

# Kinerja Model Struktur Gedung Lima Lantai Pada Kondisi Tanah Keras Di Wilayah Banyumas Akibat Beban Gempa SNI 03-1726-2002 Dan SNI 03-1726-2012

## Performance Of Five Story Building Structure Model On Hard Soil Condition In Banyumas Regional Under The Seismic Load Of SNI 03-1726-2002 and SNI 03-1726-2012

Yanuar Haryanto<sup>1</sup>, Gathot Heri Sudiby<sup>2</sup> dan Nanang Gunawan Wariyatno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>yanuar\_haryanto@yahoo.com, <sup>2</sup>gathot\_hs2003@yahoo.com, <sup>3</sup>nanang\_g@yahoo.com

<sup>1,2,3</sup>Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman

*Abstrak*— Indonesia menempati posisi ketiga dunia dari 153 negara yang memiliki potensi bahaya gempa. Hal ini disebabkan Indonesia merupakan tempat bertemunya tiga lempeng besar dunia yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Interaksi antara ketiga lempeng inilah yang menyebabkan Indonesia memiliki aktivitas kegunungapian dan kegempaan yang tinggi. Perubahan peraturan gempa Indonesia berpeluang menyebabkan terjadinya perubahan kinerja struktur gedung. Makalah ini bertujuan untuk mengkaji kinerja model struktur gedung lima lantai pada kondisi tanah keras di wilayah Banyumas akibat beban gempa SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012, yang dilakukan dengan analisis beban dorong (*pushover*). Hasil kajian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan gaya geser dasar sebesar 1,48% pada model struktur gedung saat tercapai titik kinerja (*performance point*). *Displacement* yang terjadi mengalami peningkatan sebesar 19,61% sedangkan daktilitas mengalami penurunan sebesar 43,14%. Kinerja model struktur gedung tidak mengalami perubahan yaitu tetap pada level *Immediate Occupancy* dimana tidak terdapat kerusakan yang berarti pada struktur, kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen nonstruktur masih berada ditempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Gedung dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan.

*Kata kunci*— Banyumas, gempa, gaya geser dasar, daktilitas, titik kinerja

*Abstract*— Indonesia ranks third in the world of 153 countries which have the potential hazard of earthquakes. This is because Indonesia is a meeting place of three major plates, which are The Indo-Australian Plate, The Eurasian Plate and The Pacific Plate. Interaction between the three plates is the reason why Indonesia has the high volcanoes and seismic activity. The change of Indonesian earthquake standard likely to result in changes of the performance of the building structure. This paper aims to assess the performance of five story building structure model on hard soil condition in Banyumas regional under the seismic load of SNI 03-1726-2002 and SNI 03-1726-2012, which is done by a pushover analysis. The results showed that there is an increase in the base shear force by 1.48% in the current building structure model when it reached the performance point. The displacement increased by 19.61% while the ductility decreased by 43.14%. Performance of the building structure model has not changed, remained at the level of *Immediate Occupancy*, where there is only minor structural damage has occurred. The structure retains nearly all its original stiffness and strength. Nonstructural components are secured, and if utilities are available, most would function. Life-safety systems are operable. Repairs may be instituted at the convenience of the building users. The risk of life-threatening injury during the earthquake is very low.

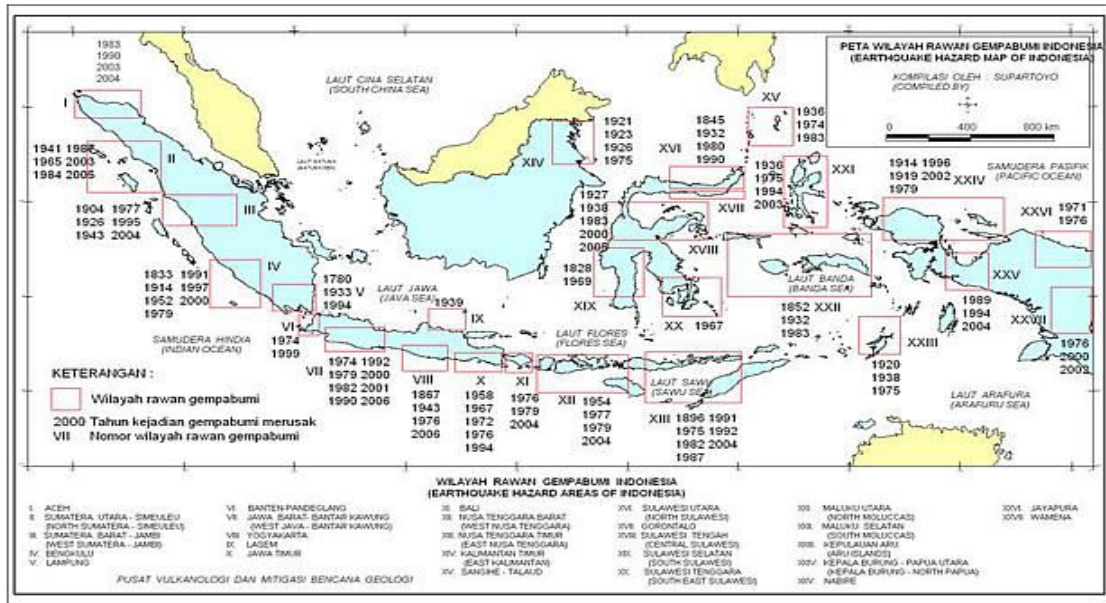
*Keyword*— Banyumas, earthquake, base shear force, ductility, performance point

### PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia menempati posisi ketiga dunia dari 153 negara yang memiliki potensi bahaya gempa. Hal ini disebabkan Indonesia merupakan tempat bertemunya tiga lempeng besar dunia yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Interaksi antara ketiga lempeng ini yang menyebabkan Indonesia memiliki aktivitas kegunungapian dan kegempaan yang tinggi. Gambar peta wilayah rawan

bencana gempa bumi di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia, wilayah Banyumas merupakan wilayah yang memiliki nilai percepatan gempa 0,2 detik (*Ss*) batuan dasar sebesar 0,7 dan percepatan gempa 1 detik (*S1*) batuan dasar sebesar 0,25. Nilai-nilai tersebut berdasarkan FEMA 310 (1998) termasuk ke dalam klasifikasi berpotensi gempa tinggi.



Gambar 1. Peta wilayah rawan bencana gempa bumi Indonesia (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2009)

Peraturan gempa Indonesia yang baru, SNI-03-1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung) menetapkan prosedur perhitungan geser dasar seismik (*seismic base shear*) yang berbeda sama sekali dengan peraturan gempa Indonesia yang sebelumnya. Adanya persyaratan geser dasar seismik minimum akan berdampak pada kinerja struktur gedung. Makalah ini bertujuan untuk melakukan kajian terhadap kinerja model struktur gedung lima lantai pada kondisi tanah keras di wilayah Banyumas akibat beban gempa SNI-03-1726-2002 dan SNI-03-1726-2012.

Arfiadi dan Satyarno (2013) melakukan kajian tentang perbandingan spektra desain beberapa kota besar di Indonesia dalam SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2002 meliputi 15 kota yaitu Yogyakarta, Jakarta, Bandung, Surabaya, Semarang, Surakarta, Denpasar, Medan, Banda Aceh, Padang, Makassar, Palu, Manado, Palembang, dan Jayapura. Dari hasil perbandingan tampak bahwa beberapa kota mengalami kenaikan nilai spektrum desain percepatannya, tetapi beberapa kota juga mengalami penurunan. Kenaikan terbesar terjadi di kota Semarang dan Palu dengan kenaikan sebesar 2,18 kali pada kondisi tanah keras. Penurunan yang cukup signifikan terjadi untuk kota Denpasar yaitu sebesar 0,67 kali pada kondisi tanah lunak.

Faizah dan Widodo (2013) melakukan analisis gaya gempa rencana pada struktur bertingkat banyak dengan metode dinamik respon spektra. Analisis dilakukan pada model struktur 2D portal beton bertulang 12 tingkat 4 bentang dengan bantuan program SAP2000 dimana tin-

