai, syarat batasan *base shear minimum* tidak terpenuhi, sehingga struktur tidak terpengaruh dengan adanya syarat batas tersebut. Pengaruh batasan geser dasar minimum pada kekakuan struktur dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Simpangan Struktur Prototipe 50 Lantai - Arah X dan Arah Y.

4.4 EVALUASI KINERJA STRUKTU

Evaluasi kinerja berdasarkan perpindahan maksimum dapat dilihat pada Tabel 5 s.d. Tabel 9.

**Tabel 5. Level kinerja berdasarkan perpindahan maksimum
Prototipe 50 Lantai dengan geser dasar minimum.**

Model	Level Kinerja Maksimum	Lantai Tingkat yang Menentukan
Prototipe 50 Lantai Dengan geser dasar minimum	<i>Damage Control (DC)</i>	Lt. 30-50
	<i>Life Safety (LS)</i>	Lt. 15-29
	<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Lt. 1-14

**Tabel 6. Level kinerja berdasarkan perpindahan maksimum
Prototipe 50 Lantai tanpa geser dasar minimum.**

Model	Level Kinerja Maksimum	Lantai Tingkat yang Menentukan
Prototipe 50 Lantai Tanpa geser dasar minimum	<i>Structural Stability (SS)</i>	Lt. 36-50
	<i>Damage Control (DC)</i>	Lt. 18-35
	<i>Life Safety (LS)</i>	Lt. 9 -17
	<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Lt. 1 - 8

**Tabel 7. Level kinerja berdasarkan perpindahan maksimum
Prototipe 20 Lantai dengan geser dasar minimum.**

Model	Level Kinerja Maksimum	Lantai Tingkat yang Menentukan
Prototipe 20 Lantai Dengan geser dasar minimum	<i>Life Safety (LS)</i>	Lt. 3-7
	<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Seluruh Lantai

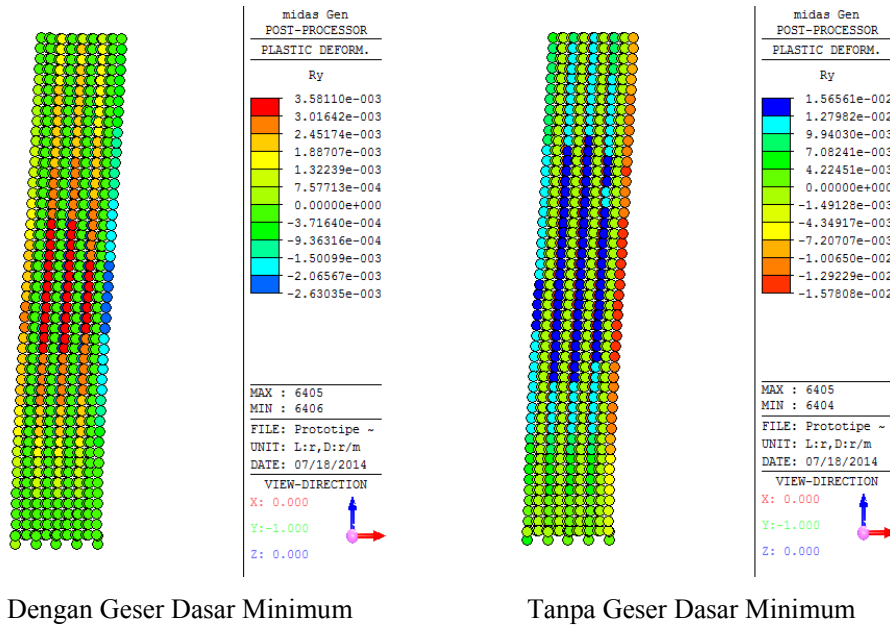
**Tabel 8. Level kinerja berdasarkan perpindahan maksimum
Prototipe 20 Lantai tanpa geser dasar minimum.**

Model	Level Kinerja Maksimum	Lantai Tingkat yang Menentukan
Prototipe 20 Lantai Tanpa geser dasar minimum	<i>Life Safety (LS)</i>	Lt. 3-9
	<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Seluruh Lantai

