

ANALISIS KINERJA STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN ANALISIS PUSHOVER MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS (STUDI KASUS : BANGUNAN HOTEL DI SEMARANG)

Nissa Zahra Rachman¹⁾, Edy Purwanto²⁾, Agus Suptiyadi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: adit9292@gmail.com

Abstract

Indonesia is located in active tectonic zone as three major plates of the world and nine other small plates meet each other in Indonesian territory and establish a complex pathway. As the result, Indonesian territory has a high risk of earthquake. In the process of designing the structure of a building with a seismic load design, standards and regulations are necessary to ensure the safety of building occupants due to the massive earthquake that might occur and also to avoid and minimize structural damage to the buildings and the loss of life caused by the earthquake.

In analyzing the structure of earthquake-resistant buildings, the Performance Based Seismic Evaluation method (PBSE) can be used, one of which is the nonlinear pushover analysis which refers to the ATC-40.

Based on this background, a research on the Structural Performance Analysis of Storey Building by Pushover Analysis was held. The purposes of this study are to determine the performance of the building based on the mechanism of plastic hinge formation at the beam and column and the relation between the base shear and displacement on pushover curve and on the seismic demand curve. The method used nonlinear static pushover analysis using ETABS program.

The results showed that the shear force of the x-direction pushover evaluation is 557.867 ton. Displacement value is 0.112 m. Displacement on the building does not exceed the displacement safety limit, so the building is safe against the seismic load. Maximum total drift is 0.0035 m and maximum In-elastic drift is 0.0034 m so the building falls under the Immediate Occupancy performance levels (IO).

Key words : pushover , seismic demand, plastic hinge, structural performance

Abstrak

Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks, hal ini menyebabkan Indonesia menjadi sangat rawan terhadap gempa bumi. Pada proses perancangan struktur bangunan berbeban gempa diperlukan standar dan peraturan perancangan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisir kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa akibat gempa bumi.

Dalam menganalisis struktur bangunan gedung tahan gempa dapat digunakan metode *Performance Based Seismic Evaluation* (PBSE), salah satunya adalah dengan analisis nonlinier *pushover* yang mengacu pada ATC-40.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Pushover. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja gedung berdasarkan mekanisme terbentuknya sendi plastis pada balok kolom serta hubungan *base shear* dengan *displacement* pada kurva *pushover* dan kurva *seismic demand*. Metode yang digunakan adalah analisis statik *nonlinier pushover* dengan menggunakan program ETABS.

Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa gaya geser dari evaluasi *pushover* pada arah x sebesar 557,867 ton. Nilai *displacement* adalah 0,112 m. *Displacement* pada gedung tidak melampaui *displacement* yang diijinkan, sehingga gedung aman terhadap gempa rencana. Maksimum total *drift* adalah 0,0035 m dan maksimum *In-elastic drift* adalah 0,0034 m, Sehingga gedung termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

Kata kunci : pushover , seismic demand, sendi plastis, kinerja struktur

PENDAHULUAN

Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks, hal ini menyebabkan Indonesia menjadi sangat rawan terhadap gempa bumi. Kriteria-kriteria struktur tahan gempa antara lain adalah *Operational* (O), *Immediate Occupancy* (IO), *Life Safety* (LS), *Collapse Prevention* (CP).

Dalam menganalisis struktur bangunan gedung tahan gempa metode yang digunakan adalah *Performance Based Earthquake Engineering* (PBEE). PBEE terbagi menjadi dua, yaitu *Performance Based Seismic Design* (PBSD) dan *Performance Based Seismic Evaluation* (PBSE). Evaluasi pada PBSD salah satunya adalah dengan analisis nonlinier *pushover*. *Pushover analysis* merupakan suatu prosedur analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan pengali sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Biasanya titik tersebut adalah titik pada massa atap. Pada penelitian ini gedung yang dijadikan studi kasus adalah Bangunan Hotel di Semarang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performance point yang didapatkan dari

pertemuan antara kurva kapasitas dan kurva respon spektrum dari bangunan tersebut dengan mengaju pada ATC-40 dan mengetahui distribusi sendi plastis pada gedung. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software ETABS untuk membuat permodelan gedung yang diteliti.