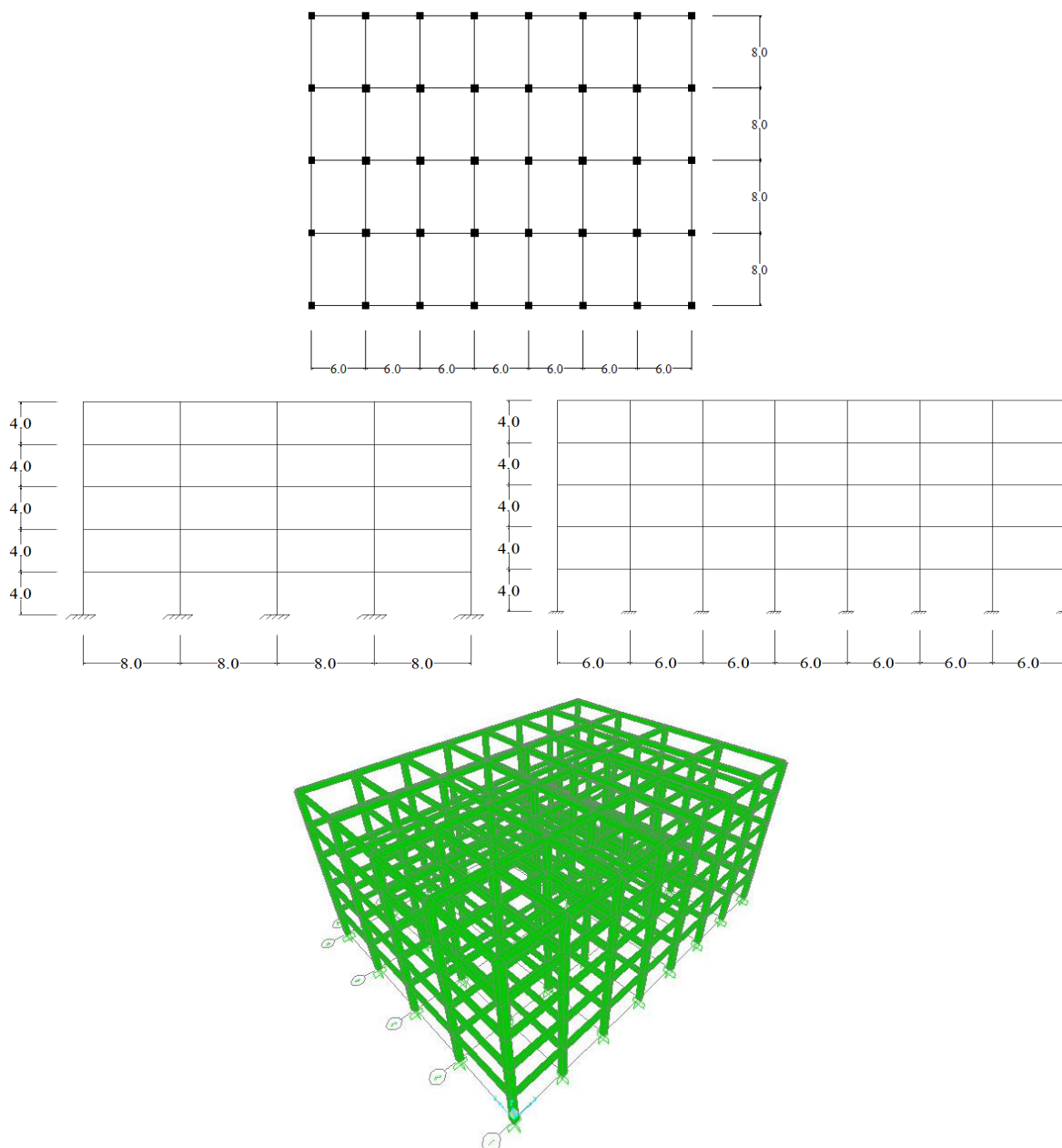
jaun dilakukan pada 23 lokasi di Indonesia yang memiliki klasifikasi situs yang berbeda-beda dengan kondisi tanah sedang. Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa gaya geser dasar (V) rata-rata mengalami peningkatan dari tahun 2002 ke 2012, kecuali pada 7 kota yaitu Bandar Lampung, Palembang, Jakarta, Kupang, Banjarmasin, Samarinda dan Makassar. Dengan demikian, bangunan yang sudah terbangun sesuai SNI 1726-2002 pada 7 kota tersebut dapat dipastikan akan memenuhi persyaratan dari SNI 1726-2012.

Haryanto, dkk (2014) yang melakukan evaluasi kerentanan bangunan akibat pengaruh gempa menyimpulkan bahwa Gedung D Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman memiliki skor akhir +3,1 sedangkan Gedung E memiliki skor akhir sebesar +1,1. Terdapat pernyataan *Not Compliant* (NC) pada pemeriksaan struktural dan nonstruktural Gedung E, sehingga evaluasi detail yang lebih lanjut direkomendasikan untuk dilaksanakan pada gedung tersebut. Sebagai tindak lanjut, Haryanto dan Sudibyo (2015) telah melakukan evaluasi kinerja struktur untuk Gedung D dan Gedung E yang telah berubah Organisasi Tata Kelola menjadi Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman, dengan kesimpulan bahwa berdasarkan analisis *pushover* diperoleh *story drift* sebesar 0,48% untuk gedung D dan 0,56% untuk Gedung E sehingga gedung D dan gedung E dikategorikan memiliki kinerja *Immediate Occupancy*.

