

Studi Perbandingan Dinding Geser dan *Bracing* Tunggal Konsentris sebagai Pengaku pada Gedung Bertingkat Tinggi

(Comparative Study on effectivity of Shear Wall and Concentrically Single Bracing as Stiffener of High Rise Building)

PINTA ASTUTI

ABSTRACT

All of high-rise buildings should have sufficient stiffness the structure will existed when earthquake occurred. The addition of shear wall structure and concentrically single bracing are alternative way to increase stiffness of the structure. This research is comparing the natural period of the structure with variation of stiffener structure between shear wall structure and concentrically single bracing by taking a case study at Mataram City Apartments and Condominium, Yogyakarta. The building consists of two towers and every tower consist of 18 stories. Analytical calculations in this research based on technical data field, quality of materials, and the results of structural analysis with numerical program. The calculation based on SNI 03-1726-2002, SNI 03-1726-2012, 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 and concentrically single bracing to the natural period structure. Based on the calculation, the structure has adequate capacity to support the load with the natural period of 1.83 seconds. Maximum allowable vibration time by SNI 03-1726-2002 is 3.24 seconds, SNI 03-1726-2012 is 2,59 seconds, while the Uniform Building Code (UBC) is 1.68 seconds. So, the natural period requirement for this structure is 1.68 seconds. From all models, only the last model which have sufficient stiffness with natural period that 1.66 seconds for shear wall and 1.67 for concentrically single bracing stiffener.

Keywords: shear wall, concentrically single bracing, period, frequency, high rise building

PENDAHULUAN

Kekakuan struktur merupakan syarat perencanaan gedung bertingkat tinggi. Hal ini disebabkan karena kekakuan merupakan parameter kemampuan layan gedung terhadap pengguna. Apabila kekakuan struktur gedung tinggi atau memenuhi standar maka dapat memberikan rasa aman kepada pengguna. Pada gedung bertingkat tinggi pada umumnya memiliki masalah terkait kurangnya kekakuan.

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah yang berada di sekitar lempeng tektonik yang aktif. Tingginya frekuensi aktivitas lempeng tersebut mengakibatkan beberapa gempa besar terjadi di Indonesia dan telah mengakibatkan korban jiwa yang diakibatkan oleh kerusakan struktur bangunan.

Badan Standarisasi Nasional telah mengeluarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1726-2012 tentang perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung. Pada saat terjadi peristiwa gempa bumi tersebut, bangunan gedung mengalami gaya lateral pada dasar bangunan, sehingga keseluruhan sistem bangunan harus memberikan respon untuk melawan gaya lateral tersebut. Kekuatan suatu gedung bergantung pada kekakuan dan kemampuan redaman gedung.

Paulay dan Priestley (1992) telah meneliti tentang sistem struktur yang dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan gedung bertingkat terhadap gempa dengan parameter utama waktu getar alami struktur, yaitu sistem struktur rangka, sistem dinding geser, dan sistem gabungan struktur rangka dan dinding

geser. 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 tentang fleksibilitas struktur. Semakin kaku suatu struktur, maka waktu getar alami fundamental akan semakin kecil.

Astuti dan Siswosukarto (2014) dan Astuti (2015) melakukan penelitian tentang perilaku dinding geser pada gedung bertingkat tinggi dan mendapatkan kondisi dimana gedung bertingkat tinggi tersebut memiliki waktu getar alami fundamental yang tidak memenuhi syarat pada standar, kemudian dilakukan modifikasi dan penambahan dinding geser pada lokasi tertentu sehingga didapatkan konfigurasi dinding geser yang dapat mengakibatkan struktur bangunan gedung tersebut memiliki waktu getar alami fundamental yang sesuai dengan persyaratan.