PERMODELAN

Data struktur gedung dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah

Tabel 1 Deskripsi Gedung

Bangunan Hotel di Semarang	
Sistem Struktur	<i>Dual System</i> SRPMK <i>Sheer Wall</i> beton bertulang
Fungsi gedung	Hotel
Jumlah Lantai	10
Jumlah lantai <i>basement</i>	1 lantai (sebagai tampungan air)
Luas lantai <i>basement</i>	292,8675 m ²
Luas lantai 1	586,8879 m ²
Luas lantai 2	386,2150 m ²
Luas lantai tipikal (lantai 3-10)	373,9735 m ²
Jumlah lantai tipikal	8 lantai
Tinggi lantai tipikal	3,20 m
Tinggi maksimum gedung	32,1 m
Kedalaman <i>basement</i>	4 m
Luas total gedung termasuk <i>basement</i>	4270 m ²

Tabel 2 Mutu Beton dan Baja

Fungsi	f _c (MPa)	E _c (MPa)	f _y (MPa)
Balok	35	27805,6	
Kolom	40	29725,4	
Corewall	40	29725,4	
Pelat	35	27805,6	
Balok	35	27805,6	
Kolom	40	29725,4	
Tulangan Baja Ulir			400
Tulangan Baja Polos			240

Tabel 3 Tebal Pelat

Tipe	Tebal (cm)
S1	12
S2	12
S3	15
CS1	13

Tabel 4 Dimensi Balok

Tipe	Dimensi (mm)
B.01	300 x 500
B.02	250 x 500
B.03	200 x 400
B.04	250 x 400
B.05	300 x 600
B.06	400 x 600
B.07	400 x 400
B.08	500 x 500
B.09	400 x 800

B.10 500 x 600

Tabel 5 Dimensi Kolom

Tipe	Dimensi (mm)
K.01	400 x 900
K.02	400 x 800
K.03	400 x 700
K.04	400 x 600
K.05	400 x 400
K.06	400 x 1000
K.07	500 x 500
K.08	700 x 700
K.09	600 x 600
K.10	550 x 600
K.11	500 x 600

Pembebanan gempa pada gedung dihitung dengan menggunakan SNI 1726-2002. Gedung termasuk dalam wilayah gempa 2 dengan tanah sedang. Distribusi beban gempa tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 6

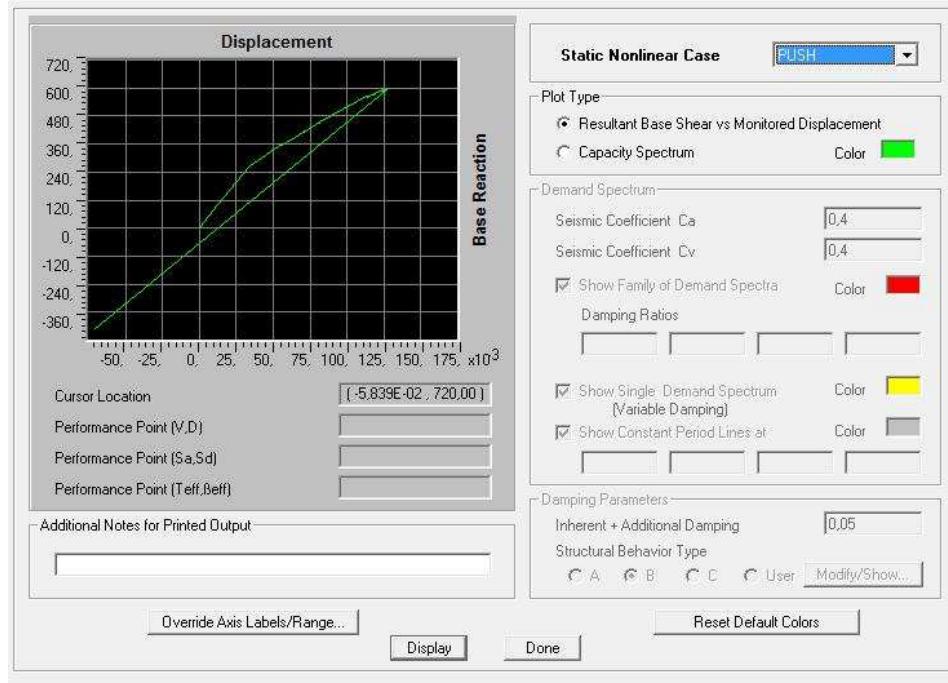
Tabel 6 Distribusi Gaya Gempa pada Tiap Lantai