### METODE

Pada kajian ini dilakukan analisis *pushover* dengan langkah-langkah secara ringkas antara lain meliputi: (1) Pendefinisian sendi plastis, (2) Menentukan beban dorong lateral, (3) Analisis *pushover*, (4) Menentukan indeks daktilitas struktur, (5) Menentukan level kinerja struktur. Model struktur gedung ditetapkan sebagai gedung perkantoran 5 lantai di wilayah Banyumas yang memiliki ketinggian antar lantai 4 m. Denah dan model struktur gedung dapat dilihat pada Gambar 2 dengan spesifikasi:

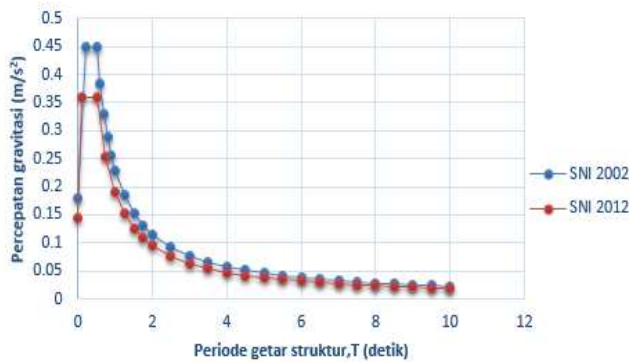
1. Struktur gedung menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah dari beton bertulang
2. Jumlah lantai 5.
3. Tinggi antar tingkat 4 m.
4. Material menggunakan beton dengan mutu  $f_c'$  25 MPa serta baja BJTD37 dan BJTP37.
5. Lokasi di wilayah Banyumas kondisi tanah keras.
6. Dimensi kolom 60 x 60 cm dan balok 35 x 60 cm.
7. Pelat lantai menggunakan ketebalan 120 mm untuk semua lantai kecuali atap 100 mm.



Gambar 2. Denah dan model struktur gedung

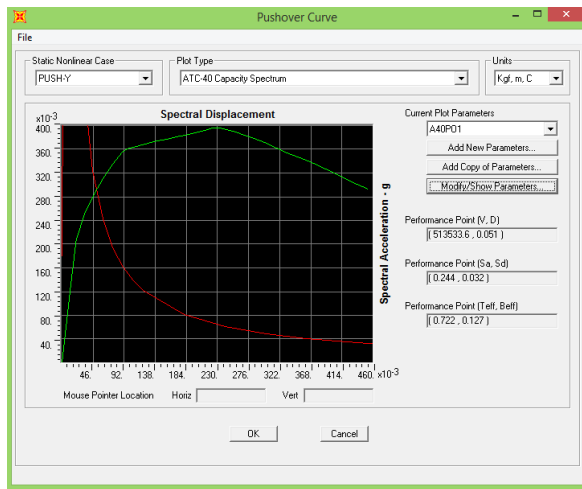
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 3 diperlihatkan bahwa untuk wilayah Banyumas percepatan gravitasi kurva respon spektrum yang mengacu peraturan gempa SNI 03-1726-2002 lebih besar dibandingkan dengan peraturan gempa SNI 03-1726-2012.



Gambar 3. Respon spektrum Banyumas

Dari hasil dari analisis *pushover* dapat diperoleh kurva kapasitas, simpangan tingkat, level kinerja struktur, dan daktilitas dari struktur gedung tersebut. Kurva kapasitas hasil analisis *pushover* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva kapasitas hasil analisis *pushover*

Dari kurva kapasitas, dapat diketahui nilai gaya geser dasar ( $V$ ) dan nilai *displacement* ( $D$ ) yang terjadi ketika model struktur gedung mencapai titik kinerja. Nilai  $S_a$ ,  $S_d$ , waktu getar alami efektif ( $T_{eff}$ ) dan redaman *viscous* efektif ( $\beta_{eff}$ ) juga dapat diketahui. Nilai-nilai tersebut berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 disajikan pada Tabel 1 yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan gaya geser dasar ( $V$ ) sebesar 1,48% dan peningkatan *Displacement* ( $D$ ) sebesar 19,61% pada

model struktur gedung saat tercapai titik kinerja (*performance point*). Daktilitas struktur mengalami penurunan sebesar 43,14% seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