Bracing merupakan salah satu elemen sistem pengaku selain dinding geser. Pada penelitian ini dilakukan analisis perbandingan penggunaan sistem pengaku dinding geser dan *bracing* tunggal konsentris pada gedung bertingkat tinggi.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Studi kasus dilakukan pada gedung Apartemen dan Kondotel Mataram City, Yogyakarta. Bangunan tersebut terdiri dari 2 tower dan setiap tower terdiri dari 18 lantai. Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data struktural bangunan, fungsi bangunan, pembebanan, dan spektrum respon.

Studi Literatur

Studi awal yang dilakukan yaitu mencari dan mengumpulkan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi di dalam penelitian ini.

Perhitungan Pembebanan

Pembebanan pada struktur gedung ini diperhitungkan sesuai dengan peraturan SNI 03-1727-1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Beban yang diperhitungkan diantaranya adalah beban mati dan beban hidup, sedangkan untuk pembebanan gempa diperhitungkan berdasarkan SNI 03-1726-2012. Hasil perhitungan beban ini kemudian dijadikan input pembebanan dalam program SAP2000.

1. *Beban mati*

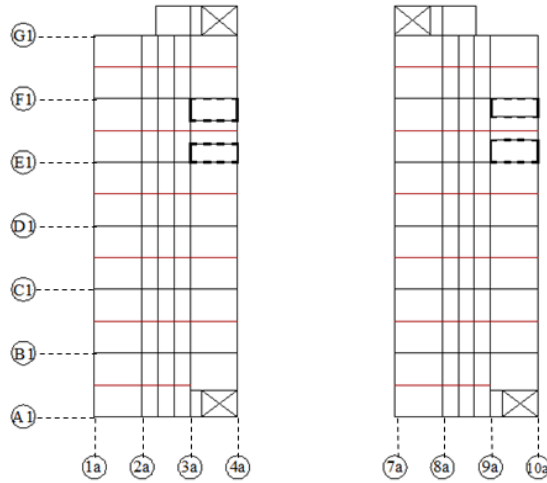
Beban elemen struktur dihitung berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang digunakan. Beban mati didefinisikan dengan perkalian antara volume elemen struktur (m^3) dengan berat volume (kg/m^3).

2. *Beban hidup*

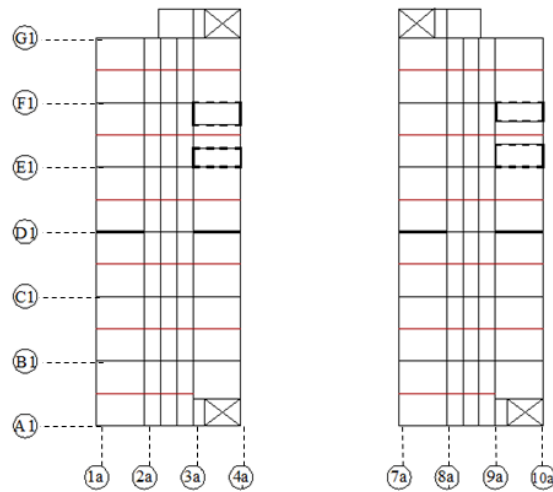
Beban hidup pada lantai gedung diambil dari Tabel 2 SNI 03-1727-1989, kemudian disesuaikan menurut penggunaan ruangan, yaitu sebagai lantai dan tangga untuk rumah tinggal atau hunian sebesar $200 kg/m^2$.

