

## Pengaruh Penambahan Dinding Geser (*Shear Wall*) pada Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung

(Effect of Adding Shear Wall on Fundamental Natural Vibration Time of Building Structure )

PINTA ASTUTI

### ABSTRACT

The structure of high-rise buildings should have sufficient stiffness so that no damage could harm users when earthquake occurred. The addition of shear wall structure is one way to increase stiffness of the building. This research is analyzing the capacity of structural elements and the influence of shear walls in high rise buildings, taking a case study at Mataram City Apartments and Condominium, Yogyakarta. The building consists of two towers. Analytical calculations in this research based on technical data field, quality of materials, and the results of structural analysis with SAP2000. After that, this research will calculate strength of the structure. The analysis based on SNI 03-2847-2002, SNI 03-1726-2002, and the Uniform Building Code (UBC) 1997 Chapter 16 on Requirements Design Structure. Three modification of the shear wall layouts in this research are use to understanding about the effect of adding shear walls to the natural vibration time. Based on the analysis and calculation, the structure has adequate capacity to support the load with the natural vibration period of 1.831 seconds. Maximum allowable vibration time by SNI 03-1726-2002 is 3.24 seconds, while the Uniform Building Code (UBC) is 1.698 seconds. First model can decrease the natural vibration period of 1.53 % to 1.80 seconds with a drift reduction of 11.35 % in the x axis and 35.27 % in y axis. The second model can decrease the natural vibration period by 5.08 % to be 1.73 seconds with drift reduction is 20.73 % the x axis, 39.31 % and y axis. The merged models have the natural vibration structure of 1.66 seconds.

**Keywords:** shear wall structure, natural time vibration, drift floor

### PENDAHULUAN

Kebutuhan gedung bertingkat selalu meningkat setiap waktu terutama karena meningkatnya jumlah penduduk dan berkurangnya lahan untuk permukiman. Tingginya permintaan akan hunian menjadikan faktor meningkatnya pembangunan gedung bertingkat yang berfungsi sebagai hunian seperti apartemen dan kondotel.

Wilayah Indonesia terletak di atas lempeng tektonik. Apabila terjadi gerakan pada lempeng tersebut, maka akan terjadi getaran yang menimbulkan gempa di wilayah Indonesia. Oleh karena itu, Indonesia memiliki intensitas gempa yang tinggi. Gempa bumi di Indonesia yang banyak menimbulkan korban jiwa diantaranya gempa Aceh 2004, gempa Bantul 2006, gempa Padang 2009, dan lain-

lain. Riwayat bencana gempa bumi di Indonesia banyak menimbulkan korban jiwa yang diakibatkan oleh runtuhnya bangunan atau rumah yang menimpa korban.

Indonesia telah memiliki standar perencanaan ketahanan gempa pada bangunan gedung yaitu SNI 03-1726-2002. Dengan adanya SNI tersebut, diharapkan perencanaan bangunan di Indonesia mengacu pada aturan tersebut sehingga apabila terjadi gempa, maka bangunan tidak menimbulkan banyak korban lagi.

Gempa merupakan beban lateral yang diperhitungkan dalam perencanaan bangunan agar bangunan tetap aman apabila terjadi beban tersebut. Kekuatan gedung untuk menanggulangi beban gempa tergantung pada kekakuan dan koefisien redaman gedung, dengan pertimbangan sifat-sifat plastis

gedung. Kekuatan elastis gedung harus semakin besar seiring dengan semakin pentingnya fungsi gedung.

Paulay dan Priestley (1992) memperkenalkan tiga sistem struktur yang dapat digunakan untuk meningkatkan daya tahan gedung bertingkat terhadap gempa dengan parameter utama waktu getar alami struktur, yaitu sistem struktur rangka, sistem dinding struktural (dinding geser), dan sistem ganda yang merupakan gabungan struktur rangka dan dinding struktural (dinding geser). Perbedaan di antara ketiga macam sistem struktur tersebut berkaitan dengan kemampuan dalam menahan gaya lateral. Sistem gabungan berupa rangka dan dinding struktural dapat menahan gaya lateral yang lebih besar dibandingkan dengan kedua sistem lainnya.