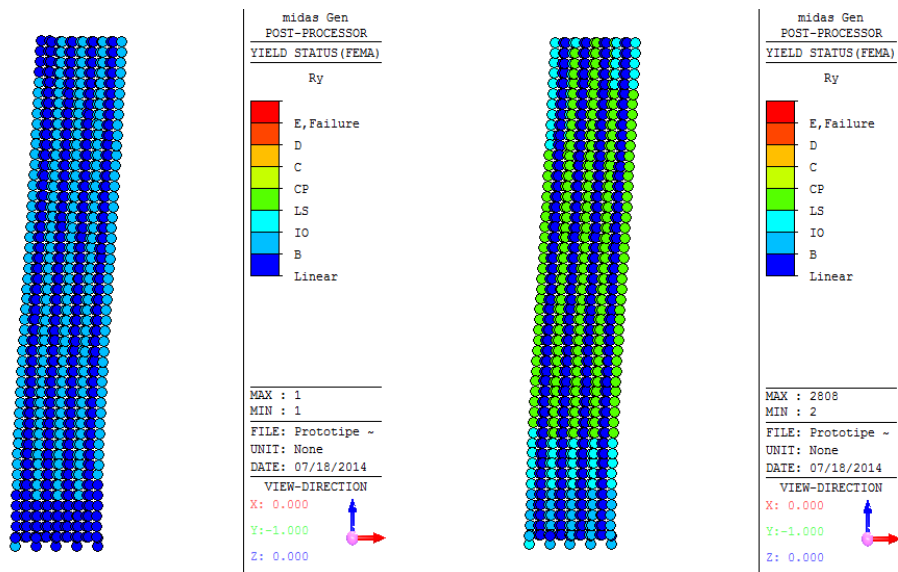
**Tabel 9. Level kinerja berdasarkan perpindahan maksimum
Prototipe 10 Lantai.**

Model	Level Kinerja Maksimum	Lantai Tingkat yang Menentukan
Prototipe 10 Lantai Dengan geser dasar minimum	<i>Life Safety (LS)</i>	Lt. 2-5
	<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	Seluruh Lantai

Evaluasi kinerja berdasarkan deformasi elemen struktur dapat dilihat pada Gambar 9 s.d. Gambar 14.



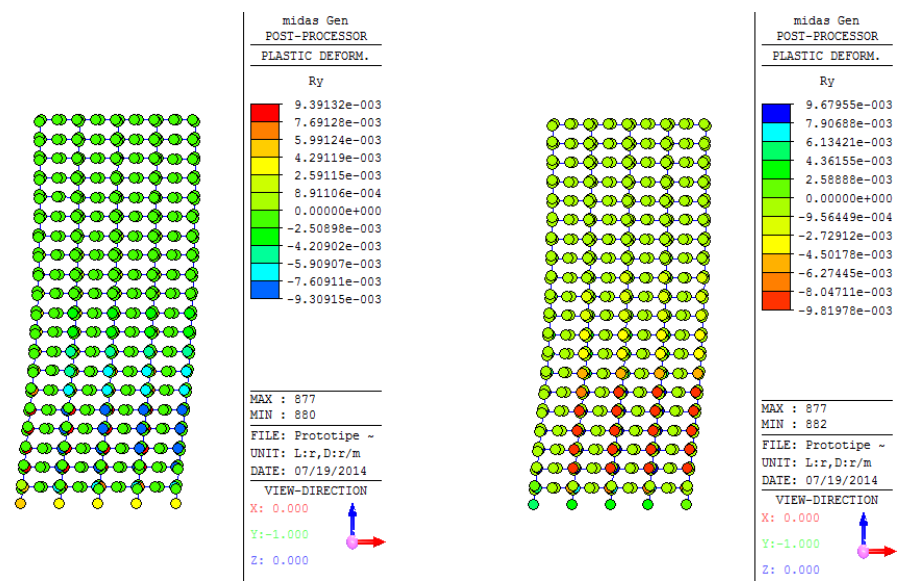
Gambar 9. Prototipe 50 Lantai – Deformasi Elemen Struktur .