3. *Beban gempa*

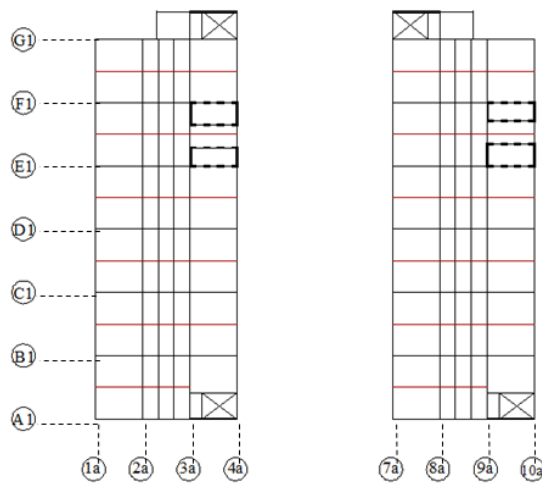
- a. Faktor keutamaan struktur I
Di dalam Tabel 1 SNI 03-1726-2012, gedung apartemen dikategorikan memiliki risiko tingkat II dengan faktor keutamaan struktur bernilai 1,0.
- b. Faktor reduksi R
Menurut SNI 03-1726-2012, untuk sistem rangka gedung atau sistem yang memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap dan sistem pemikul beban gempa berupa dinding geser beton bertulang berangkai daktail nilai faktor reduksi R diambil 8,5.
- c. Respons gempa rencana
Spektrum rencana yang digunakan adalah spektrum rencana yang diberikan dalam SNI 03-1726-2012 dengan kondisi struktur di atas tanah keras yang berada di Yogyakarta. Spektrum didapatkan dari situs puskim.pu.go.id dengan memilih wilayah Yogyakarta dan kondisi tanah keras.



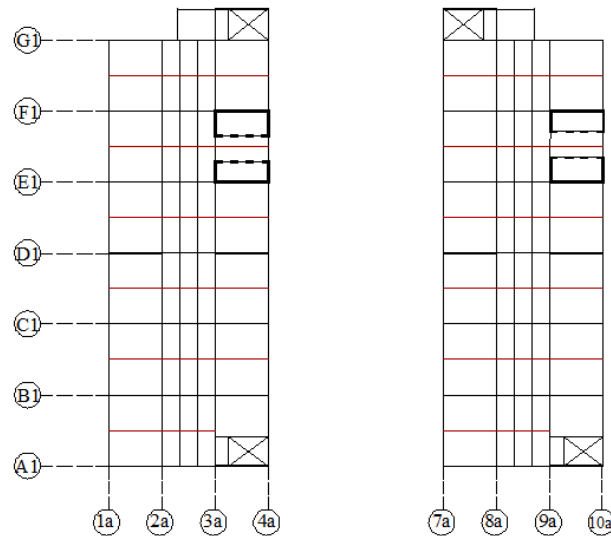
GAMBAR 1. Tampak atas denah lantai 2-18 pada struktur eksisting (Astuti, 2016)



GAMBAR 2. Tampak atas denah lantai 2-18 pada Struktur II (Astuti, 2016)



GAMBAR 3. Tampak atas denah lantai 2-18 pada Struktur III (Astuti, 2016)



GAMBAR 4. Tampak atas denah lantai 2-18 pada Struktur IV (Astuti, 2016)

Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan pada struktur *eksisting* maupun modifikasi dengan dinding geser dan batang diagonal/*bracing* tunggal konsentris (*concentrically single bracing*) dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Struktur yang dimodelkan ada 4 macam, yaitu struktur I, II, III, dan IV sebagaimana mengacu pada penelitian Astuti (2016) yang diilustrasikan dalam Gambar 1, 2, 3, dan 4. Setiap model struktur diperkuat dengan dua macam variasi pada bagian yang memiliki garis cetak tebal pada gambar. Variasi perkuatan pertama berupa dinding geser sebagaimana penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini digunakan variasi perkuatan kedua berupa *bracing* tunggal konsentris pada lokasi yang sama.

Struktur I merupakan struktur bangunan kondisi *eksisting*.

Struktur II adalah struktur dengan penambahan *bracing* tunggal konsentris yang diletakkan di tengah denah bangunan searah sumbu x. Pemilihan letak *bracing* pada tengah bangunan ini didasarkan pada syarat perletakan *bracing* pada suatu bangunan sebaiknya diletakkan secara simetris sesuai dengan denah bangunan. Pada model ini digunakan 2 buah *bracing* pada setiap *tower* dengan panjang diagonal 7195 mm dan panjang bentang datar 5.890 mm.

Struktur III merupakan struktur dengan 2 buah *bracing* konsentris yang diletakkan pada tepi bangunan di area tangga darurat dengan orientasi searah sumbu x. Tujuan perletakan ini adalah memperkokoh daerah yang digunakan untuk akses darurat, sehingga *bracing* dapat memberikan manfaat tidak hanya secara struktural namun juga fungsional. Jumlah dan dimensi *bracing* tunggal konsentris pada model ini sama seperti model struktur II.

Struktur IV merupakan model struktur gabungan antara struktur II dan III, masing-masing menggunakan 2 buah *bracing* tunggal konsentris dengan letak sesuai pada Gambar 3 dan 4. Pada bagian tengah bangunan diberikan *bracing* seperti pada model struktur II dan di tepi bangunan diberikan *bracing* dengan letak seperti pada model struktur III. Hal ini dilakukan karena *bracing* pada bangunan ini diletakkan secara simetris dan dapat digunakan dalam memperkokoh area akses darurat yang pada dasarnya memerlukan struktur yang lebih kaku. *Bracing* tunggal konsentris terdiri dari profil baja IWF 150x75x5x7.

Perhitungan Waktu Getar Alami

Waktu getar alami fundamental (T_1) dihitung berdasarkan tiga standar, yaitu dengan SNI 03-1726-2002 Pasal 5.6, SNI 03-1726-2012 dan *Uniform Building Code (UBC) 1997 Chapter 16*. Waktu getar alami fundamental struktur maksimum adalah nilai terkecil dari hasil

perhitungan menggunakan tiga standar 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 ζ untuk wilayah gempa dan jenis struktur bangunan menurut Persamaan 1.

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

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

Menurut SNI 03-1726-2012, waktu getar alami fundamental merupakan waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran penuh dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya. Dalam hal ini, disebut alami karena merupakan karakteristik alami dari setiap struktur bergantung pada massa dan kekakuan yang bergetar secara bebas tanpa ada gangguan gaya dari luar. SNI 03-1726-2012 ini menyebutkan bahwa waktu getar alami fundamental (T) dalam perancangan digunakan T pendekatan (T_a) yang besarnya dipengaruhi oleh tipe dan ketinggian struktur (Astuti dan Faizah, 2016).

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

Waktu Getar Alami Struktur Eksisting (Struktur I)

Hasil perhitungan waktu getar alami fundamental struktur eksisting (struktur I) berdasarkan tiga standar adalah sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan SNI 03-1726-2002 (Astuti, 2016).
SNI 03-1726-2002 hanya menggunakan koefisien ζ untuk wilayah gempa tertentu, selanjutnya dikalikan dengan jumlah

lantainya. Persamaan $T_1 < \zeta \cdot n$ dengan nilai ζ 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.

2. Berdasarkan SNI 03-1726-2012.
Untuk bangunan struktur beton pemikul momen dengan ketinggian 65,4 m seperti Apartemen dan Kondotel Mataram City Yogyakarta ini, memiliki waktu getar alami pendekatan (T_a) sebesar 2,59 detik.
3. Berdasarkan *Uniform Building Code (UBC) 1997 Chapter 16* (Astuti, 2016).
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 fundamental struktur maksimum adalah nilai terkecil dari hasil perhitungan menggunakan tiga standar tersebut, yaitu sebesar 1,68 detik.

Waktu Getar Alami Struktur dengan Pemodelan Struktur pada SAP2000

Nilai waktu getar alami pada 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. Tipe struktur ini tidak menggunakan sistem pengaku dinding geser maupun bracing tunggal. Apabila dibandingkan dengan persyaratan waktu getar alami maksimal pada gedung ini sebesar 1,68 detik, maka gedung ini termasuk gedung fleksibel dan diperlukan adanya sistem pengaku untuk mengurangi waktu getar alami hingga memenuhi syarat.

Modifikasi yang dilakukan pada komponen struktur adalah dengan menambahkan sepasang dinding geser yang letaknya ditunjukkan pada Gambar 2, dengan panjang masing-masing dinding geser tersebut adalah 5980 mm (Astuti, 2016), yang kemudian disebut sebagai model struktur II. Model struktur II ini memiliki waktu getar alami 1,80 detik. Meskipun belum memenuhi syarat, tetapi telah terjadi penurunan waktu getar 1,53 % jika dibandingkan dengan struktur *eksisting*.

TABEL 1. Perbandingan waktu getar alami struktur hasil pemodelan pada SAP2000 dengan menggunakan elemen pengaku dinding geser (Astuti, 2016) dan *bracing* tunggal konsentris

Tipe	Waktu getar (detik)	
	Dinding geser	<i>Bracing</i> tunggal konsentris
Struktur I	1,83	1,83
Struktur II	1,80	1,82
Struktur III	1,73	1,77
Struktur IV	1,66	1,67

Apabila dinding geser pada model ini diganti menggunakan profil IWF sebagai *bracing* tunggal, maka waktu getar alami akan bertambah menjadi 1,82 detik. Struktur yang menggunakan *bracing* tunggal konsentris memiliki waktu getar alami fundamental yang lebih besar daripada dinding geser, karena *bracing* tunggal konsentris memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi daripada dinding geser apabila diletakkan pada lokasi yang sama.

Dari hasil simulasi pemodelan struktur, hanya struktur IV yang memenuhi persyaratan waktu getar alami berdasarkan ketiga standar, yaitu 1,66 detik untuk struktur dengan dinding geser, dan 1,67 detik untuk struktur dengan *bracing* tunggal konsentris.

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 waktu getar maksimum hasil perhitungan berdasarkan SNI 03-1726-2002, SNI 03-1726-2012, dan *Uniform Building Code 1997* yaitu 1,68 detik, sehingga diperlukan sistem pengaku.
2. Waktu getar alami struktur yang menggunakan elemen pengaku *bracing* tunggal konsentris memiliki waktu getar alami fundamental yang lebih besar daripada dinding geser.
3. Struktur modifikasi yang memenuhi persyaratan waktu getar alami adalah struktur IV dengan waktu getar alami 1,66 detik untuk pengaku dinding geser dan 1,67

detik untuk pengaku dengan sistem *bracing* tunggal konsentris.

4. Persamaan waktu getar alami dari *Uniform Building Code 1997* memiliki keunggulan dibandingkan persamaan dari SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012, karena parameter yang menentukan adalah tinggi total struktur, sedangkan dalam SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 hanya menggunakan jumlah lantai sebagai parameter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pengelola Apartemen dan Kondotel Mataram City yang telah mendukung penulis dalam pengumpulan data selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- (1997). *Uniform Building Code*. International Council Code, Inc.: U.S.A.
- Astuti, P. & Siswosukarto, S. (2014). *Perilaku Struktur Gedung 18 Lantai dengan Dinding Geser sebagai Penahan Gaya Gempa (Studi Kasus Apartemen dan Kondotel Mataram City Yogyakarta)*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Astuti, P. (2015). *Pengaruh Penambahan Dinding Geser (Shear Wall) pada Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung*. Jurnal Semesta Teknik, Vol. 18, No.2, pp. 140-146.
- Astuti, P. & Faizah, R. (2016). *Model Struktur Portal Pelana untuk Rumah Tinggal Satu Lantai sebagai Mitigasi Bangunan*

di Daerah Rawan Gempa. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Riset Kebencanaan Ke-3, Institut Teknologi Bandung, 23-24 Mei 2016.

Paulay, T. & Priestley, M.J.N., (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*. John Wiley and Sons, Inc.: New York.

SNI, (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-1726-2012. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

PENULIS:

Pinta Astuti

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

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