

PERILAKU DINAMIK STRUKTUR OPEN FRAME PADA BANGUNAN BETON BERTULANG DENGAN DINDING GESER

Musrifin¹⁾
Antonius²⁾
Sumirin³⁾

Email: musrifinnear@gmail.com

Jurusan Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112

ABSTRAK

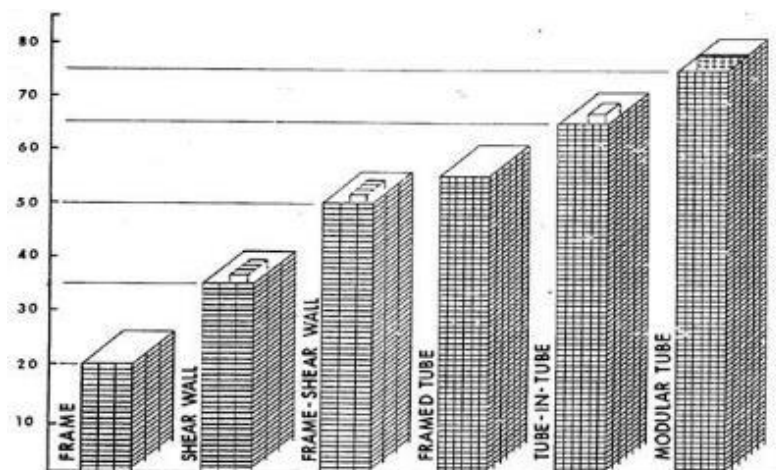
Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah yang rawan gempa, yang memiliki resiko cukup besar dengan adanya gempa tersebut. Untuk dapat mereduksi gaya yang terjadi pada saat gempa terjadi, maka dalam struktur bangunan gedung bertingkat diberi pengaku vertikal atau biasa disebut dengan dinding geser (*shear wall*), guna untuk mereduksi defleksi horizontal yang diakibatkan oleh beban gempa tersebut. Analisis pengaruh *drift* yang terjadi pada bangunan gedung, serta daktilitas yang diberikan oleh gedung dengan sistem dinding geser mengacu pada SNI 1726-2012, dengan menggunakan aplikasi komputer. Berdasarkan hasil analisis program, maka diantaranya : (1) Efektif dan efisien diperoleh pada 10 lantai, dimana masih dapat mempertahankan besaran dimensi sebelumnya baik balok dan kolom tanpa adanya perubahan dimensi, (2) Pada 8 lantai, *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 3,8445 cm yang terjadi di lantai 3, pada 10 lantai *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 4,8785 cm terjadi di lantai 4, pada 15 lantai *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 7,6725 cm terjadi di lantai 4, dan pada 20 lantai *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 7,2435 cm terjadi di lantai 8. (3) Pada 8 lantai, daktilitasnya sebesar $R=6,21$, pada 10 lantai, daktilitasnya sebesar $R=8$, pada 15 lantai, daktilitasnya sebesar $R=9$, dan untuk 20 lantai, daktilitasnya sebesar $R=7,4$ semua variabel masuk tahap SP-1 (*IO= Immediate Occupancy*).

Kata Kunci : Daktilitas, *Drift*, *Pushover Analisis*, *Sap Pro V5*, *Sap 2000 V16*, dan *SNI 1726-2012*.

1. PENDAHULUAN

Untuk mereduksi simpangan horizontal / *lateral drift* yang terjadi pada saat gempa terjadi, maka dalam struktur bangunan gedung bertingkat salah satunya diberi pengaku vertikal atau biasa disebut dengan dinding geser (*shear wall*). Mengenai penggunaan dinding geser pada bangunan gedung bertingkat, maka ada *type* dan solusi yang dapat digunakan pada struktur bangunan gedung tersebut untuk meminimalisir *lateral drift* yang terjadi akibat beban gempa. Type ini sangat berpengaruh besar terhadap kondisi fisik struktur bangunan gedung tersebut, dan untuk sistemnya sendiri tergantung berapa ketinggian bangunan gedung tersebut di bangun atau didirikan serta besarnya gaya-gaya *transversal* yang diterima oleh bangunan gedung tersebut. Hal ini tidak lepas dari perhatian dan penelitian yang dilakukan oleh para ahli dari waktu-kewaktu, sehingga dari penelitian inilah, maka sistem struktur bangunan gedung dalam hal ini dinding geser baik beton bertulang ataupun baja (*bracing*) dapat digunakan menurut bentuk dan rangkaian struktur bangunan itu sendiri. Dalam hal ini dinding geser tersebut dalam rangka mampu menahan gaya-gaya *transversal* yang diakibatkan oleh gaya atau beban gempa yang terjadi dapat diatasi. Dan sistem struktur ini dari 10 lantai sampai 100 lantai bahkan lebih, bisa diterapkan dinding geser berupa beton bertulang ataupun baja (*bracing*) tergantung mana yang hendak dipilih dan diterapkan dan melihat dari segi ekonominya juga. Pada gambar 1.1 sistem penahan gempa atau *lateral drift*nya menggunakan beton bertulang monolit.