Lantai	F	FX 100% (kg)	FY 30% (kg)
Lantai 1	0	0	0
Lantai 2	6128,483129	6128,483129	1838,544939
Lantai 3	10421,48975	10421,48975	3126,446926
Lantai 4	12939,34068	12939,34068	3881,802204
Lantai 5	16835,37917	16835,37917	5050,613752
Lantai 6	20590,14676	20590,14676	6177,044029
Lantai 7	24176,13286	24176,13286	7252,839859
Lantai 8	27868,01376	27868,01376	8360,404128
Lantai 9	31319,7082	31319,7082	9395,91246
Atap 1	28581,10473	28581,10473	8574,331418
Atap 2	2848,792255	2848,792255	854,6376764

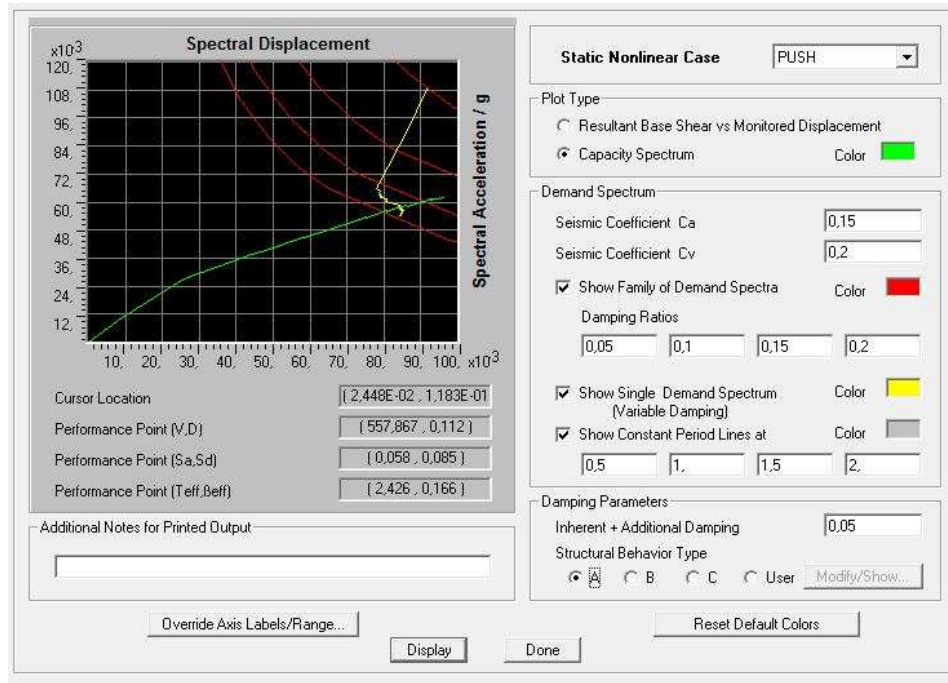
HASIL DAN PEMBAHASAN

ANALISIS PUSHOVER

Hasil dari analisis pushover yang dilakukan pada software ETABS adalah kurva kapasitas dan kurva kapasitas spektrum



Gambar 1 Kurva Kapasitas



Gambar 2 Kurva Kapasitas Spektrum

Nilai $C_a = 0,15$ dan nilai $C_v = 0,2$, nilai-nilai tersebut didapatkan dari kurva respon spektrum wilayah gempa 2 dengan jenis tanah sedang.

Dari kurva kapasitas spektrum didapatkan nilai-nilai yang tertera pada Tabel 7

Tabel 7 Nilai Performance Point

V (ton), D (m)	557,867 (ton) ; 0,112 (m)
Sa (g), Sd (m)	0,058 (g) ; 0,085 (m)
T _{eff} (second), β _{eff}	2,426 (dtk) ; 0,166

