

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 162 - 171	SURABAYA 2016	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	-----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii

- Vol 3 Nomer 3/rekat/16 (2016)

PENGARUH PENAMBAHAN <i>SILICA FUME</i> PADA <i>POROUS CONCRETE BLOCK</i> TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS	
--	--

<i>Eko Febrianto, Arie Wardhono,</i>	01 – 08
--	---------

PEMANFAATAN ABU TERBANG LIMBAH BATU BARA TERHADAP KUAT TEKAN DAN TINGKAT POROSITAS <i>PAVING STONE</i> BERPORI	
--	--

<i>Firman Ganda Saputra, Arie Wardhono,</i>	09 – 12
---	---------

PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN <i>ADMIXTURE</i> SIKACIM TERHADAP PENGUATAN KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS <i>PERMEACONCRETE PAVING STONE</i>	
---	--

<i>Kukuh Ainnurdin, Arie Wardhono,</i>	13 – 22
--	---------

PENGARUH POLA ALIRAN PADA SALURAN PELIMPAH SAMPING AKIBAT DARI PENEMPATAN <i>SPLLWAY</i> DENGAN TIPE MERCU OGEE WADUK WONOREJO	
--	--

<i>Binti Hidayatul Ma'rifah, Kusnan,</i>	23 – 34
--	---------

ANALISIS HUBUNGAN TEMPERATUR DAN KUAT TEKAN BETON PADA PEKERJAAN BETON MASSA (<i>MASS CONCRETE</i>) DENGAN METODE <i>PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA)</i> DAN <i>U.S. BUREAU OF RECLAMATION</i>	
--	--

<i>Sandy Sahrawani, Mochamad Firmansyah S,</i>	35 – 44
--	---------

ANALISA KAPASITAS SALURAN SEBAGAI PENGENDALI BANJIR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM <i>HEC-RAS</i> PADA DRAINASE SUB DAS GULOMANTUNG KECAMATAN KEBOMAS, KABUPATEN GRESIK	
---	--

<i>Ahmad Rifky Saputra, Nurhayati Aritonang,</i>	45 – 54
--	---------

ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA WAKTU
PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DI WILAYAH SURABAYA

Hendrita Abraham Angga Purnomo, Mas Suryanto H.S, 55 – 63

PENGARUH PEMILIHAN JARAK PANDANG DALAM MENENTUKAN PANJANG
LENGKUNG VERTIKAL CEMBUNG TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN JALAN BARU

Arthur Diaz Mickael Devisi, Ari Widayanti, Anita Susanti, 64 – 70

PENGEMBANGAN DISTIBUSI AIR BERSIH SUMBER DLUNDUNG DESA TRAWAS
KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO

Mochammad Zainal Abidin, Djoni Irianto, 71 – 79

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA TERHADAP KAPASITAS LENTUR BALOK
BETON BERTULANG

Mohamad Mesranto, Bambang Sabariman, 80 – 87

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE *CAMEL
BACK TRUSS*

Ria Dewi Sugiyono, Sutikno, 88 – 93

PENGARUH PENGOPTIMASISASI PEMASANGAN LETAK BAUT DENGAN JARAK TEPI
PADA SAMBUNGAN PELAT TARIK

Donna Monika Fembrianto, Arie Wardhono, 94 – 101

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA DENGAN LETAK DI ATAS GARIS NETRAL
TERHADAP KAPASITAS GESER BALOK BETON BERTULANG

Siswo, Bambang Sabariman, 102 – 111

ANALISIS KEHILANGAN TINGGI TEKAN PADA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR
BERSIH PDAM KECAMATAN DRIYOREJO, KABUPATEN GRESIK

Amilina Kartika Permatasari, Nurhayati Aritonang, 112 – 120

ANALISIS DESAIN JEMBATAN KOMPOSIT GELAGAR BAJA MENGGUNAKAN STRUKTUR NON-PRISMATIK

Anneke Jayanti Anggraini, Karyoto,.....121 – 129

PENGARUH PANJANG LEWATAN (*ld*) DENGAN SAMBUNGAN MEKANIS PERSEGI ENAM TERHADAP KUAT TARIK BAJA TULANGAN

Sandi Andika Surya Putra, Andang Wijaya,..... 130 – 137

STUDI PENGGUNAAN CATALYST, MONOMER, DAN KAPUR SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER

Muhammad Fadhlurrahman Hazim, Krisna Dwi Handayani, Yogie Risdianto,138 – 149

STUDI DETAIL PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN OPENFRAME TANPA RIGID FLOOR DIAFRAGMA DAN OPENFRAME DENGAN RIGID FLOOR DIAFRAGMA BERDASARKAN SNI 1726:2002 DAN SNI 2847:2013

Devi Arsyana, Sutikno, Yogie Risdianto,.....150 – 161

STUDI DETAIL PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN OPENFRAME TANPA RIGID FLOOR DIAFRAGMA DAN OPENFRAME DENGAN RIGID FLOOR DIAFRAGMA BERDASARKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

Lina Andriyani, Sutikno, Yogie Risdianto,162 – 171

STUDI DETAIL PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PERIKANAN DAN
KELAUTAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN *OPENFRAME*
TANPA *RIGID FLOOR DIAFRAGMA* DAN *OPENFRAME* DENGAN *RIGID FLOOR DIAFRAGMA*
BERDASARKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

Lina Andriyani, Sutikno, Yogie Risdianto

Prodi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: linaandriyani10@gmail.com

Abstrak

Salah satu kriteria dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat adalah kekuatan serta perilaku bangunan tinggi. Ketahanan terhadap gempa juga harus diperhatikan dalam merancang struktur bangunan. Dalam peraturan SNI 1726:2012 wilayah gempa Indonesia memakai konsep sesuai dengan gerakan tanah seismik dan koefisien resiko dari gempa maksimum yang di pertimbangkan (*Maximum Considered Earthquake*, MCE). Peraturan SNI beton dalam merancang struktur gedung sangat diperlukan. Dalam hal ini, peraturan beton yang akan dibahas mengacu pada peraturan SNI 2847:2013.