Berikut ini diberikan gambaran umum sebagai aturan kasar praktis yang menggambarkan secara global hubungan antara sistem rangka struktur dan jumlah tingkat bangunan yang disesuaikan dengan kondisi dari bangunan gedung bertingkat tersebut, dan gambar berikutnya khusus untuk struktur beton bertulang pada gedung kantor (*office building*) yang menggunakan dinding geser sebagai penahan gaya atau beban gempa (*lateral drift*), dan hal ini dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1.1. Klasifikasi Sistem Struktur Bangunan Tinggi Beton Bertulang (Khan ; 1973)

2. KAJIAN PUSTAKA

Elemen struktur dinding geser; Dimana dalam perencanaan struktur tahan gempa, tiap-tiap elemen struktur didesain dengan berbagai kriteria dan ketentuan tertentu. Sama halnya

terhadap dinding struktural yang merupakan sistem struktur atau bagian dari sistem yang memikul beban gempa seperti halnya dinding geser. Dalam hal ini dinding geser yang digunakan ialah dari beton bertulang, yang dimana adalah suatu elemen struktur vertikal yang biasa digunakan pada gedung bertingkat tinggi yang dimana berfungsi untuk menahan gaya lateral dari beban gempa dan angin. Struktur bangunan dengan dinding geser merupakan salah satu konsep yang unggul sebagai solusi masalah gempa dalam bidang Teknik Sipil yaitu sebagai sub struktural yang menahan gaya geser akibat beban gempa.

Dinding geser sebagai halnya elemen penahan gaya lateral yang memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung. Struktur gedung dengan dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral juga memiliki performan yang cukup baik dalam mengatasi masalah gempa pada gedung bertingkat tinggi.

Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding geser sebagai penahan gaya geser yang besar akibat gempa yaitu bahwa dinding geser tidak boleh runtuh akibat gaya geser. Sehingga apabila dinding geser runtuh akibat gaya geser itu sendiri maka secara keseluruhan struktur akan runtuh karena sudah tidak ada lagi faktor yang menahan gaya geser tersebut.

Dinding geser adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang lebih ekonomis dalam struktur gedung bertingkat yang biasa digunakan untuk meredam dan menahan gaya lateral *drift* yang diakibatkan oleh beban gempa bumi.

3. METODE PENELITIAN

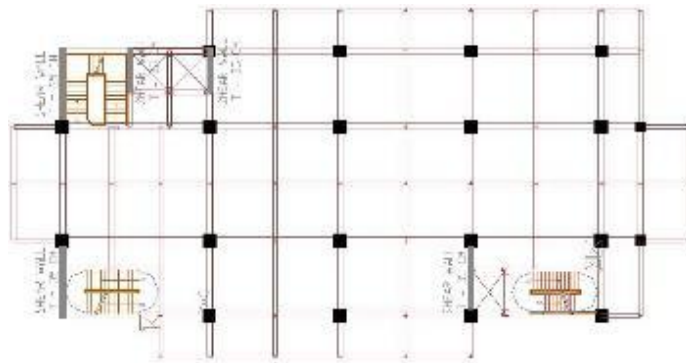
Metode penelitian ini menggunakan metode perilaku dinding geser terhadap bangunan gedung bertingkat tinggi, dalam kasus ini perilaku dinding geser terhadap bangunan gedung yang berada di kota Semarang tepatnya di kawasan simpang lima yang dimana gedung tersebut 8 lantai, dengan meneliti perilaku yang disumbangkan oleh dinding geser dengan gedung diambil sampai beberapa variabel dari 8,10,15 dan 20 lantai dengan ketebalan dinding geser setebal 350mm tanpa mengubah ketebalan dindingnya dan pengaruhnya hanya pada ketinggian lantainya dengan mengacu pada SNI 1726-2012.

Metode penelitian yang digunakan ini meliputi dalam beberapa tahapan-tahapan ialah input, analisis perilaku dinding geser bangunan gedung, pengaruh *drift*, daktilitas bangunan gedung dengan dinding geser, serta *output*. Adapun yang termasuk dalam kategori input ialah penentuan geometri struktur, penentuan jenis-jenis beban bangunan gedung meliputi tiga dimensi. Dan untuk tahap analisis ialah tahapan dengan memasukkan gaya gempa untuk melihat atau mengecek perilaku dinding geser bangunan gedung, pengaruh *lateral drift*, dan serta daktilitas yang terjadi dengan sistem dinding geser. Analisis yang diterapkan pada bangunan gedung dengan menggunakan program aplikasi komputer. Dan terakhir ialah output yang membahas besaran nilai-nilai dari perilaku dinding geser pada bangunan gedung tersebut.

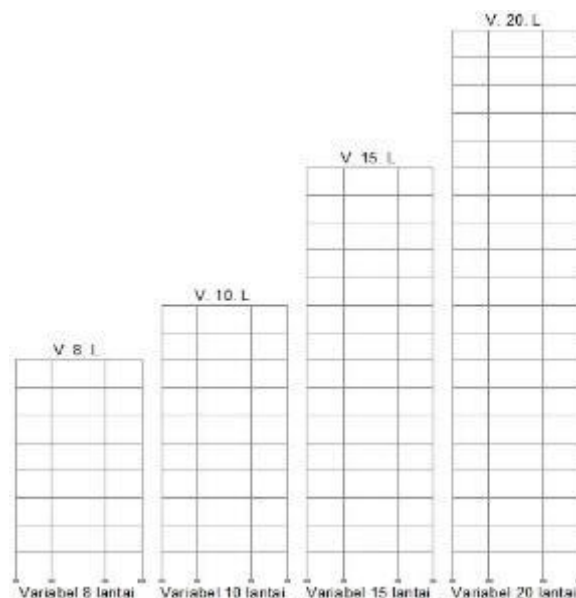
Model Struktur

Model struktur gedung di kota Semarang yang diteliti berupa gedung berbentuk persegi panjang dengan jumlah 8,10,15 dan 20, masing-masing tinggi tiap lantai 4000 mm dengan penempatan dinding geser menerus dari lantai dasar sampai lantai atap dengan campuran

beton bertulang monolit yang mempunyai ketebalan 350 mm. Dari gambar 2.1 dibawah diperlihatkan posisi pemasangan dinding geser yang dimana pemasangannya berada didepan bagian atas dan bawah dilihat dari gambar sebelah kiri, serta dipasang pada bagian *lift* juga bagian atas sebelah kiri gambar maupun pada lift bagian belakang sebelah kanan dari gambar.



Gambar 3.1. Penempatan Dinding Geser Bangunan Gedung



Gambar 3.2. Variabel Struktur Gedung Yang Di Uji

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun untuk hasil analisis yang diperoleh dari aplikasi komputer SAN-PRO V5 dan SAP 2000 V16, antara lain simpangan horizontal struktur (*lateral drift*), dan daktilitas struktur itu sendiri. Hasil analisis tersebut digunakan untuk pengambilan kesimpulan dari perilaku yang terjadi pada bangunan gedung yang dipengaruhi oleh pemasangan dinding geser beton dalam bentuk bangunan gedung portal 3 dimensi.

Tabel 4.1. Dimensi penampang gedung

No	Penampang	Jenis	Dimensi (mm)
1	Kolom	K1	1200/1200
		K2	100/1000
		K3	900/900
		K4	800/800
		K5	750/750
		K6	600/600
		K7	500/500
2	Balok	BI1	400/750
		BI2	350/600
		BA1	250/500
		BA2	200/400
		BK	350/500
3	Plat	Plat <i>two</i> way	120
4	<i>shear wall</i>	SW <i>shell</i>	350

Tabel 4.2. Mutu bahan

No	Bahan	Mutu	Satuan
1	BJ Beton Bertulang	2400	kg/m ³
2	Beton	K- 300	-
3	Modulus Elastisitas Beton	254640	kg/cm ²
4	Baja Tulangan Pokok	400	Mpa
5	Baja Tulangan Geser	320	Mpa
6	Angka Poisson	0,2	-

1.1. Faktor Keutamaan Gedung (I)

Dimana struktur gedung didesain sebagai pusat perkantoran bea dan cukai di kota Semarang, yang memiliki faktor keutamaan gedung sebesar 1, yang di ambil dari SNI 1762-2012

1.2. Faktor Reduksi Gempa (R)

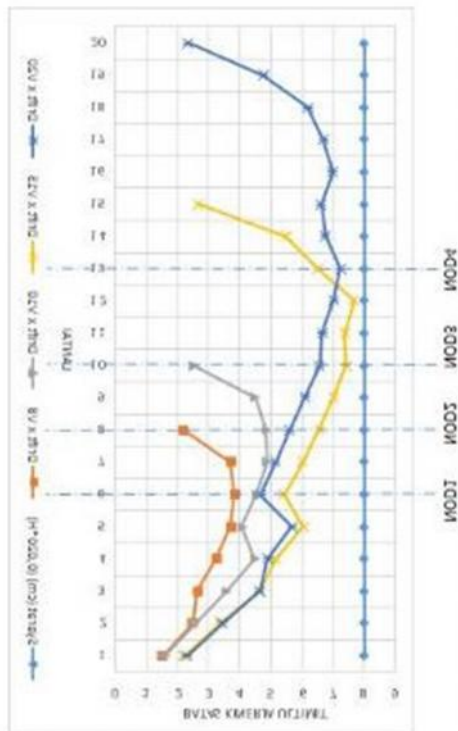
Dalam SNI 1762-2012 dari kategori yang dimiliki gedung di kota Semarang yaitu masuk dalam kategori struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) beton bertulang dengan nilai reduksi gempa (R) = 8

1.3. Respon Spektrum Desain SNI 1762-2017

Dengan data percepatan batuan dasar di kota Semarang berkisar $S_s(1.026)$ dan $S_1(0.349)$ jadi diperoleh :

- a. $F_a = 0.900$ (tabel 3.3)
- b. $F_v = 2.604$ (tabel 3.4)
- c. $S_{MS} = F_a \cdot S_s = 0,900 \cdot 1,026 = 0,9234$
- d. $S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 2,604 \cdot 0,349 = 0,9087$
- e. $S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 (0,9234) = 0,6156$
- f. $S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 (0,9087) = 0,6058$

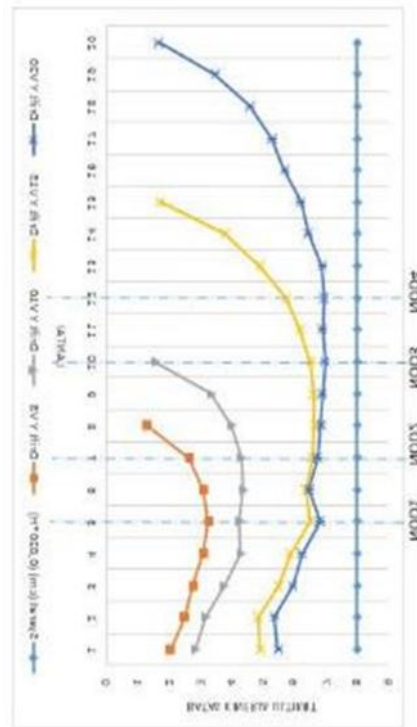
1.4. Perbandingan *Drift* Antar Variabel



Gambar 4.1. Perbandingan *Drift* Antar Variabel Sumbu X

Tabel 4.3. Batas Kinerja Ultimet Sumbu X

No	Lantai	NOD1		NOD2		NOD3		NOD4		Syarat
		BKU	LT	BKU	LT	BKU	LT	BKU	LT	
1	V8	3,845	6	2,189	8	-	-	-	-	8
2	V10	4,538	6	4,857	8	2,524	10	-	-	8
3	V15	6,045	6	6,556	8	7,42	10	6,513	13	8
4	V20	4,68	6	5,6	8	6,57	10	7	13	8



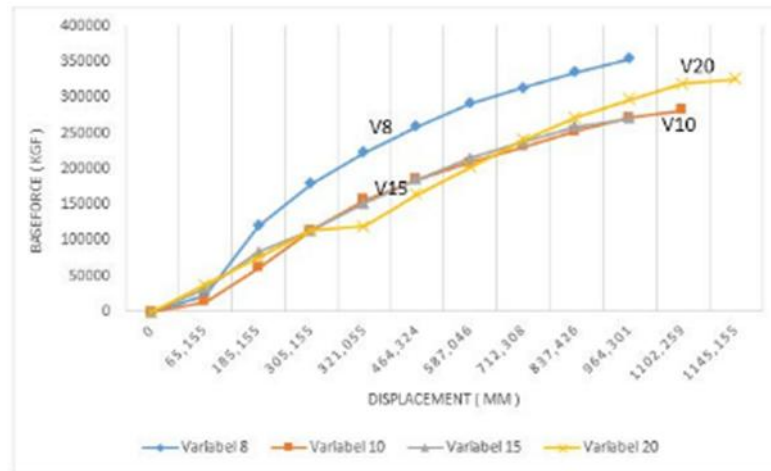
Gambar 4.2. Perbandingan *Drift* Antar Variabel Sumbu Y

Tabel 4.4. Batas Kinerja Ultimet Sumbu Y

No	Lantai	NOD1		NOD2		NOD3		NOD4		Syarat
		BKU	LT	BKU	LT	BKU	LT	BKU	LT	
1	V8	3,256	5	2,645	7	-	-	-	-	8
2	V10	4,252	5	4,307	7	1,573	10	-	-	8
3	V15	6,512	5	6,578	7	6,523	10	5,737	12	8
4	V20	6,846	5	6,746	7	7	10	6,96	12	8

1.5. Perbandingan Daktilitas Antar Variabel

Daktilitas yang diperoleh masing-masing variabel dengan bantuan aplikasi komputer SAP 2000 V16, dimana daktilitas ini ditinjau akibat hubungan antara *base force* dan *displacement* yang didapatkan dengan pemberian beban bertahap dorong (*pushover*) yang lebih mengarah pada struktur kolom dan balok yang mengarah pada sendi-plastis, dimana kolom dan balok tersebut dengan analisis *pushover* ini telah mengalami kelelahan baja tulangan atau telah terjadi sendi-plastis atau belum. Untuk itu dengan *pushover analisis* ini maka didapatkan daktilitas hubungan antara *baseforce* dan *displacement*, dan perbandingan daktilitas antar variabel ditunjukkan pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.3. Perbandingan Daktilitas Antar Variabel

Tabel 4.5. Kinerja Masing-Masing Variabel

No	Lantai	Berat (kgf)	Vy	Daktilitas (R)	Min. (R)	Mak.(R)
1	V8	2354577,6	205867,6	6,2	3	8
2	V10	2894023,2	157685,37	7,9	3	8
3	V15	4726812,6	115907,55	9	3	8
4	V20	8481605,1	236868,92	7,4	3	8

5. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan bantuan komputer SANS PRO V5 dan SAP 2000 V16 mengenai perilaku dinamik struktur *open frame* pada bangunan beton bertulang bertingkat dengan dinding geser, maka ada beberapa kesimpulan yang dapat diuraikan mengenai perilaku masing-masing variabel yang di tinjau. Adapun kesimpulan yang terkait dengan rumusan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Efektif dan efisien perilaku bangunan gedung dari beberapa lantai yaitu pada 10 lantai, karena 10 lantai saat pengujian dilakukan masih dapat mempertahankan besaran dimensi sebelumnya baik balok dan kolom tanpa adanya perubahan dimensi. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *drift* yang dihasilkan pada delta x dan delta y memiliki nilai yang kecil minimum sebesar 1,573cm dan maksimum 4,8785cm dari syarat ketentuan *drift* sebesar 8cm. Dan gaya *pushover* yang diterima oleh 10 lantai dominan kecil dibandingkan dengan variabel lainnya, yang dimana pada *push* 1 nilainya sebesar 13872,94 kg dan *displacementnya* sebesar 24,765 mm dan *push* terakhir sebesar 281914,42 kg dan *displacementnya* sebesar 1138,92 mm, serta nilai Rnya 8.
2. Besaran pengaruh *drift* yang terjadi akibat pemasangan dinding geser pada bangunan gedung untuk 8 lanati *drift* minimum diterima sumbu x sebesar 1,518 cm terjadi dilantai 8, serta sumbu y sebesar 1,309 cm dilantai 1 dan *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 3,8445 cm yang terjadi di lantai 3. Untuk 10 lantai *drift* minimum diterima sumbu y sebesar 1,573 cm terjadi dilantai 1, serta sumbu x sebear

- 1,6005 cm dilantai 10 dan *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 4,8785cm terjadi dilantai 4. Untuk 15 lantai *drift* minimum diterima sumbu y sebesar 1,711 cm terjadi dilantai 1, dan *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 7,6725 cm terjadi dilantai 4. Dan terakhir untuk 20 lantai *drift* minimum diterima sumbu y 1,667 cm dilantai 1 dan *drift* maksimum diterima sumbu x sebesar 7,2435 cm terjadi dilantai 8.
3. Daktilitas yang diperoleh masing-masing variabel; Untuk 8 lantai daktilitasnya sebesar $R= 6,21$ dengan struktur bangunan gedung masuk tahap SP-1 (IO= *Immediate Occupancy*) sebesar 0,00141. Untuk 10 lantai daktilitasnya sebesar $R= 8$ dengan struktur bangunan gedung masuk tahap SP-1 (IO= *Immediate Occupancy*) sebesar 0,001475. Untuk 15 lantai daktilitasnya sebesar $R= 9$ dengan struktur bangunan gedung masuk tahap SP-1 (IO= *Immediate Occupancy*) sebesar 0,00123. Dan untuk 20 lantai daktilitasnya sebesar $R= 7,4$ dengan struktur bangunan gedung masuk tahap SP-1 (IO= *Immediate Occupancy*) sebesar 0,001375.

6. DAFTAR PUSTAKA

- A Hartandyo Danang, Patria Kusumaningrum, (2004). Perilaku Struktur Beton Dengan Dinding Geser Dilengkapi Dengan *Outriggers* Bawah Beban Gempa Kuat. Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil ITB.
- Ali, M.M. (2001). *Art of the Skyscraper: The Genius of Fazlur Khan*. New York: Rizzoli.
- Anas, Y.K.P dan Islami, Era, (2000). Pengaruh *Outrigger* Pada Portal Struktur Beton Bertulang 20 Lantai Akibat Beban Lateral. Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil ITB.
- AISC 341-05. (2005). *Seismik Provision for structural Steel Building Including Supplement No. 1. Amerika Institute of Steel Construction. United States of Amerika*.
- Badan Standarisasi Nasional, (2012). SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Bandung.
- BSN, 2013, "SNI-2847 :Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung", Bandung, Jakarta, Indonesia
- Christy Nathalie Brenda Turambi, Steenie E. Wallah, Servie O. Dapas, Evaluasi Penggunaan Dinding Geser Pada Bangunan Ruko (Studi Kasus: Ruko Hash Inn). Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.9 September 2016 (525-532) ISSN: 2337-6732
- Dian Budhi Winanto. (2010). Perubahan Nilai Simpangan Horisontal Bangunan Bertingkat Setelah Pemasangan Dinding Geser Pada Tiap Sisinya. Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Fintel, M *Shearwalls – An Answer for Seismik Resistant ? Point of View : 30 Years of Observation on the Performance of Buildings with Shearwalls in Earthquake. Concrete Internasional, 1991. Vol. 13, No.7.*
- Imran, I., et al. (2008). Apicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang. Seminar dan Pameran HAKI – Pengaruh Gempa dan Angin terhadap Struktur.
- Khan, F.R. (1967). The John Hancock Center. *Civil Engineering*, 37(10), 38-42.
- Khan, F.R., & Sbarounis, J. (1964). Interaction of shear walls and frames in concrete structures under lateral loads. *Structural Journal of the American Society of Civil Engineers*, 90(ST3), 285-335.
- Khan, F.R. (1973). Evolution of structural systems for high-rise buildings in steel and concrete. In J. Kozak (Ed.), *Tall Buildings in the Middle and East Europe: Proceedings of the 10th Regional Conference on Tall Buildings-Planning, Design and Construction*. Bratislava: Czechoslovak Scientific and Technical Association.

- Kuncoro, Wahyu Tri . (2010) . Perubahan Nilai Simpangan Horizontal Bangunan Bertingkat Setelah Pemasangan Dinding Geser pada Tiap Sudutnya . Program Studi Teknik Sipil fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Kusuma, Tavo Benny. (2009) . Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa .Surabaya : ITS Press.
- Mir M. Ali and Kyoung Sun Moon (2007). Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects, Volume 50.3, pp 205-223
- Purwono, R., (2010). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Edisi Keempat, ITS Press, Surabaya, Indonesia
- Schodek, Daniel L. (1999). *Struktur Edisi kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Taranath, B. (1998). Steel, Concrete, & Composite Design of Tall Buildings. New York: McGraw-Hill.
- Wibowo, Ari. (2012). Seismic performance of Insitu and precast soft Storey buildings. Thesis. Faculty of Engineering and Industrial Sciences Swinburne University of Technology