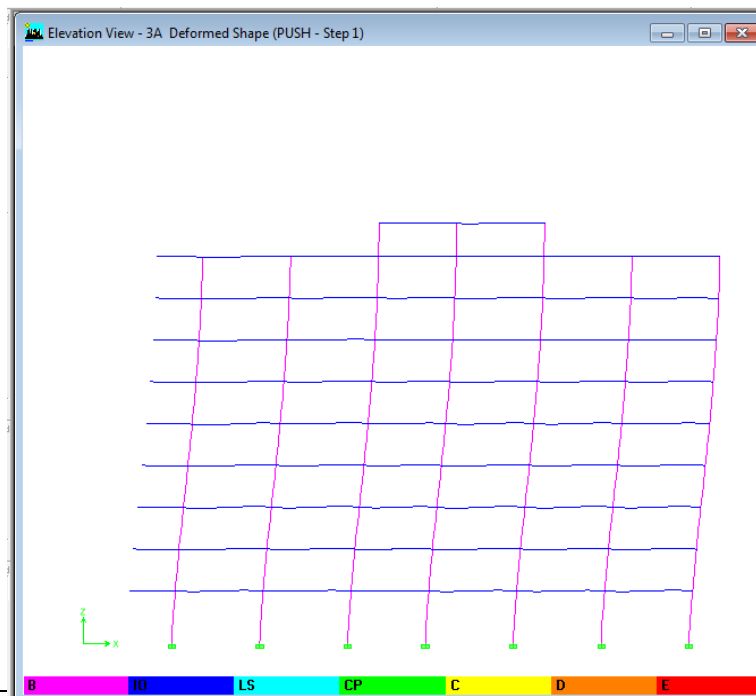
1. *Displacement Limit* menurut SNI 1726-2002 ditentukan = $0,02 H = 0,02 \times 32,1 = 0,642 \text{ m} > D = 0,112 \text{ m}$ maka kinerja *displacement* gedung baik.
2. $T_1 = 0,4084$
 $C_1 = 0,375$ (didapat dari grafik respon spektra)
 $V_1 = 181,7086 \text{ ton}$
 Hasil dengan program ETABS $V = 557,867 \text{ ton}$
 Syarat : $V > 0,8 V_1$
 $557,867 > 0,8 \times 181,7086$
 $557,867 > 145,3669$
 maka dapat disimpulkan bahwa *base shear* struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada arah X telah memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2002
3. Kinerja gedung Menurut ATC- 40 Tabel 2.16.
 - Maksimal *Drift* = $\frac{Dt}{H} = \frac{0,112}{32,1} = 0,0035$
 - Maksimal *In-elastic Drift* = $\frac{Dt-D1}{H_{tot}} = \frac{0,112 - 0}{32,1} = 0,00349$

Berdasarkan nilai *Drift* sebesar 0,0035 lebih kecil dari 0,01 maka level kinerja gedung termasuk dalam ***Immediate Occupancy***. Sedangkan nilai *In-elastic Drift* sebesar 0,00349 lebih kecil dari 0,005 maka nilai Level kinerja gedung Nonlinier termasuk dalam ***Immediate Occupancy***.

SKEMA DISTRIBUSI SENDI PLASTIS

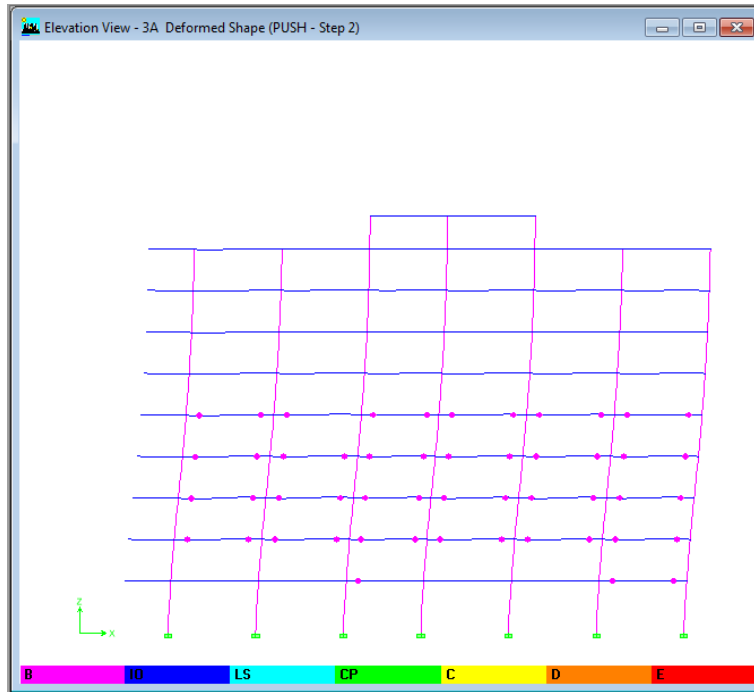
Pada penyajian gambar skema distribusi sendi plastis, diambil contoh portal As-3A dengan pertimbangan portal tersebut terdapat kolom utama sehingga menjadi parameter utama apabila terjadi keruntuhan total. Total sendi plastis gedung sebanyak 1230

Pada **Gambar 3** (step 1) nilai displacement adalah 0,0121 m. Terjadi sendi palstis dengan level A-B 1228 dan pada level B-IO sebanyak 2 tetapi pada portal 3A belum terjadi sendi plastis.