Dalam skripsi ini akan dibahas tentang perbedaan struktur bangunan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma di kota Surabaya diatas tanah lunak. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah merencanakan struktur gedung secara detail dan membedakan gaya dalam dan respon struktur dari hasil kedua pemodelan berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013. Pemodelan struktur gedung 20 lantai dalam 3D dan menggunakan *software* ETABS vol.9.6.

Dari hasil analisis struktur didapatkan rasio simpangan antar lantai pada masing- masing model struktur masih dalam batas izin, dengan perpindahan (*displacement*) dan gaya dalam *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma lebih besar dibandingkan dengan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model struktur menggunakan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma merupakan model struktur yang efektif, karena *displacement* dan gaya dalam elemen struktur yang lebih kecil dibandingkan model struktur *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma.

Kata Kunci : gedung, beton bertulang, *rigid floor diafragma*, respon struktur.

Abstract

Criteria in planning and design of multistory buildings are strenght and stability. Earthquake resistance building must be considered in designing the structure within the building. According to SNI 1726:2012, seismic zone in Indonesia is using the concept of relevant seismic ground motion and seismic coefficient of maximum risk in considering (Maximum Considered Earthquake, MCE). SNI for concrete considered indesigning the building structure is needed. In this case, concrete stand are will be examined based on the SNI 2847:2013. This study shows the different response structures using open frame with and without rigid floor diaphragm in Surabaya on soft soil condition . The purpose of this paper is to prepare the structure of the high-rise building in detail and differentiate the mode shape, response and reaction. Response of structure is the second product modeling based on SNI 1726:2012 and SNI 2847:2013. Study case of 20-storey building structure modeling in 3D using ETABS ver.9.6.

The result obtained deviation ratio between floors on each model structure is still within the limits of the regulation with displacement and mode shape in open frame without rigid floor diaphragm is greater than the open frame with rigid floor diaphragm. The results showed that the model using open frame with rigid floor diaphragm is an affective model, because displacement and reaction in the structure element are smaller than the model without rigid floor diaphragm.

Keywords: high-rise building, rigid floor diaphragm, structure response, displacement, story drift.

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi dalam bidang pembangunan konstruksi di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat, membuat kita dituntut untuk lebih produktif, kreatif dan inovatif, terutama dalam hal perancangan struktur. Salah satu kriteria dalam

merencanakan struktur bangunan bertingkat adalah kekuatan serta perilaku bangunan tinggi. Ketahanan terhadap gempa juga harus diperhatikan dalam merancang struktur bangunan bertingkat agar menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.

Dalam peraturan SNI gempa yang berlaku saat ini yaitu SNI 1726:2012 wilayah gempa Indonesia memakai konsep sesuai dengan gerakan tanah seismik dan koefisien resiko dari gempa maksimum yang di pertimbangkan (*Maximum Considered Earhquake*, MCE). Pengaruh gempa harus di tinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati gempa selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2 %. Penelitian ini menggunakan lokasi di Surabaya dengan konstruksi berada diatas tanah lunak.

Dalam merencanakan struktur gedung khususnya Gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan Surabaya yang terdiri dari 8 lantai kemudian kita tingkatkan menjadi 20 lantai memerlukan analisis dan perancangan struktur beton yang tepat. Peraturan dan tata cara perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton telah mengalami beberapa perkembangan. Dalam penelitian ini, peraturan beton yang digunakan adalah peraturan SNI 2847:2013.

Struktur gedung yang digunakan yaitu struktur rangka terbuka (*open frame*) tanpa diafragma dan menggunakan diafragma. Penggunaan diafragma berada pada struktur pelat lantai. Pelat lantai akan memiliki kekakuan yang dianggap tidak terhingga sehingga akan mampu menahan beban gempa yang terjadi. Penggunaan diafragma pada pelat lantai ini menyebabkan semua joint antara pelat lantai, balok, dan kolom pada satu lantai diberi batasan bergerak secara bersamaan yang bersifat kaku (*rigid*) terhadap semua deformasi yang mungkin terjadi sehingga lantai struktur bergerak bersamaan ketika suatu struktur mengalami gempa (Hendi,2012).

Dalam penelitian ini, struktur gedung yang direncanakan termasuk struktur gedung beraturan. Peninjauan perilaku struktur saat menerima beban gempa dianalisa secara dinamis baik dalam perhitungan struktur rangka terbuka (*open frame*) tanpa diafragma maupun struktur yang menggunakan diafragma.

Melihat adanya masalah ini peneliti tertarik untuk meneliti perbandingan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma

untuk merencanakan struktur secara detail dengan peraturan tersebut, mengetahui perbedaan gaya dalam dan respon struktur hasil pemodelan (*displacement*, *interstory drift*, batas layan dan *ultimate*), dan mengetahui implementasinya terhadap gambar detail.

Dari permasalahan yang muncul pada latar belakang yang dibuat dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan struktur gedung secara detail dengan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013 ?
2. Bagaimana perbedaan gaya dalam dan respon struktur dari hasil pemodelan dengan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013 ?

Penelitian yang dilaksanakan memiliki tujuan untuk:

1. Merencanakan struktur gedung secara detail dengan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013.
2. Mengetahui perbedaan gaya dalam dan respon struktur dari hasil pemodelan dengan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pengetahuan untuk kontraktor, konsultan dan instansi terkait tentang hasil perbandingan perancangan struktur gedung dengan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013.

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Proses perhitungan perencanaan struktur gedung secara detail dengan *openframe* tanpa *rigid floor*

diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma sebagai variabel kontrol, SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013 sebagai variabel terikat.

2. Proses perencanaan struktur gedung dalam hal perencanaan, pemodelan struktur dan gambar struktur.
3. Perencanaan struktur hanya membahas struktur atas.
4. Pembebanan gempa diberikan 100% untuk arah pendek gedung atau sumbu lemah gedung dan pembebanan gempa diberikan 30% untuk arah panjang gedung atau sumbu kuat gedung.

METODE

A. Lingkup Penelitian

Data – data Gedung :

Nama Proyek	: Perencanaan struktur struktur Gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
Type Bangunan	: Sekolah
Lokasi	: Surabaya
Lebar Bangunan	: 12,45 m
Panjang Bangunan	: 34,80 m
Tinggi Bangunan	: 89,9 m
Jumlah Lantai	: 20 lantai
Jenis Tanah	: Tanah Lunak

B. Metode Perencanaan

1. Variabel Penelitian
 - a. Variabel bebas : gaya dalam dan respon struktur hasil pemodelan (*displacement*, *interstory drift*, batas layan dan ultimate).
 - b. Variabel kontrol : *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma.
 - c. Variabel terikat : SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013.
2. Permodelan

Pada permodelan struktur gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya dengan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma

yang terdiri dari 20 lantai menggunakan bentuk 3 dimensi dengan bantuan program Etabs 9.6.0.

3. Kombinasi

Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan **SNI 2847:2013** sebagai berikut:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$

Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan **SNI 1726:2012** sebagai berikut:

$$U = 1,4 DL$$

$$U = 1,2DL + 1,6LL$$

$$U = 1,2DL + 1LL \pm 0,3 EX \pm 1 EY$$

$$U = 1,2DL + 1LL \pm 1 EX \pm 0,3 EY$$

$$U = 0,9DL \pm 0,3 EX \pm 1 EY$$

$$U = 0,9DL \pm 1 EX \pm 0,3 EY$$

C. Data Spesifikasi Bahan

Adapun spesifikasi bahan yang digunakan meliputi:

1. Beton

Mutu beton yang digunakan adalah :

Untuk pelat, balok dan kolom digunakan mutu beton K 350, $f_c = 29,05 \text{ MPa}$.

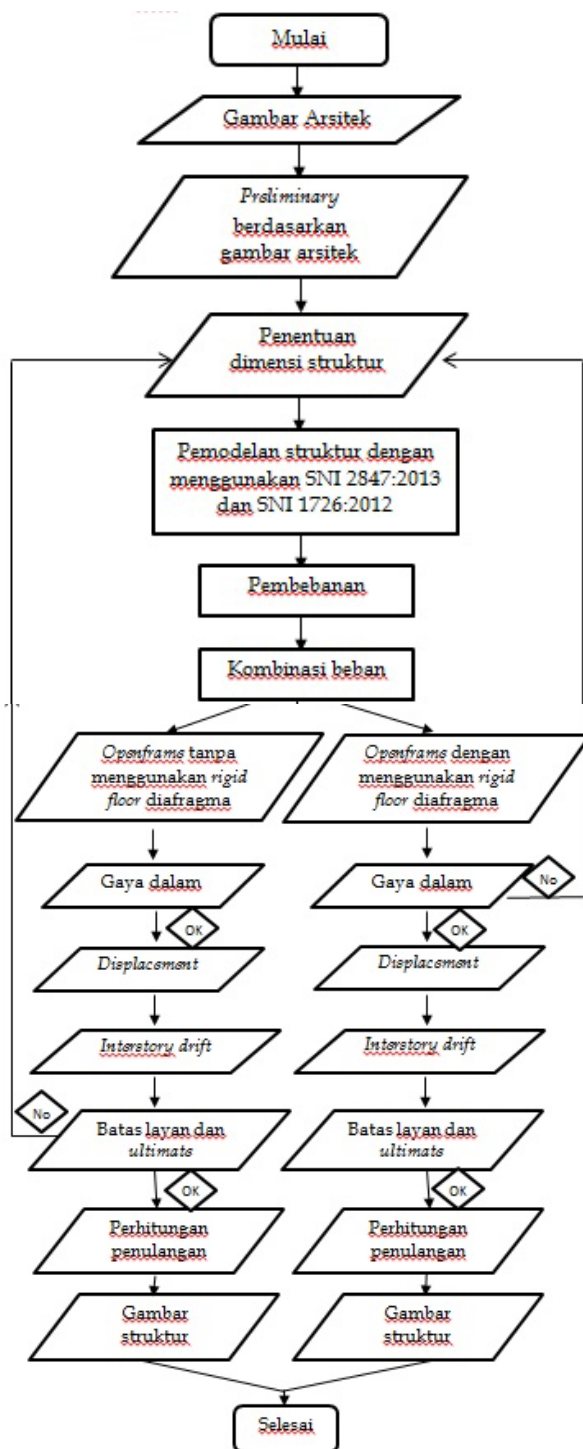
2. Baja Tulangan

Mutu baja yang digunakan adalah :

- a. untuk baja tulangan $\leq \phi 13 \text{ mm}$ digunakan baja U 24, $f_y = 240 \text{ MPa}$,
- b. untuk baja tulangan $> \phi 13 \text{ mm}$ digunakan baja U 39, $f_y = 390 \text{ MPa}$.

D. Flowchart

Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian dengan membandingkan dua sistim struktur.



Gambar 1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Data Gempa

Berikut adalah data gempa berdasarkan kota dan jenis tanah yang didapat dari www.puskim.pu.go.id. Untuk

wilayah kota Surabaya dan jenis tanah lunak didapat nilai-nilai berikut.

PGA (g)	0.325	PSA (g)	0.366
S _s (g)	0.663	S _{MS} (g)	0.911
S ₁ (g)	0.247	S _{MI} (g)	0.744
C _{RS}	0.991	S _{DS} (g)	0.607
C _{RI}	0.929	S _{DI} (g)	0.496
F _{PGA}	1.124	T ₀ (detik)	0.163
F _A	1.374	T _S (detik)	0.817
F _V	3.012		

Berikut merupakan nilai C dan T sesuai dengan SNI 1726:2012 untuk kota Surabaya dengan tanah lunak : Tabel 1 menunjukkan nilai C dan T untuk Gempa SNI 1726:2012 untuk kota Surabaya pada tanah lunak yang dipakai pada saat pemodelan struktur dalam penelitian ini.

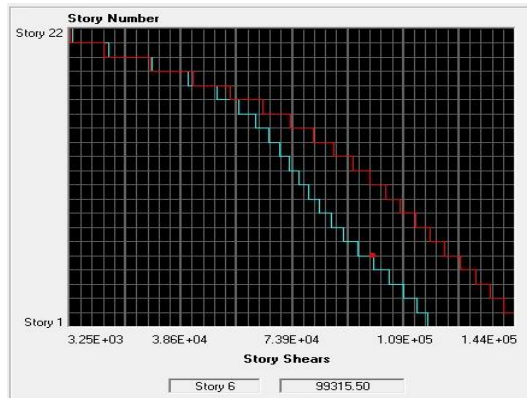
Tabel 1. Nilai C dan T Untuk Gempa SNI 1726:2002

T	C	T	C
0.0	0.243	2.317	0.205
0.163	0.607	2.417	0.197
0.817	0.607	2.517	0.190
0.867	0.541	2.617	0.183
0.917	0.488	2.717	0.176
1.017	0.444	2.817	0.170
1.117	0.408	2.917	0.164
1.217	0.377	3.017	0.159
1.317	0.350	3.117	0.154
1.417	0.327	3.217	0.150
1.517	0.307	3.317	0.145
1.617	0.289	3.417	0.141
1.717	0.273	3.517	0.137
1.817	0.259	3.617	0.133
1.917	0.246	3.717	0.130
2.017	0.234	3.817	0.127
2.117	0.224	4.0	0.124
2.217	0.214		

2. Gaya Geser Struktur Bangunan

a. Distribusi Gaya Geser Struktur Bangunan *Open Frame* dengan *Rigid Floor Diaphragm*

Gambar 2 menunjukkan nilai gaya geser pada combo 3. Untuk warna biru muda merupakan gaya geser arah x, sedangkan warna merah merupakan gaya geser arah y.

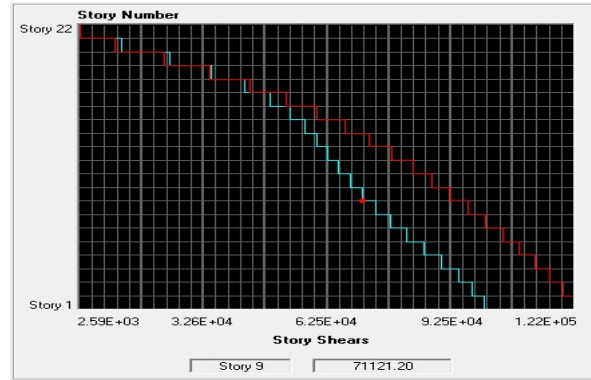


Gambar 2 Distribusi Gaya Geser Struktur Bangunan dengan *Rigid Floor Diaphragm*

Gaya geser tersebut diambil dari nilai *story drift* arah x dan y pada perhitungan yang sebelumnya. Nilai *story drift* tersebut diambil dari nilai *drift* per lantai. Gaya geser menggunakan drift karena kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (*drift*) bangunan. Semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku. Untuk lantai 1 sampai 16 mempunyai nilai gaya geser yang hampir sama besar dan rapat, sedangkan untuk lantai 17 sampai 20 mempunyai nilai yang hampir berhimpitan hal ini dikarenakan nilai *story drift* yang dihasilkan sama besar atau prosentase per lantai tersebut sama.

b. Gaya Geser Struktur Bangunan *Open Frame* Tanpa *Rigid Floor Diaphragm*

Gambar 3 menunjukkan nilai gaya geser pada combo 3. Untuk warna biru muda merupakan gaya geser arah x, sedangkan warna merah merupakan gaya geser arah y.



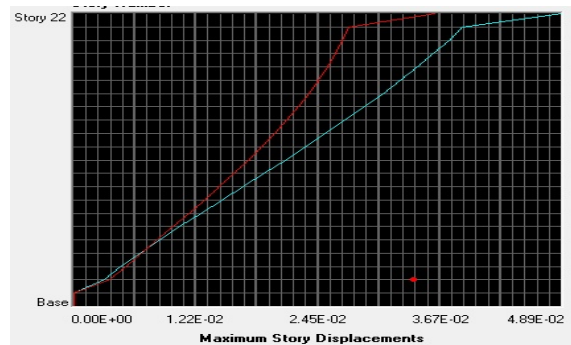
Gambar 3 Distribusi Gaya Geser Struktur

Gaya geser tersebut diambil dari nilai *story drift* arah x dan y pada perhitungan yang sebelumnya. Nilai *story drift* tersebut diambil dari nilai *drift* per lantai. Gaya geser menggunakan drift karena kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (*drift*) bangunan. Semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku. Untuk lantai 1 sampai 15 mempunyai nilai gaya geser yang hampir sama besar dan rapat, sedangkan untuk lantai 16 sampai 20 mempunyai nilai yang hampir berhimpitan hal ini dikarenakan nilai *story drift* yang dihasilkan sama besar atau prosentase per lantai tersebut sama.

3. Maximum Story Displacement

a. Maximum Story Displacement Pada *Openframe* dengan *Rigid Floor Diaphragm*

Gambar 4 menunjukkan nilai *maximum story displacement* pada combo 3. Untuk warna biru merupakan *maximum story displacement* arah x, sedangkan warna merah merupakan *maximum story displacement* arah y.

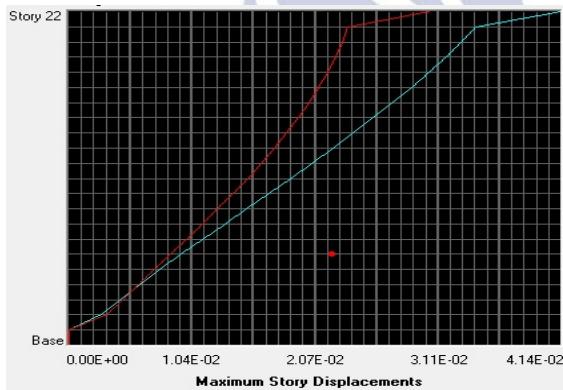


Gambar 4 Maximum Story Displacement (Combo 3)

Untuk lantai 5 nilai *maximum story displacement* yaitu 0,01, lantai 10 yaitu 0,02, lantai 15 yaitu 0,03, lantai 20 yaitu 0,04. *Maximum story displacement* ini dilihat dari *mode shape* yang terjadi. Nilai *displacement* ini diambil dari *mode shape* 6. Jadi dapat disimpulkan bahwa simpangan pada lantai dibawah dengan lantai atas mengalami perbedaan simpangan yang besar karena terjadi akumulasi beban diatasnya sehingga nilai *maximum story displacement* tidak selalu sama.

b. *Maximum Story Displacement Pada Openframe Tanpa Rigid Floor Diaphragm*

Gambar 5 menunjukkan nilai *maximum story displacement* pada combo 3. Untuk warna biru muda merupakan *maximum story displacement* arah x, sedangkan warna merah merupakan *maximum story displacement* arah y.



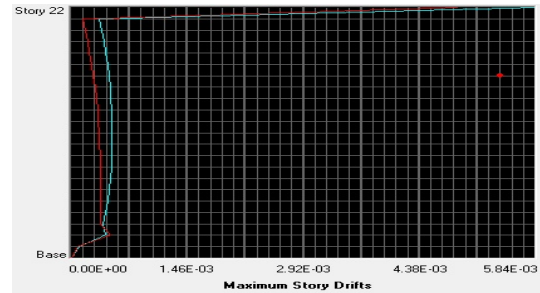
Gambar 5 Maximum Story Displacement (Combo 3)

Untuk lantai 5 nilai *maximum story displacement* yaitu 0,01, lantai 10 yaitu 0,02, lantai 15 yaitu 0,03, lantai 20 yaitu 0,04. *Maximum story displacement* ini dilihat dari *mode shape* yang terjadi. Nilai *displacement* ini diambil dari *mode shape* 6. Jadi dapat disimpulkan bahwa simpangan pada lantai dibawah dengan lantai atas mengalami perbedaan simpangan yang besar karena terjadi akumulasi beban diatasnya sehingga nilai *maximum story displacement* tidak selalu sama.

4. *Maximum Story Drift*

a. *Maximum Story Drift Pada Openframe dengan Rigid Floor Diaphragm*

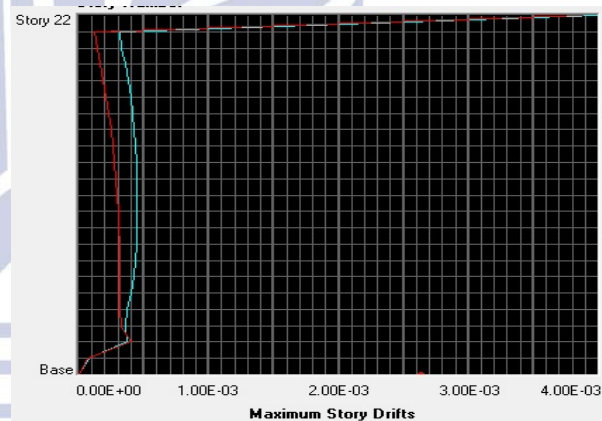
Gambar 6 menunjukkan nilai *maximum story drift* pada combo 3. Untuk warna biru muda merupakan *maximum story drift* arah x, sedangkan warna merah merupakan *maximum story drift* arah y.



Gambar 6 Maximum Story Drift (Combo 3)

Pada grafik *maximum story drift* dapat dilihat bahwa nilai *drift* pada lantai 2 hingga lantai 20 mengalami simpangan yang stabil pada setiap lantai, hal ini dapat dilihat dari *maximum story drift* arah x maupun y mempunyai nilai *drift* yang hampir sama.

b. *Maximum Story Drift Pada Openframe Tanpa Rigid Floor Diaphragm*

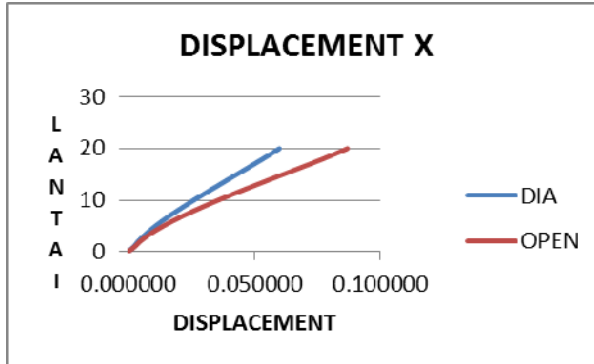


Gambar 7 Maximum Story Drift (Combo 3)

Gambar 7 menunjukkan nilai *maximum story drift* pada combo 3. Untuk warna biru muda merupakan *maximum story drift* arah x, sedangkan warna merah merupakan *maximum story drift* arah y. Pada grafik *maximum story drift* dapat dilihat bahwa nilai *drift* pada lantai 2 hingga lantai 20 mengalami simpangan yang stabil pada setiap lantai, hal ini dapat dilihat dari *maximum story drift* arah x maupun y mempunyai nilai *drift* yang hampir sama.

5. Simpangan Antar Lantai

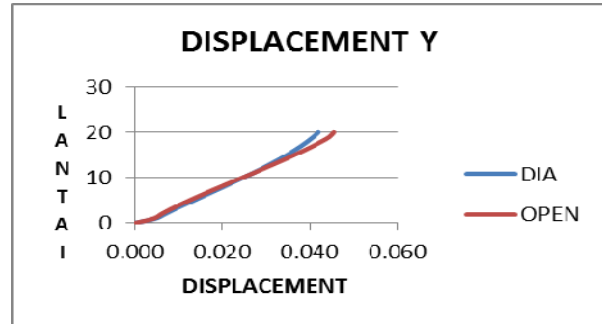
Gambar 8 menunjukkan nilai *displacement openframe* dengan *rigid floor diaphragm* dan tanpa *rigid floor diaphragm*. Untuk warna biru merupakan *displacement openframe* dengan *rigid floor diaphragm*, sedangkan warna merah merupakan *displacement openframe* tanpa *rigid floor diaphragm*.



Gambar 8 Displacement Arah X Terhadap Lantai Bangunan

Displacement adalah simpangan suatu lantai diukur dari dasar lantai terhadap simpangan horizontal pada titik lantai di atasnya yang diukur. *Displacement* arah X merupakan *displacement* yang searah dengan sumbu kuat gedung atau searah dengan panjang gedung. Berdasarkan grafik diatas, bahwa simpangan antar lantai berdasarkan *openframe* tanpa *rigid floor diaphragm* dibandingkan *openframe* dengan *rigid floor diaphragm* yaitu lebih besar 2,34 % ditinjau dari simpangan terjauh arah x yng terjadi pada lantai 20. *Displacement openframe* tanpa *rigid floor diaphragm* mempunyai nilai lebih besar daripada *openframe* dengan *rigid floor diaphragm* dikarenakan elemen struktur arah horizontal pada *openframe* tanpa *rigid floor diaphragm* akan lebih lentur dan berakibat nilai *displacement* lebih besar daripada *openframe* dengan *rigid floor diaphragm*.

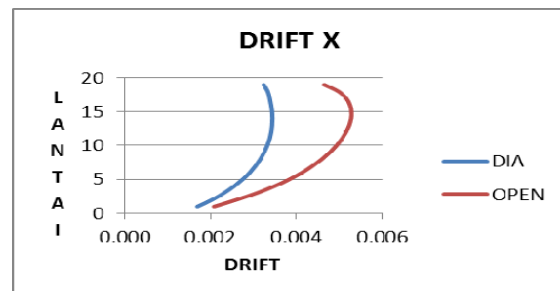
Gambar 9 menunjukkan nilai *displacement openframe* dengan *rigid floor diaphragm* dan tanpa *rigid floor diaphragm*. Untuk warna biru merupakan *displacement openframe* dengan *rigid floor diaphragm*, sedangkan warna merah merupakan *displacement openframe* tanpa *rigid floor diaphragm*.



Gambar 9 Displacement Arah Y Terhadap Lantai Bangunan

Displacement adalah simpangan suatu lantai diukur dari dasar lantai terhadap simpangan horizontal pada titik lantai di atasnya yang diukur. *Displacement* arah X merupakan *displacement* yang searah dengan sumbu kuat gedung atau searah dengan panjang gedung. Berdasarkan grafik diatas, bahwa simpangan antar lantai berdasarkan *openframe* tanpa *rigid floor diaphragm* dibandingkan *openframe* dengan *rigid floor diaphragm* yaitu lebih besar 0,83 % ditinjau dari simpangan terjauh arah x yng terjadi pada lantai 20. *Displacement openframe* tanpa *rigid floor diaphragm* mempunyai nilai lebih besar daripada *openframe* dengan *rigid floor diaphragm* dikarenakan elemen struktur arah horizontal pada *openframe* tanpa *rigid floor diaphragm* akan lebih lentur dan berakibat nilai *displacement* lebih besar daripada *openframe* dengan *rigid floor diaphragm*.

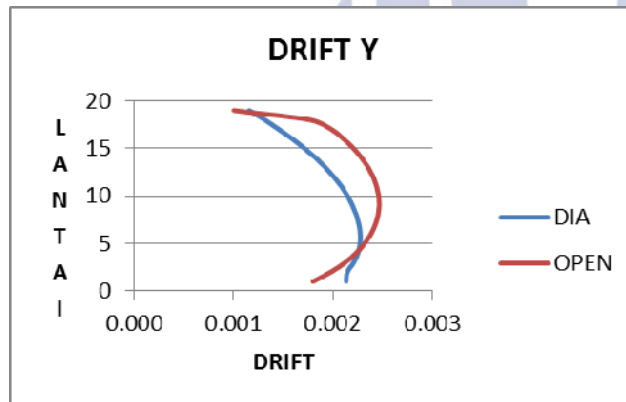
Gambar 10 menunjukkan nilai *story drift open frame* dengan *rigid floor diafragma* dan *open frame* tanpa *rigid floor diafragma*. Untuk warna biru merupakan *story drift open frame* dengan *rigid floor diafragma*, sedangkan warna merah merupakan *story drift openframe* tanpa *rigid floor diafragma*.



Gambar 10 Drift Arah X Terhadap Lantai Bangunan

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa simpangan antar lantai terbesar terjadi pada bangunan *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma sedangkan pada bangunan *open frame* dengan *rigid floor* diafragma simpangan antar lantai tidak terlalu besar. Dengan nilai *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma 2,65% lebih besar daripada *open frame* dengan *rigid floor* diafragma.

Gambar 11 menunjukkan nilai *story drift open frame* dengan *rigid floor* diafragma dan *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma. Untuk warna biru merupakan *story drift open frame* dengan *rigid floor* diafragma, sedangkan warna merah merupakan *story drift open frame* tanpa *rigid floor* diafragma.



Gambar 11 Drift Arah Y Terhadap Lantai Bangunan

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa simpangan antar lantai terbesar terjadi pada bangunan *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma sedangkan pada bangunan *open frame* dengan *rigid floor* diafragma simpangan antar lantai tidak terlalu besar dan memiliki bentuk respon yang terlihat teratur. Dengan nilai *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma 0,40% lebih besar daripada *open frame* dengan *rigid floor* diafragma.

6. Perhitungan Story Drift Kinerja Batas Ultimit

Nilai simpangan antar lantai desain (Δ) tidak boleh melebihi nilai simpangan antar lantai izin (Δ_a).

Simpangan antar lantai izin (Δ_a) lantai 1
 $\Delta < \Delta_a$ $\Delta < 0,015 \times 6750$

$$\Delta < 0,015 \times h_{sx} \quad \Delta < 101,25 \text{ mm}$$

Simpangan antar lantai izin (Δ_a) lantai 2-20

$$\Delta < \Delta_a \quad \Delta < 0,015 \times 4350$$

$$\Delta < 0,015 \times h_{sx} \quad \Delta < 65,25 \text{ mm}$$

STORY	DRIFT-X (mm)	DRIFT-Y (mm)	Δ_a Izin (mm)	Kontrol X	Kontrol Y
1	0.001695	0.002133	101.25	OK	OK
2	0.002045	0.002144	65.25	OK	OK
3	0.002325	0.002209	65.25	OK	OK
4	0.002560	0.002252	65.25	OK	OK
5	0.002757	0.002272	65.25	OK	OK
6	0.002919	0.002274	65.25	OK	OK
7	0.003054	0.002261	65.25	OK	OK
8	0.003167	0.002235	65.25	OK	OK
9	0.003258	0.002196	65.25	OK	OK
10	0.003331	0.002147	65.25	OK	OK
11	0.003386	0.002085	65.25	OK	OK
12	0.003423	0.002010	65.25	OK	OK
13	0.003442	0.001925	65.25	OK	OK
14	0.003450	0.001827	65.25	OK	OK
15	0.003443	0.001715	65.25	OK	OK
16	0.003419	0.001593	65.25	OK	OK
17	0.003385	0.001457	65.25	OK	OK
18	0.003341	0.001315	65.25	OK	OK
19	0.003244	0.001158	65.25	OK	OK

Tabel 2 Perhitungan Story Drift Kinerja Batas Ultimate Struktur Bangunan dengan Rigid Floor Diaphragm

Berdasarkan tabel 2 nilai simpangan antar lantai didapatkan nilai yang masih aman dengan nilai batas *ultimate* untuk setiap lantai baik itu arah x maupun arah y.

STORY	DRIFT-X (mm)	DRIFT-Y (mm)	Δ_a Izin (mm)	Kontrol X	Kontrol Y
1	0.002082	0.001800	101.25	OK	OK
2	0.002622	0.001978	65.25	OK	OK
3	0.003096	0.002124	65.25	OK	OK
4	0.003500	0.002232	65.25	OK	OK
5	0.003846	0.002318	65.25	OK	OK
6	0.004139	0.002382	65.25	OK	OK
7	0.004390	0.002426	65.25	OK	OK
8	0.004606	0.002453	65.25	OK	OK

STORY	DRIFT-X (mm)	DRIFT-Y (mm)	Δa Izin (mm)	Kontrol X	Kontrol Y
9	0.004789	0.002465	65.25	OK	OK
10	0.004943	0.002460	65.25	OK	OK
11	0.005070	0.002439	65.25	OK	OK
12	0.005171	0.002405	65.25	OK	OK
13	0.005243	0.002355	65.25	OK	OK
14	0.005287	0.002288	65.25	OK	OK
15	0.005295	0.002207	65.25	OK	OK
16	0.005260	0.002106	65.25	OK	OK
17	0.005169	0.001986	65.25	OK	OK
18	0.004988	0.001769	65.25	OK	OK
19	0.004654	0.001004	65.25	OK	OK

Tabel 3 Perhitungan Story Drift Kinerja Batas Ultimate Struktur Bangunan Tanpa Rigid Floor Diaphragm

Berdasarkan tabel 3.3 kinerja batas *ultimate* pada struktur bangunan tanpa *rigid floor diaphragm* bahwa sesuai dengan nilai *story drift* yang telah di hitung sebelumnya kemudian di kontrol dengan nilai simpangan antar lantai izin maka didapatkan nilai yang masih aman dengan nilai batas *ultimate* untuk setiap lantai baik itu arah x maupun arah y.

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisa pada bab sebelumnya dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan gempa SNI 1726:2012 untuk struktur gedung yang merupakan fasilitas pendidikan di kota Surabaya harus menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dikarenakan kategori resiko bangunan atau fasilitas pendidikan dalam SNI 1726:2012 termasuk dalam kategori resiko IV dengan faktor keutamaan bangunan sebesar 1,5. Ini berbeda jauh dengan SNI 1726:2002 dengan struktur gedung yang sama dan di kota yang sama namun masih bisa menggunakan sistem rangkai pemikul momen biasa (SRPMB).

2. Hasil penulangan untuk openframe tanpa *rigid floor* diafragma dan openframe dengan *rigid floor* diafragma bahwa penulangan openframe dengan *rigid floor* diafragma lebih sedikit dibandingkan dengan openframe tanpa *rigid floor* diafragma.
3. Perbedaan gaya dalam dan respon struktur dari hasil pemodelan dengan menggunakan *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma dan *openframe* dengan *rigid floor* diafragma berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013 didapatkan bahwa *interstory* untuk *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma lebih besar dibandingkan dengan *interstory* untuk *openframe* dengan *rigid floor* diafragma.
4. Kinerja batas *ultimate* *openframe* dengan *rigid floor* diafragma maupun *openframe* tanpa *rigid floor* diafragma bahwa sesuai dengan nilai *story drift* sebelumnya dikalikan dengan faktor skala didapatkan nilai yang masih aman dengan nilai batas *ultimate* untuk setiap lantai. Untuk lantai 1 mempunyai batas nilai 101,25 mm dan lantai 2 sampai 19 yaitu 65,25 mm. Jadi untuk lantai 1 sampai 19 didapatkan kondisi yang aman.

B. Saran

Melihat penelitian ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut, berikut adalah beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Hasil pemodelan didapatkan masih adanya *overstress* pada kolom dalam model struktur tanpa *open frame* diafragma sedangkan dalam model struktur dengan *open frame* diafragma terlihat sudah tidak ada *overstress*. Disarankan untuk memodelkan struktur gedung menggunakan *open frame* dengan *rigid floor* diafragma atau tetap dengan menggunakan *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma tetapi menggunakan dinding geser. Hal ini dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.
2. Hasil dari *story drift* serta batas *ultimate* pada penelitian ini didapatkan struktur *open frame* dengan *rigid floor* diafragma dan *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma masih dalam kondisi sangat

aman. Oleh sebab itu pada penelitian selanjutnya dapat mengurangi mutu beton dan mengubah dimensi kolom dari penelitian ini .

3. Hasil perhitungan penulangan didapatkan penulangan pada model *open frame* dengan *rigid floor* diafragma lebih kecil dibandingkan dengan penulangan pada model *open frame* tanpa *rigid floor* diafragma. Disarankan untuk membangun struktur dengan pemodelan *open frame* dengan *rigid floor* diafragma karena dapat lebih menghemat kebutuhan jumlah tulangan.

[EN BETON BERTULANG DI BEBERAPA KOTA DI INDONESIA](#), 16 Desember 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Hendi, ***Open Frame Building***, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. ***Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)***. Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. ***Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)***.
- Budiono, Bambang. 2011. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x. Bandung : Penerbit ITB.
- Paulay,T.,and Priestley,M.J.N.,1992, ***Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings***, John Willey and Sons Inc, New York.
- Adi Hendi,***Open Frame Building***, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rachmat, Pujo. 2013. Desain Kapasitas Struktur Daktil Tahan Gempa Kuat. Surabaya : ITS Press
- Yoyong Arifiadi, Februari 2015, "Pengaruh Penereapan SNI Gempa 2012 Pada Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang di Beberapa Kota di Indonesia". Research Gate, https://www.researchgate.net/publication/272821540_PENGARUH_PENETAPAN_SNI_GEMPA_2012_PADA_DESAIN_STRUKTUR_RANGKA_MOMEN_BETON_BERTULANG_DI_BEBERAPA_KOTA_DI_INDONESIA