Dengan Geser Dasar Minimum

Tanpa Geser Dasar Minimum

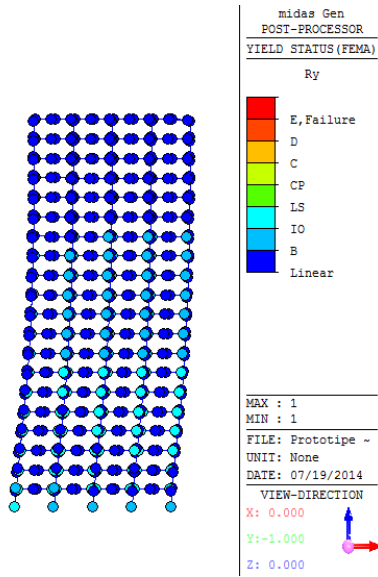
Gambar 10. Prototipe 50 Lantai – Yield Status (FEMA).



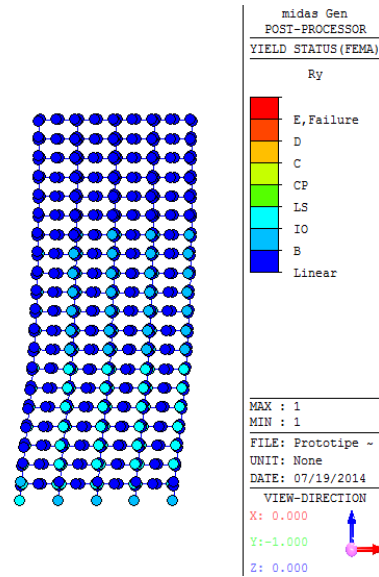
Dengan Geser Dasar Minimum

Tanpa Geser Dasar Minimum

Gambar 11. Prototipe 20 Lantai – Deformasi Elemen Struktur.

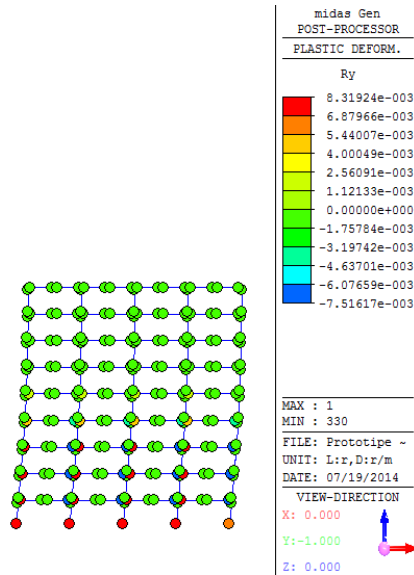


Dengan Geser Dasar Minimum

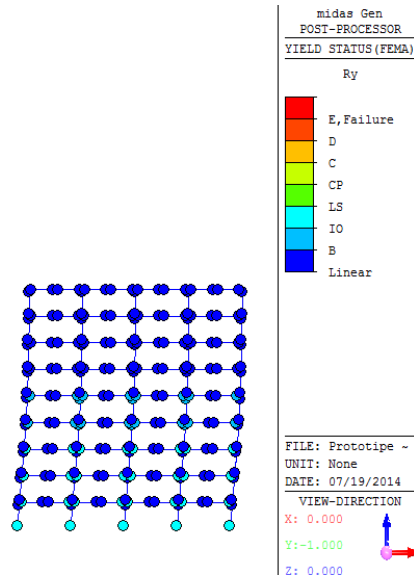


Tanpa Geser Dasar Minimum

Gambar 12. Prototipe 20 Lantai – Yield Status (FEMA).



**Gambar 13. Prototipe 10 Lantai
Deformasi Elemen Struktur.**



**Gambar 14. Prototipe 10 Lantai
Yield Status (FEMA).**

5 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa 3 model struktur dengan klasifikasi ketinggian rendah, sedang dan tinggi yang dianalisis dengan menerapkan batasan geser dasar minimum dan tanpa batasan geser dasar minimum, dapat dilihat bahwa parameter geser dasar minimum tidak memberikan pengaruh pada bangunan bertingkat rendah, untuk bangunan bertingkat sedang pengaruh parameter geser dasar minimum dapat memberikan sedikit pengaruh pada hasil analisis, karena geser dasar minimum dapat lebih besar daripada geser dasar hasil analisis, sedangkan untuk untuk bangunan bertingkat tinggi, pengaruh batasan geser dasar minimum menyebabkan desain bangunan menjadi lebih kaku dikarenakan gaya gempa yang dianalisa menjadi jauh lebih besar dibandingkan dengan desain tanpa memperhitungkan geser dasar minimum, dengan demikian desain dengan memperhitungkan batasan geser dasar minimum menjadi lebih konservatif.