Berdasarkan *Uniform Building Code 1997 Chapter 16*, kekakuan struktur dapat direpresentasikan dengan nilai waktu getar alami atau periode struktur. Waktu getar alami merupakan fungsi kekakuan dan massa sehingga dapat memberikan gambaran mengenai fleksibilitas struktur. Semakin kaku suatu struktur maka waktu getar alami fundamental akan semakin kecil.

Pada penelitian ini dilakukan analisis waktu getar alami fundamental pada gedung 18 lantai yang ada di Yogyakarta, yaitu Apartemen dan Kondotel Mataram City dan dilakukan juga modifikasi struktur bangunan dengan penambahan dinding geser (*shear wall*) pada gedung tersebut.

## METODE PENELITIAN

### *Pengumpulan Data*

Data yang diperlukan dalam analisis meliputi fungsi bangunan utama, rencana struktural bangunan, jenis tanah, wilayah gempa, serta data bahan material bangunan. Data rencana arsitektural tidak bisa didapatkan karena tidak diizinkan oleh pihak Mataram City.

### *Studi Literatur*

Studi awal yang dilakukan yaitu mencari dan mengumpulkan referensi yang menjadi acuan dalam penelitian.

## *Perhitungan Pembebanan*

Pembebanan pada struktur diperhitungkan sesuai dengan peraturan SNI 03-1727-1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Beban yang diperhitungkan diantaranya beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Hasil perhitungan beban ini kemudian dimasukkan sebagai input beban dalam program SAP2000.

### *1. Beban mati*

Beban elemen struktur dihitung secara otomatis dengan program SAP2000 berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang digunakan, dan juga dihitung beban mati tambahan (SDL). Perhitungan beban mati (kg) merupakan perkalian antara berat satuan elemen material ( $\text{kg/m}^3$ ) dengan volume struktur ( $\text{m}^3$ ).

### *2. Beban hidup*

Beban hidup pada lantai gedung diambil dari Tabel 2 SNI 03-1727-1989, kemudian disesuaikan menurut fungsi ruang.

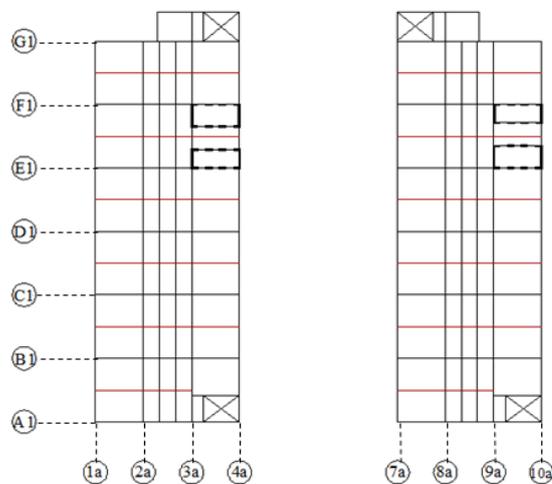
### *3. Beban gempa*

- a. Faktor keutamaan struktur I  
Menurut struktur SNI 03-1726-2002 faktor keutamaan I untuk gedung umum untuk perumahan, perniagaan, dan perkantoran, termasuk apartemen diambil 1,0. Mataram City termasuk kategori gedung umum dengan fungsi hunian, sehingga faktor keutamaan bernilai 1.
- b. Faktor Reduksi R  
Menurut SNI 03-1726-2002, untuk sistem rangka gedung atau sistem yang memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap dan sistem pemikul beban gempa berupa dinding geser beton bertulang berangkai daktail nilai faktor reduksi R diambil 8,5. Mataram City memiliki sistem rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap dan pemikul beban gempa berupa dinding geser beton bertulang maka nilai faktor reduksi diambil 8,5.
- c. Respons Gempa Rencana  
Spektrum rencana yang digunakan adalah spektrum rencana yang diberikan dalam SNI 03-1726-2002 dengan kondisi struktur di atas tanah keras yang berada pada wilayah gempa 3