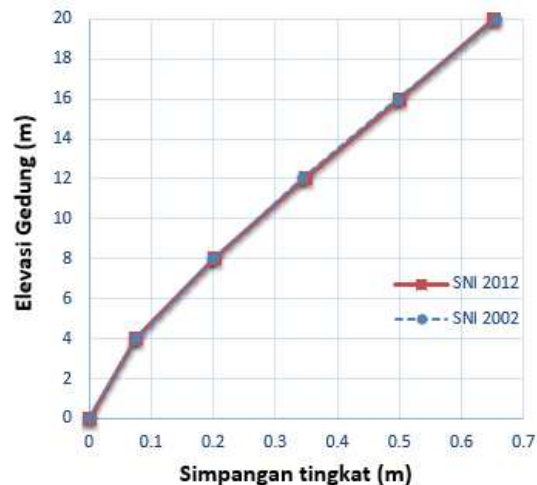
Tabel 1. Hasil analisis *pushover*

Parameter	SNI	
	2002	2012
V (kg)	5135,336	5211,455
D (m)	0,051	0,061
$S_a$	0,244	0,121
$S_d$	0,032	0,039
$T_{eff}$	0,722	1,134
$\beta_{eff}$	0,127	0,147

Tabel 2. Daktilitas struktur

SNI	$\delta y$ (m)	$\delta u$ (m)	Daktilitas
2002	0,0458	0,5339	11,66
2012	0,0760	0,4738	6,23

Kinerja struktur ditentukan berdasarkan *story drift* yaitu rasio simpangan titik kontrol (atap) dengan ketinggiannya. Hasil analisis menunjukkan bahwa *story drift* yang terjadi sebesar 0,26% untuk beban gempa SNI 03-1726-2002 dan 0,31% untuk beban gempa SNI 03-1726-2012. Keduanya bernilai kurang dari 1% sehingga kinerja model struktur gedung tidak mengalami perubahan, tetap pada level *Immediate Occupancy* dimana tidak terdapat kerusakan yang berarti pada struktur, kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen nonstruktur masih berada ditempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Gedung dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan. Simpangan tingkat dapat dilihat pada Gambar 5 sedangkan kinerja struktur disajikan pada Tabel 3.



Gambar 5. Simpangan tingkat

Tabel 3. Kinerja struktur

SNI	Dt (m)	Elevasi (m)	Story Drift (%)	Ket.
2002	0,051	20	0,26	IO
2012	0,061	20	0,31	IO

#### KESIMPULAN

Untuk model struktur gedung 5 lantai pada kondisi tanah keras di wilayah Banyumas terjadi peningkatan gaya geser dasar sebesar 1,48% pada saat tercapai titik kinerja (*performance point*) dari beban gempa SNI 03-1726-2002 ke beban gempa SNI 03-1726-2012. *Displacement* yang terjadi mengalami peningkatan sebesar 19,61% sedangkan daktilitas mengalami penurunan sebesar 43,14%. Kinerja model struktur gedung tidak mengalami perubahan yaitu tetap pada level *Immediate Occupancy*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang tinggi dan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Jenderal Soedirman, yang telah mendanai pelaksanaan kajian ini melalui skim Riset Pemula.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arfiadi, Y. dan Satyarno, I., 2013, Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar Di Indonesia Dalam SNI Gempa 2012 Dan SNI Gempa 2002, Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2009, *Gempa Bumi dan Tsunami*, Bandung.
- Faizah, R. dan Widodo, 2013, Analisis Gaya Gempa Rencana Pada Struktur Bertingkat Banyak Dengan Metode Dinamik Respon Spektra, Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- FEMA 310, 1998, Handbook for The Seismic Evaluation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Amerika.
- Haryanto, Y dan Sudibyso, G. H., 2015, Evaluasi Kinerja Struktur Akibat Pengaruh Gempa (Studi Kasus Gedung D dan Gedung E Jurusan Teknik Universitas Jenderal Soedirman), Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil I, Universitas Udayana, Bali.
- Haryanto, Y., Wariyatno, N.G. dan Yulianita, P. E., 2014, Evaluasi Kerentanan Bangunan Akibat Pengaruh Gempa (Studi Kasus Gedung-Gedung Fakultas Sains Dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman), Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil X, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta.