

# STUDI KOMPARASI SIMPANGAN BANGUNAN BAJA BERTINGKAT BANYAK YANG MENGGUNAKAN BRACING-X DAN BRACING-K AKIBAT BEBAN GEMPA

Lucy P. S. Jansen

Servie O. Dapas, Ronny Pandelege

Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [lucyjansen75@gmail.com](mailto:lucyjansen75@gmail.com)

## ABSTRAK

Penerapan sistem rangka bracing pada bangunan tingkat tinggi dapat meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi, terutama untuk menahan gaya-gaya lateral beban gempa yang terjadi. Simpangan horisontal yang terjadi serta perbandingannya dengan menggunakan bracing X dan bracing K telah ditunjukkan didalam penelitian ini.

Pemodelan dilakukan berdasarkan data analisis pembebanan gempa statik ekuivalen serta pembebanan gempa dinamik menggunakan respon spektrum UBC 1997. Presentase perbandingan rata-rata simpangan horisontal antara struktur dengan pemakaian bracing X dan struktur dengan pemakaian bracing K memperlihatkan simpangan sebesar 4,3853 % akibat beban gempa statik dan 3,0410 % akibat beban gempa dinamik. Simpangan yang dihasilkan oleh struktur dengan pemakaian bracing K lebih kecil dibandingkan dengan simpangan yang dihasilkan oleh struktur dengan pemakaian bracing X.

Kata kunci: simpangan, struktur baja, bracing, beban gempa

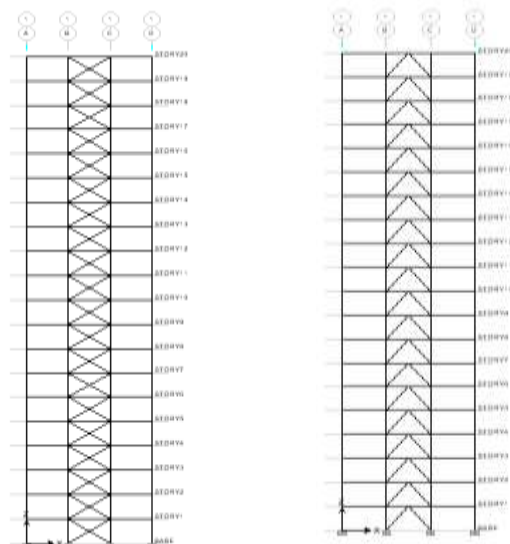
## PENDAHULUAN

Penerapan teknologi dalam bidang konstruksi teknik sipil mengalami perkembangan yang pesat, membuat para perencana struktur dituntut untuk lebih produktif, kreatif, dan inovatif terutama dalam hal perancangan struktur. Perancangan struktur baja dapat menghasilkan struktur yang stabil, cukup kuat, mampu layan, awet, bahkan kemudahan dalam pelaksanaan. Di Indonesia pembangunan gedung bertingkat, memerlukan juga perancangan struktur baja, dimana Indonesia merupakan juga salah satu negara dengan aktivitas gempa yang tinggi. Pada saat gempa terjadi, gedung akan mengalami simpangan horisontal (drift) dan apabila simpangan horisontal ini melebihi syarat aman yang telah ditetapkan oleh peraturan yang ada maka gedung rentan terhadap keruntuhan. Untuk mengatasi hal tersebut beberapa elemen dari sebuah struktur harus didesain sedemikian rupa agar mampu menahan gaya-gaya lateral (beban gempa) yang terjadi. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan diantaranya adalah penerapan sistem rangka bracing pada bangunan bertingkat tinggi.

### Rumusan Masalah

Masalah yang dapat muncul pada penerapan rangka bracing yaitu berapa besar perbedaan

simpangan yang dihasilkan oleh pemakaian bracing X dan bracing K akibat beban gempa. Bangunan yang ditinjau merupakan bangunan seperti pada Gambar 1.a merupakan denah bangunan struktur baja dengan bracing X dan Gambar 1.b merupakan denah bangunan struktur baja dengan bracing K.



### Pembatasan Masalah

Permasalahan ini dibatasi pada:

(a) (b)

Gambar. 1 a). Tipe Bracing X b).Tipe Bracing K

1. Bangunan yang dianalisis adalah bangunan baja 20 lantai
2. Bracing jenis one story X cross bracing dan K bracing.
3. Tinggi bangunan total adalah 80m dengan tinggi tiap lantai adalah 4m.
4. Analisis gempa yang digunakan adalah analisa gempa dinamis sesuai dengan peraturan yang berlaku.
5. Bangunan berukuran 18 m x 18 m dengan masa waktu penggunaan 50 tahun
6. Tidak memasukkan perhitungan struktur bawah (pondasi).
7. Analisis dibatasi pada 2 model bangunan dengan dimensi yang tetap yaitu dari segi ketinggian lantai yang tetap, bentang lebar yang tetap, jumlah lantai sebanyak 20 (tidak dibandingkan dengan bangunan yang lebih tinggi atau yang lebih rendah dari 20 lantai).

### Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Menghitung simpangan horisontal yang terjadi pada gedung.
- b. Membandingkan simpangan horisontal struktur dengan penggunaan bracing X dan penggunaan bracing K.

Manfaat penelitian ini adalah:

- a. Memberikan pemahaman terhadap analisis struktur baja dalam portal 3 dimensi bertingkat tinggi dengan penambahan sistem rangka bracing.
- b. Memberikan pemahaman terhadap perhitungan pembebanan lateral (beban gempa) khususnya dalam desain struktur baja portal 3 dimensi.
- c. Memberikan pemahaman terhadap penggunaan software ETABS khususnya dalam desain struktur portal baja 3 dimensi.

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode analisis perancangan untuk mengetahui perubahan simpangan struktur pada kasus struktur baja bertingkat tinggi dalam portal 3D berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung menurut SNI 03-1726-2002.

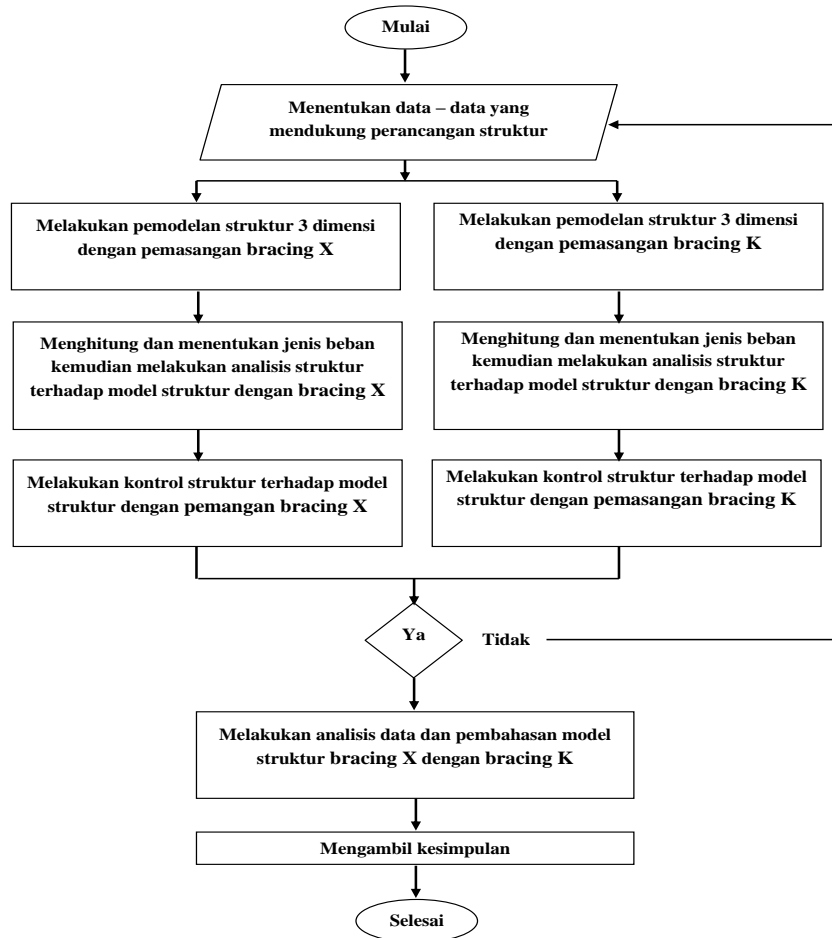
Metode penelitian yang digunakan ini dibagi dalam tiga tahap yaitu input, analisis dan output. Yang termasuk dalam tahap input antara lain penentuan geometri struktur, penentuan jenis beban dan pemodelan struktur 3 dimensi.

Sedangkan tahap analisis antara lain analisis struktur 3 dimensi dengan memasukkan analisis gempa dinamis pada ETABS untuk mengetahui respons struktur pada pemasangan bracing X dan pada pemasangan bracing K. Tahap yang terakhir yaitu tahap output yang didalamnya membahas tentang hasil analisis dinamis pada tiap lantai gedung.

Langkah-langkah analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan data-data yang mendukung perancangan struktur, seperti: denah struktur, geometri, model struktur, dan beban yang akan digunakan;
- b. Melakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan pemasangan bracing X dan menentukan dimensi profil yang akan dipakai (Pra design);
- c. Menghitung dan menentukan jenis beban dalam hal ini beban gempa saja, kemudian meletakkan beban pada model struktur dengan pemasangan bracing X.
- d. Melakukan analisis struktur terhadap model struktur dengan pemasangan bracing X dengan bantuan software ETABS untuk mengetahui hasil analisis dinamis pada tiap-tiap lantai gedung;
- e. Melakukan kontrol struktur terhadap model struktur dengan pemasangan bracing X;
- f. Melakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan bracing K;
- g. Menghitung dan menentukan jenis beban dalam hal ini beban gempa saja, kemudian meletakkan beban pada model struktur;
- h. Melakukan analisis struktur terhadap model struktur dengan pemasangan bracing K dengan bantuan software ETABS untuk mengetahui hasil analisis dinamis pada tiap-tiap lantai gedung;
- i. Melakukan kontrol struktur terhadap model struktur dengan pemasangan bracing K;
- j. Melakukan analisis data dan pembahasan model struktur dengan pemasangan bracing X serta bracing K untuk mendapatkan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian ini;
- k. Pengambilan kesimpulan. Pada tahap ini, dengan berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dibuat suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Tahapan penelitian tersebut ditampilkan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

## LANDASAN TEORI

### Stabilitas bangunan

Beban gempa yang akan ditanggung oleh struktur atau elemen struktur tidak selalu diramalkan dengan tepat sebelumnya, maka seorang perencana dituntut dalam mendesain gedung harus sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.

Pada struktur stabil apabila dikenakan beban, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang lebih kecil dibandingkan struktur yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena pada struktur yang stabil memiliki kekuatan dan kestabilan dalam menahan beban. (Schodek,1999).

Terdapat beberapa cara untuk menjamin kestabilan struktur Cara pertama dengan menambahkan elemen struktur diagonal pada struktur, sehingga struktur tidak mengalami deformasi Hal ini disebabkan karena dengan

menambahkan elemen struktur diagonal gaya-gaya yang dikenakan pada struktur akan disebarkan ke seluruh bagian termasuk ke elemen diagonal, gaya-gaya yang diterima masing-masing struktur akan berkurang sehingga simpangan yang dihasilkan lebih kecil. Cara kedua adalah dengan menggunakan dinding geser (*shearwall*). Elemennya merupakan elemen permukaan bidang kaku, yang tentunya dapat menahan deformasi akibat beban horisontal dan simpangan horisontal yang akan dihasilkan akan lebih kecil. Cara ketiga adalah dengan mengubah hubungan antara elemen struktur sedemikian rupa sehingga perubahan sudut untuk suatu kondisi pembebanan tertentu. Hal ini dengan membuat titik hubung kaku di antara elemen struktur sebagai contoh meja adalah struktur stabil karena adanya titik hubung kaku di antara setiap kaki meja dengan permukaan meja yang menjamin hubungan sudut konstan di antara elemen tersebut, sehingga struktur menjadi lebih kaku.

### Struktur Bertingkat Dengan Bracing

Pada design sistem struktural, ketidakstabilan struktural merupakan hal yang mendasar yang amat penting untuk dihindari. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan untuk gedung dengan tinggi berapapun. Untuk itu perlu suatu struktur penahan gaya lateral yang tidak saja akan mempengaruhi desain elemen-elemen vertikal struktur, tetapi juga elemen-elemen horisontalnya.

Penggunaan Bracing diagonal pada struktur bertingkat menjamin adanya kestabilan lateral, karena akan menghasilkan bidang geser kaku yang dapat memikul beban lateral. Penggunaan rangka tanpa pengaku dapat juga memberikan kestabilan lateral, tapi akan kurang efisien sebagai pemikul beban lateral dibandingkan dengan bracing.

### Respon Spektrum Gempa Rencana

Menurut SNI 03-1726-2002, untuk menentukan pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung, yaitu berupa beban geser dasar nominal statik ekuivalen pada struktur beraturan, gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik ragam pertama pada struktur gedung tidak beraturan dan gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik seluruh ragam yang berpartisipasi pada struktur gedung tidak beraturan.

Untuk masing-masing Wilayah Gempa ditetapkan Spektrum Respons Gempa Rencana C-T, C adalah Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik. Untuk  $T = 0$  nilai C tersebut menjadi sama dengan  $A_0$ , di mana  $A_0$  merupakan percepatan puncak muka tanah. Dengan menetapkan percepatan respons maksimum  $A_m$  sebesar :

$$A_m = 2,5 A_0 \quad (1)$$

dan waktu getar alami sudut  $T_c$  sebesar 0,5 detik, 0,6 detik dan 1,0 detik untuk jenis tanah berturut-turut Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, maka faktor Respons Gempa C ditentukan oleh persamaan-persamaan sebagai berikut :

- untuk  $T < T_c$  :  $C = A_m$  (2)
- untuk  $T > T_c$  :  $C = \frac{Ar}{T}$  (3)

dengan  $Ar = A_m T_c$  (4)

### Waktu Getar Alami Fundamental

Menurut SNI 03-1726-2002, waktu getar alami fundamental T(detik) dari struktur bangunan gedung dapat ditentukan dengan rumus pendekatan atau rumus empiris,

a. Untuk struktur gedung berupa portal-portal tanpa unsur pengaku yang dapat membatasi simpangan:

$$T = 0,085 \times H^{\frac{3}{4}} \text{ untuk portal baja} \quad (5)$$

$$T = 0,060 \times H^{\frac{3}{4}} \text{ untuk portal beton} \quad (6)$$

b. Untuk struktur gedung berupa sistem rangka dengan *shearwall* :

$$T = 0,0488 \times H^{\frac{3}{4}} \quad (7)$$

Untuk struktur gedung yang lain:

$$T = 0,090 \times H \times B^{-\frac{3}{4}} \quad (8)$$

dimana :

$T$  = waktu getar gedung pada arah yang ditinjau, detik

$B$  = panjang gedung pada arah gempa yang ditinjau, meter

$H$  = tinggi puncak bagian utama struktur, meter

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien  $\zeta$  untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persyaratan:

$$T < \zeta n \quad (9)$$

dimana :

n = Jumlah tingkat yang ditinjau

$\zeta$  = Koefisien yang bergantung pada wilayah gempa tempat gedung berdiri.

Setelah didapatkan gaya gempa dengan menggunakan T empiris, T sebenarnya dari struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama dapat dihitung ulang dengan menggunakan Rumus Rayleigh sebagai berikut :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}} \quad (10)$$

dimana :

$W_i$  = bagian dari seluruh beban vertikal yang disumbangkan oleh beban-beban vertikal yang bekerja pada lantai tingkat ke  $i$  pada peninjauan gempa, kilogram.

$F_i$  = beban gempa horisontal pada arah yang ditinjau yang bekerja pada lantai tingkat ke  $i$ , kilogram

- $d_i$  = simpangan horisontal pusat berat pada lantai tingkat ke  $I$  akibat beban gempa, kilogram.
- $n$  = jumlah lantai tingkat pada struktur bangunan gedung
- $g$  = percepatan gravitasi yang ditetapkan sebesar  $9810 \text{ mm/det}^2$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian dengan menggunakan alat bantu software ETABS berupa simpangan horisontal dari masing-masing tingkat baik akibat beban gempa statik maupun beban gempa dinamik. Hasil tersebut akan digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai perbandingan besarnya simpangan horisontal dari pemasangan bracing X dan pemasangan bracing K pada kasus bangunan baja 3 dimensi.

Tabel 1. Perbandingan Simpangan Hor.maks. gempa dinamik pada bracing X dan K

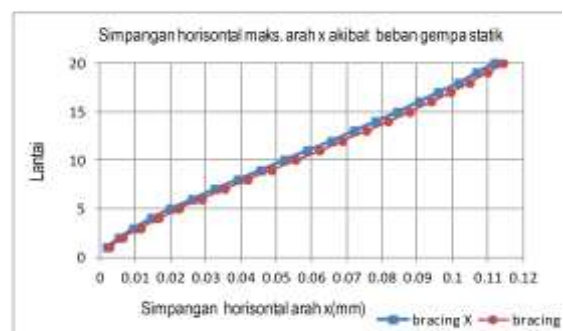
Lantai	displ.struktur dgn pemakaian bracing X	displ.struktur dgn pemakaian	Presentase Perbandin gan (%)
	(m)	(m)	
20	0.0325	0.032	-1.5625
19	0.0312	0.0307	-1.6287
18	0.0297	0.0293	-1.3652
17	0.0282	0.0278	-1.4388
16	0.0266	0.0263	-1.1407
15	0.025	0.0247	-1.2146
14	0.0233	0.023	-1.3043
13	0.0216	0.0212	-1.8868
12	0.0198	0.0195	-1.5385
11	0.018	0.0176	-2.2727
10	0.0161	0.0158	-1.8987
9	0.0142	0.0139	-2.1583
8	0.0123	0.012	-2.5
7	0.0104	0.0102	-1.9608
6	0.0086	0.0083	-3.6145
5	0.0067	0.0065	-3.0769
4	0.005	0.0048	-4.1667
3	0.0034	0.0032	-6.25
2	0.0019	0.0018	-5.5556
1	0.0008	0.0007	-14.2857
Presentase rata-rata			3.041

Perbandingan simpangan horisontal maksimum akibat gempa statik pada bracing X dan K dapat dilihat pada Tabel.1. Struktur bangunan yang mengalami simpangan berlaku sebagai struktur kantilever dimana simpangan terbesar adalah pada lantai teratas dari bangunan

Tabel 2. Perbandingan Simpangan Hor.maks. gempa statik pada bracing X dan K

Lantai	d. Struktur dengan pemakaian bracing X (m)	d. Struktur dengan pemakaian bracing K (m)	Presentase Perbandingan (%)
20	0.1118	0.1089	-2.663
19	0.1068	0.1042	-2.495
18	0.1016	0.0991	-2.523
17	0.0961	0.0937	-2.561
16	0.0904	0.0882	-2.494
15	0.0845	0.0824	-2.549
14	0.0783	0.0763	-2.621
13	0.072	0.0701	-2.710
12	0.0656	0.0637	-2.983
11	0.059	0.0572	-3.147
10	0.0523	0.0506	-3.360
9	0.0456	0.0441	-3.401
8	0.039	0.0376	-3.723
7	0.0325	0.0312	-4.167
6	0.0262	0.025	-4.800
5	0.0202	0.0191	-5.759
4	0.0146	0.0137	-6.569
3	0.0096	0.0089	-7.865
2	0.0054	0.0049	-10.204
1	0.002	0.0018	-11.111
Presentase rata-rata			4.385

Struktur dengan simpangan rata-rata terjadi untuk bracing X dan K dimana bracing K mengalami simpangan lebih besar dari pada bracing X untuk beban gempa statik. Untuk beban gempa dinamik dapat dilihat pada Tabel.2, dimana simpangan yang lebih besar terjadi pada struktur dengan bracing K. Deviasi simpangan antara struktur dengan bracing X dan K akibat beban gempa statik dapat dilihat pada Gambar.3. Simpangan yang terjadi pada struktur dengan bracing K lebih besar dari pada struktur dengan bracing X.



Gambar.3. Simpangan horisontal maksimum akibat beban statik untuk bracing X dan K

Deviasi simpangan antara struktur dengan bracing X dan K akibat beban gempa dinamik dapat dilihat pada Gambar.4. Simpangan yang terjadi pada struktur dengan bracing K lebih besar dari pada struktur dengan bracing X.



Gambar.4. Simpangan horizontal maksimum akibat beban dinamik untuk bracing X dan K

Dari hasil analisis yang ditampilkan pada Tabel 1. dan Tabel 2. antara struktur dengan pemakaian bracing X dan struktur dengan pemakaian bracing K memperlihatkan bahwa presentase perbandingan simpangan horizontal yaitu sebesar 7.748 % untuk simpangan akibat beban gempa statik dan 7.608 % untuk simpangan akibat beban gempa dinamik. Jadi, dengan demikian simpangan yang dihasilkan oleh struktur dengan pemakaian bracing k lebih kecil dibandingkan dengan simpangan yang

dihasilkan oleh struktur dengan pemakaian bracing x.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai studi komparasi simpangan bangunan baja bertingkat banyak menggunakan bracing X dan bracing K akibat beban gempa, maka dapat diambil kesimpulan :

- Perbandingan simpangan horizontal maksimum pada struktur dengan pemakaian bracing X dan struktur dengan pemakaian bracing K yaitu sebesar 4,3853 % untuk simpangan akibat beban gempa statik dan 3,0410 % untuk simpangan akibat beban gempa dinamik.
- Struktur dengan pemakaian bracing x menghasilkan simpangan yang lebih kecil dibandingkan struktur dengan pemakaian bracing K.

### Saran

- Ketelitian dalam menggunakan program untuk membantu analisis harus diperhatikan dengan cermat.
- Perlu dilakukan penelitian dengan model bangunan yang tidak simetris serta perilakunya terhadap torsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*. Jakarta.
- Computer and Structures Inc. 2005. *Etabs Introductory Tutorial Version 9*. Barkeley, California.
- Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia. 2012. *Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa*. Jakarta.
- International Conference of Building Officials. 1997. *Uniform Building Code Volume 2: Structural Engineering Design Provisions*. Phoenix, Arizona.
- Schodek, Daniel L. 1999. *Struktur Edisi kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Sri Murni Dewi. 2009. *Teknik Gempa*. Malang: Bargie Media
- Taranath, Bungale., 2005. *Wind and Earthquake Resistant Building*. Los Angeles : Marcell Dekker.
- Tavio; dan Kusuma, B. 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa* .Surabaya :ITS Press