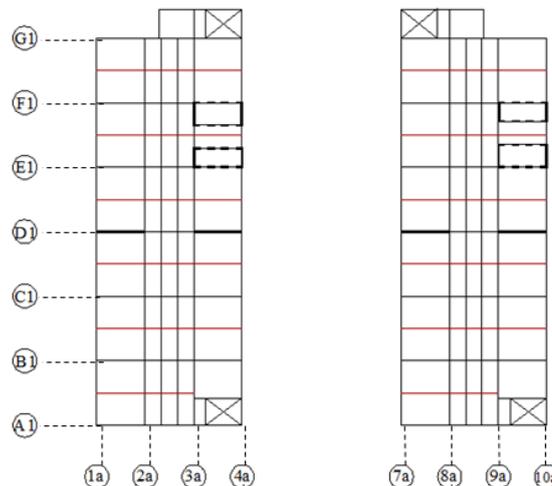
### Pemodelan Struktur

Pada tahap ini dilakukan pemodelan struktur *eksisting* maupun modifikasi dengan dinding geser, menggunakan perangkat lunak SAP2000. Struktur yang dimodelkan terdapat 4 macam yaitu struktur I, II, III, dan IV sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 1, 2, 3, dan 4. Struktur I merupakan struktur bangunan Apartemen dan Kondotel Mataram City *eksisting*. Struktur II adalah struktur

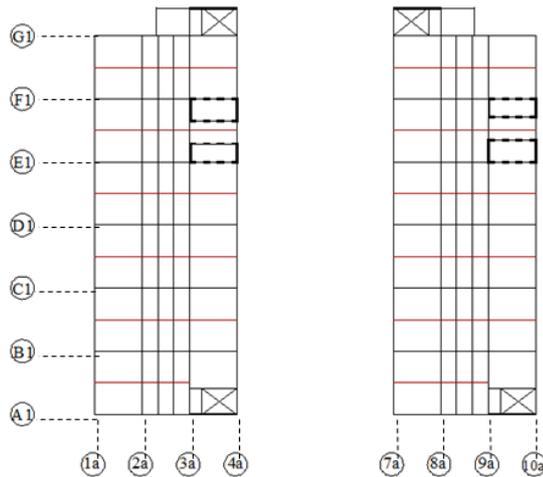
dengan penambahan dinding geser sebanyak 2 buah dengan panjang bentang 5980 mm diletakkan pada tengah denah bangunan searah sumbu x. Struktur III merupakan struktur dengan dinding geser 2 buah dengan panjang bentang 5980 mm dan diletakkan pada tepi bangunan dengan orientasi searah sumbu x. Struktur IV merupakan struktur dengan dinding geser gabungan antara struktur II dan III.



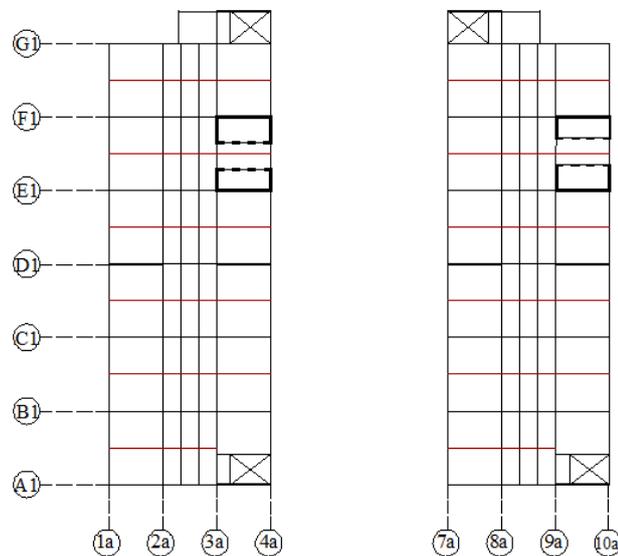
GAMBAR 1. Tampak atas denah lantai 2-18 pada Struktur I



GAMBAR 2. Tampak atas denah lantai 2-18 pada Struktur II



GAMBAR 3. Tampak atas denah lantai 2-18 pada Struktur III



GAMBAR 4. Tampak atas denah lantai 2-18 pada Struktur IV

Model struktur II merupakan struktur dengan perletakan dinding geser modifikasi pada tengah bangunan. Pemilihan letak dinding geser pada tengah bangunan ini didasarkan pada syarat perletakan dinding geser pada suatu bangunan sebaiknya diletakkan secara simetris sesuai dengan denah bangunan. Pada model ini digunakan 2 buah dinding geser pada setiap *tower* dengan tebal 350 mm dan panjang 5.890 mm.