Untuk bangunan dengan klasifikasi bangunan tinggi, analisis dan desain dengan memperhitungkan syarat batasan geser dasar minimum dan tanpa memperhitungkan geser dasar minimum dapat memberikan hasil desain yang baik, tetapi pengecekan pada Level Kinerja (*Performance Level*) *story drift* menunjukkan bahwa analisis dengan memperhitungkan geser dasar minimum memberikan hasil dengan level kinerja yang cukup baik yaitu *Immediate Occupancy (IO)* hingga *Damage Control (DO)*, sedangkan analisis tanpa memperhitungkan geser dasar minimum memberikan hasil dengan level kinerja yang kurang baik yaitu *Life Safety (LS)* hingga *Structural Stability (SS)*. Sedangkan pada level kinerja elemen struktur, analisis tanpa memperhitungkan geser dasar minimum menyebabkan banyak elemen struktur yang berada pada level kinerja *Collapse Prevention (CP)*, dengan demikian untuk bangunan bertingkat tinggi analisis tanpa memperhitungkan batasan geser dasar minimum dapat membahayakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASCE 7-10. (2010), "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures", American Society of Civil Engineers, Virginia
2. ATC 40, (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, Volume 1, California, USA.
3. Andrew Fry J., Hooper J., Klemencic R. (2009), "PEER Design Case Study Building #1"

4. Badan Standarisasi Nasional. (2012), “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012”, Dep. Pekerjaan Umum, Jakarta
5. Badan Standarisasi Nasional. (2002), “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2002”, Dep. Pekerjaan Umum, Jakarta
6. Budiono, Bambang dan Supriatna, Lucky. (2011), “Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa”, Penerbit ITB, Bandung
7. Departemen Pekerjaan Umum. (1987), “Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung”, SKBI-1.3.53.1987, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta
8. Deierlein, G.G., A. Liel and C.B. Haselton, “Performance Assessment Through Nonlinear Time History Analysis”, EERI Technical Seminar
9. FEMA 303, 1997, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Washington, D.C.
10. FEMA 356 (2000). Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings. Washington, D.C.
11. FEMA 368 (2000). NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Part 1 : Provisions and Part 2 : Commentary. Building Seismic Safety Council. Washington D.C.
12. FEMA 450 (2003). NEHRP Recommended Provisions For Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Part 1 : Provisions and Part 2 : Commentary. Building Seismic Safety Council. Washington D.C.
13. FEMA 451 (2006). NEHRP Recommended Provisions: Design Examples
14. FEMA 451B (2007). NEHRP Recommended Provisions For for New Buildings and Other Structures : Training and Instruction Materials
15. Imran, Iswandi dan Hendrik, Fajar. (2010), “Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa”, Penerbit ITB, Bandung
16. Los Angeles Tall Building Structural Design Council (2008), “An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region”
17. MIDAS Information Technology Co., Ltd., 2013, “Midas/Gen User’s Guide”, MIDASoft, Inc., Livonia, USA

18. MIDAS Information Technology Co., Ltd., 2013, "Analysis Manual, MIDASoft, Inc.", Livonia, USA
19. MidasGen, 2012, Full Version V.2012. MIDAS Information Technology Co., Ltd., S/N: 44E44E668C9EE810, License owned by Prof. Iswandi Imran, Ph.D.
20. Park, R., and T. Paulay. (1974), "Reinforced Concrete Structures", John Wiley and Sons, New York
21. The PEER Center. (2010), "Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings"
22. The PEER Center. (2011). "Users Manual for the PEER Ground Motion Database Web Application", The Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley
23. Wilford M., Whittaker A., Klemencic R. (2008), "Recommendations for the Seismic Design of High-rise Buildings", CTBUH.