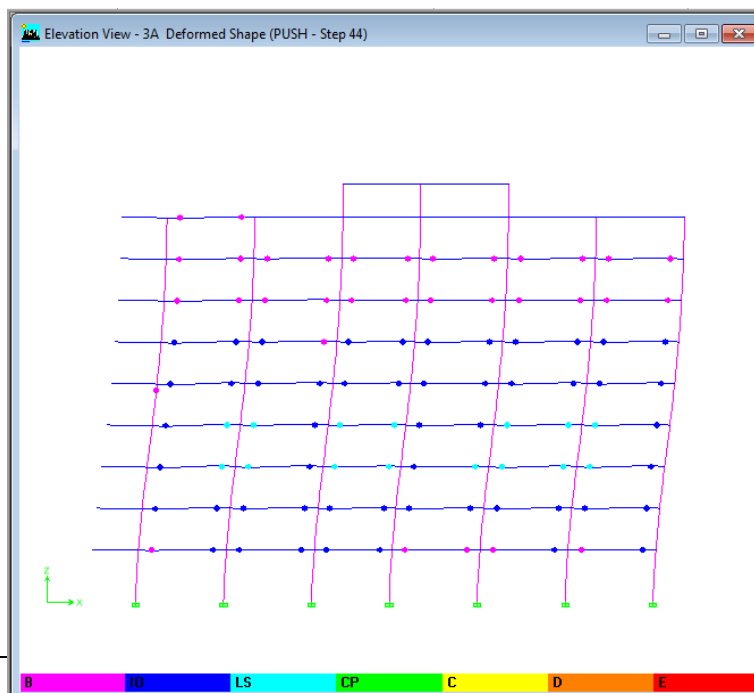
Gambar 3 Distribusi Sendi Plastis Portal As-3A Pada Step 1

Pada **Gambar 4** (step 2) nilai displacement adalah 0,0345 m. Terjadi sendi palstis dengan level A-B sebanyak 972, level B-IO 247, level IO-LS 6, LS-CP 4 dan C-D 1 buah. Level C menunjukkan batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan gedung.



Gambar 4 Distribusi Sendi Plastis Portal As-3A Pada Step 2

Pada **Gambar 5** (step 44) mulai muncul sendi plastis pada kolom dengan level IO dan pada balok muncul pada level E, Hal ini menunjukkan struktur gedung sudah tidak mampu menahan gaya geser. Pada step ini displacement yang terjadi adalah 0,1225 m



Gambar 5 Distribusi Sendi Plastis Portal As-3A Pada Step 44

SIMPULAN

Dari seluruh dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Performance point* gedung dari hasil ETABS adalah sebagai berikut :
V = 557,867 (ton)
D = 0,112 (m)
Sa = 0,058 (g)
Sd = 0,085 (m)
Teff = 2,426 (dtk)
βeff = 0,166
2. Dengan acuan dari ATC-40, berdasarkan nilai *Drift* dan nilai *In-elastic Drift* yang didapatkan maka nilai Level kinerja gedung Nonlinier termasuk dalam ***Immediate Occupancy***.
3. Konsep desain *strong colum weak beam* terpenuhi. Hal ini ditunjukkan terbentuknya sendi *plastis* diawali dari elemen balok yang kemudian pada saat mencapai *performance point* mayoritas elemen kolom dan balok terbentuk sendi *plastis* kemudian pada sebagian elemen balok mencapai kondisi batas *in-elastic*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Edy Purwanto, ST, MT dan Ir. Agus Supriyadi, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I*. California. Seismic Safety Commission State of California.
- Budi, Anindityo P. 2011. *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Prosedur A Menggunakan Program Etabs V 9.50*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Chen, W F and Lui, E M. 2006. *Earthquake Engineering for Structural Design*. New York : CRC Press.
- Chopra, Anil.K. and Rakesh, K. Goel. 2001. *A Modal Pushover Analysis Procedure To Estimate Seismic Demands For Buildings : Theory And Preliminary Evaluation*. Pasific Earthquake Engineering Research Center.
- Wiryanto Dewobroto. *Evaluasi bangunan baja tahan gempa dengan SAP2000*
- FEMA-356. 2000. *Prestandard and Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Virginia. American Society of Civil Engineers .
- FEMA-440. 2005. *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Virginia. American Society of Civil Engineers .
- Bagus H Setiawan. 2013. *Evaluasi Perilaku Seismik Gedung Solo Center Point Dengan Metode Analisis Pushover Menggunakan Program Etabs V 9.50*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. RSNI 1726-2012. Jakarta : Badan Standar Nasional Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. RSNI 1726-2012. Jakarta : Badan Standar Nasional Indonesia.
- UBC.1997. *Uniform Building Code, volume 2*. California. Internasional Conference of Building Officials.