Pada model struktur III digunakan dinding geser dengan perletakan yang berbeda dengan model struktur II. Jumlah dan dimensi dinding geser pada model ini sama seperti model struktur II. Dinding geser diletakkan pada tepi bangunan di area tangga darurat. Tujuan perletakan ini adalah memperkokoh daerah yang digunakan untuk akses darurat, sehingga

dinding geser dapat memberikan manfaat tidak hanya secara struktural namun juga fungsional.

Struktur IV merupakan struktur dengan modifikasi dinding geser sejumlah 6 buah pada masing-masing *tower*. Pada bagian tengah bangunan diberikan dinding geser seperti pada model struktur II dan di tepi bangunan diberikan dinding geser dengan letak seperti model struktur III. Hal ini dilakukan karena dinding geser pada bangunan ini diletakkan secara simetris dan dapat digunakan dalam memperkokoh area akses darurat.

#### *Perhitungan Waktu Getar Alami*

Waktu getar alami fundamental ( $T_1$ ) dihitung dengan dua macam persamaan yaitu dengan SNI 03-1726-2002 Pasal 5.6 dan *Uniform Building Code (UBC) 1997 Chapter 16*. Dari

hasil perhitungan tersebut, waktu getar alami fundamental struktur maksimum adalah nilai terkecil dari hasil persamaan tersebut.

Pasal 5.6 SNI 03-1726-2002 menyatakan bahwa untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental ( $T_1$ ) dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien  $\zeta$  untuk Wilayah Gempa dan jenis struktur bangunan menurut Persamaan 1

$$T_1 < \zeta \cdot n \quad (1)$$

dengan nilai  $\zeta$  yang ditetapkan pada Tabel 8 SNI 03-1726-2002 untuk wilayah gempa 3;  $\zeta = 0,18$  dan  $n$  merupakan jumlah lantai;  $n = 18$ .

Menurut *Uniform Building Code (UBC) 1997 Chapter 16*, waktu getar alami fundamental dihitung dengan cara berikut ini:

$$T = C_t (h_n)^{\frac{3}{4}} \quad (2)$$

dengan  $C_t$  adalah koefisien untuk struktur beton bertulang dalam satuan SI dan  $h_n$  adalah tinggi total gedung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Hasil Perhitungan Waktu Getar Alami Struktur Eksisting (Struktur I) berdasarkan SNI 03-1726-2002*

Berdasarkan persamaan yang digunakan, SNI 03-1726-2002 hanya menggunakan koefisien koefisien  $\zeta$  untuk Wilayah Gempa tertentu selanjutnya dikalikan dengan jumlah lantainya. Persamaan  $T_1 < \zeta \cdot n$  dengan nilai  $\zeta$  yang ditetapkan pada Tabel 8 SNI 03-1726-2002 untuk wilayah gempa 3;  $\zeta = 0,18$  dan  $n$

merupakan jumlah lantai;  $n = 18$ , maka didapat nilai  $T_1$  maksimum sebesar  $T_1 < 0,18 \times 18 = 3,24$  detik.

### *Hasil Perhitungan Waktu Getar Alami Struktur Eksisting (Struktur I) berdasarkan Uniform Building Code (UBC) 1997*

Menurut *Uniform Building Code (UBC) 1997 Chapter 16*, waktu getar alami fundamental dihitung dengan cara berikut ini:

$$\begin{aligned} T &= C_t (h_n)^{\frac{3}{4}} \\ &= 0.0731 \cdot (65.4)^{\frac{3}{4}} \\ &= 1,68 \text{ detik} \end{aligned}$$

### *Waktu Getar Alami Struktur dengan Pemodelan Struktur pada SAP2000*

Waktu getar alami pada model Struktur I, II, III, dan IV yang telah dimodelkan dengan program SAP2000 ditampilkan pada Tabel 1.

Struktur I merupakan struktur bangunan *eksisting* yang memiliki waktu getar alami 1,83 detik. Apabila dibandingkan dengan persyaratan waktu getar alami maksimal pada gedung ini 1,68 detik, maka gedung *eksisting* ini tidak memenuhi syarat. Kemudian dilakukan modifikasi pada komponen struktur yaitu ditambahkan sepasang dinding geser yang letaknya ditunjukkan pada Gambar 2, dengan panjang masing-masing dinding geser tersebut adalah 5980 mm, yang kemudian disebut sebagai model Struktur II. Model Struktur II ini memiliki waktu getar alami 1,80 detik, walaupun belum memenuhi syarat, tetapi telah terjadi penurunan waktu getar 1,53 % jika dibandingkan dengan struktur *eksisting*.

TABEL 1. Hasil waktu getar alami struktur hasil pemodelan pada SAP2000

Type	Dinding geser	$T_1$ (detik)	Penurunan $T_1$ (%)
Struktur I	-	1.83	-
Struktur II	2;5980	1.80	1.53
Struktur III	2;5980	1.73	5.08
Struktur IV	6;5980	1.66	9.29

Modifikasi yang kedua dan ketiga dengan menambahkan elemen dinding geser untuk mendapatkan sistem struktur bangunan yang memenuhi syarat waktu getar maksimum yang terjadi. Struktur III merupakan struktur modifikasi dengan 2 elemen dinding geser namun letaknya berbeda dengan Struktur II. Pada model ini, waktu getar yang terjadi sebesar 1,73 detik, dengan penurunan 5,08 % dibandingkan struktur *eksisting*. Struktur IV merupakan modifikasi sistem struktur dengan menambahkan 4 buah dinding geser yang letaknya dipasang seperti pada Gambar 4 dan setelah dimodelkan pada SAP 2000 didapatkan waktu getar alami sebesar 1,66 detik yang lebih rendah 9,29% dibanding struktur aslinya. Struktur IV ini merupakan struktur yang memiliki kekakuan yang cukup dengan indikasi waktu getar alami yang terjadi memenuhi syarat yaitu kurang dari waktu getar alami maksimum yang diizinkan, yaitu 1,68 detik.

Struktur IV merupakan struktur yang memenuhi waktu getar alami struktur, namun, desain struktur bangunan dengan konfigurasi dinding geser pada model tersebut memiliki beberapa implikasi antara lain, semakin bertambah volume beton yang digunakan dalam pembangunan struktur tersebut, sehingga harga bangunan menjadi semakin mahal. Dari sisi arsitektural, dengan adanya penambahan dinding geser yang dibangun menerus dari lantai dasar hingga lantai paling atas maka akan mengurangi keindahan yang perlu dipertimbangkan dalam aspek arsitektural.

#### *Displacement Struktur*

Pada struktur bangunan ini terdapat perbedaan kekakuan antara struktur arah sumbu-x dan sumbu-y. Sumbu-x merupakan sumbu lemah dan sumbu-y merupakan sumbu kuat struktur. Penambahan struktur dinding geser dimaksudkan agar menambah kekakuan struktur arah sumbu-y sehingga penempatan dinding geser sedemikian rupa sehingga arah sumbu lemah dinding geser searah dengan sumbu kuat struktur secara keseluruhan.

Waktu getar alami struktur merupakan fungsi dari kekakuan, massa, dan karakteristik redaman. Semakin besar waktu getar alami struktur maka semakin besar pula nilai *displacement* arah lateralnya. Sehingga *displacement* berbanding lurus dengan waktu getar alami struktur. Struktur I memiliki kekakuan paling rendah dibanding struktur II dan struktur III. Hal ini dapat diketahui dari

besaran waktu getar alami dan dapat diketahui pula bahwa struktur I juga memiliki nilai *displacement* yang paling besar karena waktu getar alami paling besar sehingga kekakuan struktur menjadi rendah. Keberadaan struktur dinding geser pada struktur bangunan gedung ini dapat meningkatkan kekakuan dan dapat menurunkan waktu getar alami. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan terhadap struktur II dan III dengan perbedaan terkait letak dinding geser yang digunakan pada struktur. Dinding geser yang digunakan pada model struktur II diletakkan pada tengah struktur sejumlah 2 buah dinding geser dengan panjang 5980 mm. Pada struktur III, dinding geser diletakkan pada tepi struktur yaitu tepi struktur dalam arah sumbu y. Struktur III juga memiliki 2 buah dinding geser dengan ukuran panjang 5980 mm, sehingga struktur II dan III memiliki jumlah dan ukuran dinding geser yang sama namun perletakannya berbeda. Struktur dinding geser yang diletakkan di tepi memiliki kekakuan yang lebih tinggi karena distribusi beban yang terjadi dapat dialirkan lebih merata.

Pada analisis dan pemodelan struktur ini juga dapat diketahui tentang *displacement* yang terjadi searah sumbu x dan sumbu y, didapatkan bahwa dalam struktur II keberadaan dinding geser dapat mengurangi *displacement* rata-rata 11,35 % dari *displacement* struktur *eksisting* dalam tinjauan arah sumbu x, struktur III terjadi pengurangan *displacement* sebesar 20,73 % dan struktur III dapat, mereduksi simpangan sebesar 33,64%. Dalam tinjauan *displacement* yang terjadi pada arah y, Struktur II dapat mereduksi *displacement* sebesar 35,27 %, struktur III dapat mereduksi 39,31 % dan struktur IV dapat mereduksi 31,72%.

Dari nilai persentase kedua struktur tersebut ternyata dapat diketahui bahwa konfigurasi atau perletakan dinding geser dapat mempengaruhi reduksi *displacement* pada struktur walaupun dimensi dinding gesernya sama.

#### KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Waktu getar alami fundamental struktur gedung Apartemen dan Kondotel Mataram City adalah 1,83 detik, melebihi dari syarat *Uniform Building Code 1997* yaitu 1,668 detik, sehingga gedung ini termasuk gedung

fleksibel dan diperlukan elemen struktur penambah kekakuan.

2. Dinding geser dalam struktur dapat meningkatkan kekakuan yang ditandai dengan penurunan waktu getar alami. Pada model struktur II dengan dinding geser di tengah bangunan terjadi penurunan waktu getar alami sebesar 1,53 %, 5,08% pada struktur III, dan 9,29% pada struktur IV.
3. Struktur modifikasi terbaik yang dipilih adalah struktur IV dengan waktu getar alami 1,66 detik karena memenuhi persyaratan *Uniform Building Code 1997*.
4. *Displacement* yang terjadi pada struktur dapat tereduksi oleh adanya struktur dinding geser. Penurunan nilai *displacement* terjadi pada arah sumbu x dan sumbu y yang besarnya adalah 11,35 % pada struktur II arah x, 20,73 % pada struktur III arah x, 33,64 % pada struktur IV arah x, 35,27 % pada struktur II arah y, 39,31 % pada struktur III arah y, dan 31,72 % pada struktur IV arah y.
5. Persamaan waktu getar alami dari *Uniform Building Code 1997* memiliki keunggulan dibandingkan persamaan dari SNI 03-1726-2002 karena parameter yang menentukan adalah tinggi total struktur, sedangkan dalam SNI 03-1726-2002 hanya menggunakan jumlah lantai sebagai parameter.

*Gedung.* SNI 03-1726-2002.  
Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

---

PENULIS:

Pinta Astuti

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta.

Email: pinta.astuti@ft.umy.ac.id

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. Suprpto Siswosukarto, Ph.D. dan pengelola Apartemen dan Kondotel Mataram City yang telah mendukung penulis dalam melakukan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- (1997). *Uniform Building Code*. International Council Code, Inc.: U.S.A.
- Paulay, T. & Priestley, M.J.N., (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*. John Wiley and Sons, Inc.: New York.
- SNI, (2002). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan*