

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 324 - 330	SURABAYA 2017	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:

Universitas Negeri Surabaya

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
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:

Jurus Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....i

DAFTAR ISI.....ii

- Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)

ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK

Novi Dwi Pratama, Nur Andajani, 01 – 08

ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013

Ferry Sandrian, Sutikno, 09 – 16

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013

Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S., 17 – 26

ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012

Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno, 27 – 32

ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR

Andik Setiawan, Purwo Mahardi, 33 – 38

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN SLUDGE INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN CONPLAST WP 421 DAN MONOMER PADA PEMBUATAN BATAKO

Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto, 39 – 46

ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN *MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (TCTO)

Aulia Putri Andhita, Hasan Dani, 47 – 55

ANALISIS MANFAAT-BIAYA PEMBANGUNAN JALAN AKSES DAN JEMBATAN MASTRIJ-JAMBANGAN

Irwan Fachri Muannas, Purwo Mahardi, 56 – 62

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 8 M DAN 10 M

Laras Sukmawati Yuwono, Arie Wardhono, 63 – 69

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 12 M DAN 14 M

Rifky Farandy Pramudita, Arie Wardhono, 70 – 76

PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER MEMANFAATKAN FLY ASH DENGAN MOLARITAS 8M DAN 10M

Danan Jaya Tri Yanuar, Arie Wardhono, 77 – 83

ANALISA PERKIRAAN TOTAL WAKTU DAN BIAYA PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SCHEDULE CONTROL SYSTEM CRITERIA (C/S-CSC) PADA PELAKSANAAN STRUKTUR PEMBANGUNAN FASUM (FASILITAS UMUM) DAN FASOS (FASILITAS SOSIAL) PT. INDUSTRI GULA GLENMORE KABUPATEN BANYUWANGI

Priestianti Diandra, Mas Suryanto HS., 84 – 90

IDENTIFIKASI DAN ANALISA RISIKO KONSTRUKSI YANG MEMPENGARUHI MUTU DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON SURABAYA

Trisna Anggi Prasetya, Mas Suryanto HS., 91 – 98

PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER DENGAN MOLARITAS TINGGI

Rizky Ismantoro Putra, Arie Wardhono., 99 – 104

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU (BAGASSE ASH) PADA KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR STRUKTUR BALOK

Aris Widodo, Sutikno, 105 – 111

EFISIENSI BIAYA PEMBESIAN BERDASARKAN BESTAT PADA PEKERJAAN PIER JEMBATAN TOL SUMO MAIN ROAD STA 12+266.746 DI PT WIJAYA KARYA (Persero) Tbk.

Widhitya Haryoko, Bambang Sabariman, 112 – 118

“PENERAPAN STATISTICAL PROCESS CONTROL UNTUK PENGENDALIAN MUTU SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA”

<i>Dwi Sagti Nur Yunita, Hasan Dani,</i>	119 – 130
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO	
<i>Dian Rokhmatika Siregar, Nur Andajani,</i>	131 – 137
SUDI KELAYAKAN ASPEK FINANSIAL PEMBANGUNAN PASAR SAYUR BARU DI KABUPATEN MAGETAN	
<i>Syahrul Rizal Nur Afan, Mas Suryanto H.s,</i>	138 – 144
STUDI KELAYAKAN INVESTASI HUNIAN RUMAH SUSUN DI DESA MOJOSARIKEO KEC. DRIYOREJO KAB. GRESIK DITINJAU DARI ASPEK FINANSIAL	
<i>Nurlaili Khasanatus Salis, Mas Suryanto H.s,</i>	145 – 154
“PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN TROUGH PRATT TRUSS TIGA TUMPUAN”	
<i>Reissa Rachmania, Sutikno,</i>	155 – 167
PENGARUH PENGGUNAAN COPPER SLAG SEBAGAI PENGANTI PASIR TERHADAP KUALITAS GENTENG BETON SESUAI SNI 0096:2007	
<i>Dyah Wahyuningtyas, Suprapto,</i>	168 – 174
PENGARUH PENGGUNAAN COPPER SLAG SEBAGAI PENGANTI PASIR (<i>FINE AGGREGATE</i>) PADA CAMPURAN <i>PAVING BLOCK</i>	
<i>Lianita Kurniawati, Suprapto,</i>	175 – 180
“PENGARUH NORMALISASI KALI SADAR TERHADAP SISTEM DRAINASE PENGENDALIAN BANJIR WILAYAH KECAMATAN MOJOANYAR KABUPATEN MOJOKERTO”	
<i>Beba Shonia Nur A’zhami, Kusnan,</i>	181 – 191
PENERAPAN STATISTICAL PROCESS CONTROL UNTUK PENGENDALIAN MUTU BETON <i>READY MIX</i> DI PT. MERAK JAYA BETON	
<i>Sonia Ariyanti, Mas Suryanto HS.,</i>	192 – 201

ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN BINA MARGA 2013 DAN AASHTO 1993
(Studi Kasus : Ruas Jl. Kalianak Osowilangun, Kecamatan Benowo, Surabaya)

- Faradita Alfianti, Purwo Mahardi,* 202 – 208
“UPAYA PENINGKATAN PENGELOLAAN KARAKTERISTIK SAMPAH RUMAH TANGGA DI KELURAHAN PERAK TIMUR SURABAYA UTARA”
- Feby Ariawan, AriTonang,* 209 – 217
ANALISIS PENGGUNAAN PANEL GLASSFIBER REINFORCED CEMENT (GRC) SEBAGAI PENGGANTI DINDING PRECAST DITINJAU DARI SEGI BIAYA, MUTU, DAN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMENT VENETIAN TOWER GRAND SUNGKONO LAGOON, SURABAYA
- Lailatus Sholihatul Ula, Mas Suryanto H.S.,* 218 – 223
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATA RINGAN PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH WIYUNG SURABAYA TERHADAP NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
- Kwani Eka Gustin, Machfud Ridwan.,* 224 – 230
 PENGGUNAAN BULU AYAM HORN SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SERAT FIBER PADA CAMPURAN GRC (*GLASSFIBRE REINFORCED CEMENT*) PANEL DINDING TERHADAP UJI KEMAMPUAN MEKANIS
- Helsa Adeayu Kumala Putri, Arie Wardhono,* 231 – 237
 PENGGUNAAN POTONGAN SERAT BAMBU ORI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI *GLASSFIBER* PADA PEMBUATAN CAMPURAN PANEL DINDING GRC (*GLASSFIBER REINFORCED CEMENT*) TERHADAP UJI KEMAMPUAN MEKANIS
- Riski Dany Saputra, Arie Wardhono,* 238 – 247
 PENGGUNAAN LIMBAH SERABUT KELAPA SEBAGAI PENGGANTI SERAT FIBER PADA PEMBUATAN PANEL DINDING *GLASSFIBER REINFORCED CEMENT*
- Iqhbala Shiddiq, Arie Wardhono,* 248 – 259

STUDI VALUE ENGINEERING PADA PEMBANGUNAN *MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT*
PT. SURYA BANGUN PERSADA INDAH (Jl. Rungkut Industri No.4 Surabaya)

<i>Elsa Widya Khinanti, Hasan Dani,</i>	260 – 268
ANALISIS PENERAPAN MANAJEMEN MUTU ISO 9001:2008 PADA BETON PRECAST DI PT. <i>WASKITA PRECAST PLANT SIDOARJO</i>	
<i>Linda Heni Dwi Pratiwi, Mas Suryanto HS,</i>	269 – 278
PENGARUH HIBRIDASI ANTARA SERAT BAJA DAN <i>POLYPROPYLENE</i> PADA PEMBUATAN BETON MUTU NORMAL DENGAN <i>COPPER SLAG</i> SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR	
<i>Moch. Abdul Ghofur, Yogie Risdianto,</i>	279 – 284
STUDI VALUE ENGINEERING TAHAP DESAIN PROYEK PEMBANGUNAN PUNCAK CENTRAL <i>BUSINEES DISTRICT (CBD) SURABAYA</i>	
<i>Elvina Dwi Yustisia, Mas Suryanto,</i>	285 – 291
PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN MUTU ISO 9001:2008 TERHADAP REALISASI PRODUK BETON <i>READY MIX</i> DI PT. SCG JAYAMIX	
<i>Hana Aulia Rahma, Mas Suryanto HS,</i>	292 – 302
ANALISA KARAKTERISTIK MARSHALL LAPISAN ASPAL BETON AC-BC DAN ATB DENGAN TAMBAHAN ABU BATU SEBAGAI FILLER	
<i>Irfan Zhain, Purwo Mahardi</i>	303 – 309
PENGARUH PENAMBAHAN ABU DASAR (<i>BOTTOM ASH</i>) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF TERHADAP NILAI <i>CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</i> TEST	
<i>Diza Witri Meidilla, Machfud Ridwan,</i>	310 – 318
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT <i>POLYPROPYLENE</i> TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON NORMAL DENGAN PENGGUNAAN <i>COPPER SLAG</i> SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS	
<i>Amalia Novita Pratiwi-Yogie Risdianto,</i>	319 – 323
ANALISIS PERBANDINGAN RESPONSTR STRUKTUR GEDUNG DENGAN SISTEM RANGKA <i>OPEN FRAME, SHEAR WALL SEMI-RIGID, DAN SHEAR WALL FULL-RIGID</i> BERDASARKAN SNI 03-1726-2012	
<i>Afie Fakhrusy, M. Firmansyah S.,</i>	324 – 330

**ANALISIS PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR GEDUNG DENGAN SISTEM RANGKA
OPEN FRAME, SHEAR WALL SEMI-RIGID, DAN SHEAR WALL FULL-RIGID BERDASARKAN
SNI 03-1726-2012**

Afie Fakhrusy

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: afie.fakhrusy@rocketmail.com

M. Firmansyah S.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: firmansyah.s.87@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan gedung tinggi di Indonesia harus direncanakan sebagai bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Bangunan dapat dinyatakan aman jika memiliki simpangan yang tidak melebihi nilai simpangan ijin yang telah disyaratkan. Salah satu yang dapat dilakukan untuk memperkecil simpangan adalah dengan penambahan dinding geser. Pada SNI 1726-2012, sistem ganda harus direncanakan memiliki SRPM yang mampu menahan minimal 25% beban gempa tanpa kehadiran *shear wall*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons struktur akibat gempa dari masing-masing sistem struktur, yaitu rangka terbuka, Sistem Ganda dengan SRPM memikul 50% beban gempa, dan Sistem Ganda dengan SRPM memikul 25% beban gempa. Bangunan direncanakan 20 lantai dan terletak di Surabaya. Analisis menggunakan analisis dinamik respon spektrum, dan menggunakan aplikasi ETABS v16.0.2. Hasil analisis menunjukkan *Base Shear* pada *Open frame* arah X sebesar 2738,26 kN, dan arah Y sebesar 3001,82 kN, sedangkan pada Sistem Ganda arah X sebesar 4071,04 kN dan arah Y sebesar 4851,14 kN. Simpangan pada *Open frame* sebesar 0,00794, sedangkan Sistem Ganda dengan 50% gaya gempa sebesar 0,00660, dan Sistem Ganda dengan 25% gaya gempa sebesar 0,00338. Hasil menunjukkan nilai simpangan pada bangunan *Open frame* tidak memenuhi kinerja batas ultimate.

Kata Kunci: Sistem Ganda, *Shear Wall*, Analisis Respon Spektrum, *Interstory Drift*, SNI 1726:2012

ABSTRACT

High-rise buildings in Indonesia should be planned as a seismic force-resisted building as accordance with SNI 1726-2012. High-rise buildings were considered safe if its drift value doesn't exceed the limit value. In the SNI 1726-2012, dual systems should be planned has moment-resisting frames that capable to resist at least 25% of the seismic loads. This study aims to compare the structure response as the result of earthquake loads from open frame, Dual Systems with MRFS resist 50% of seismic loads, and Dual Systems with MRFS resist 25% seismic loads. The building is planned with 20 level and located in Surabaya. Seismic loads analysis calculated by response spectrum analysis method, and using ETABS v16.0.2. The results shows Base Shear of Open frame structure in X-direction is 2738.26 kN, and the Y-direction is 3001.82 kN, while the Dual System is 4071.04 kN and 4851.14 kN. Drift of Open frame structure is 0,00794, while the Dual System with 50% of seismic loads is 0,00660, and Dual System with 25% of seismic loads is 0,00338. The results shows drift value of open frame structure is exceed ultimate performance limit.

Keywords: Dual Systems, *Shear Wall*, Respon Spectrum Analysis, *Inter-story Drift*, SNI 1726:2012

PENDAHULUAN

Secara geografis, Indonesia merupakan negara yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik raksasa, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Akibatnya, Indonesia termasuk negara dengan resiko mengalami gempa dengan intensitas yang cukup tinggi. Beberapa contoh kasus gempa dengan kekuatan tinggi di Indonesia adalah bencana gempa yang disertai tsunami yang melanda Aceh pada tahun 2004 dengan kekuatan 9,2 SR, gempa Nias dengan kekuatan 8,7 SR pada tahun 2005, dan gempa Jogjakarta dengan kekuatan 6,2 SR pada tahun 2006. Hal ini menunjukkan bahwa beban gempa tidak bisa diabaikan dalam perencanaan bangunan-bangunan di Indonesia.

Di sisi lain, seiring pertumbuhan jumlah penduduk yang berbanding terbalik dengan ketersediaan lahan yang ada, kota-kota besar di Indonesia mulai menerapkan pembangunan gedung-gedung tinggi (*high rise building*). Dengan fungsi yang beragam tersebut bangunan tinggi dinilai lebih efisien dari segi penggunaan lahan dan investasi. Dengan demikian, maka bangunan tinggi di Indonesia perlu direncanakan sebagai bangunan tahan gempa.

Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang dapat merespons gaya gempa dengan sifat daktail dan mampu bertahan dari keruntuhan struktural pada saat gempa terjadi. Bangunan dengan struktur tinggi akan mengalami simpangan (*drift*) pada saat gempa terjadi. Apabila simpangan yang terjadi melampaui nilai batas, maka

bangunan tersebut dinyatakan tidak aman. Untuk memperkecil nilai simpangan, salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan penambahan dinding geser (*shear wall*).

Dinding geser merupakan dinding yang dirancang untuk menahan gaya lateral akibat gempa bumi maupun beban angin, namun di Indonesia, beban gempa lebih dominan daripada beban angin. Dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung.

Dalam penelitian ini, penulis merencanakan 3 bangunan dengan masing-masing menggunakan sistem rangka *open frame*, sistem ganda dengan *semi-rigid shearwall*, dan sistem ganda dengan *full-rigid shearwall*. Pada bangunan *open frame*, seluruh beban gempa ditahan oleh struktur kolom, sedangkan pada sistem ganda dengan *semi-rigid shearwall*, beban gempa sebesar 50% ditahan oleh *shearwall*, dan pada sistem ganda *full-rigid shearwall* sebesar 75% beban gempa ditahan oleh *shearwall*.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini dimaksudkan membandingkan perbedaan respon struktur bangunan yang terjadi akibat pemasangan *semi-rigid shear wall* dan *full-rigid shear wall*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan gaya dalam dan respon struktur yang terjadi akibat perbedaan sistem rangka *open frame*, sistem ganda *shearwall semi-rigid*, dan sistem ganda *shearwall full-rigid*?
2. Bagaimana perbedaan detail penulangan kolom akibat perbedaan sistem rangka *open frame*, sistem ganda *shearwall semi-rigid*, dan sistem ganda *shearwall full-rigid*?

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil perbedaan gaya dalam dan respon struktur yang terjadi akibat perbedaan sistem rangka *open frame*, sistem ganda *shearwall semi-rigid*, dan sistem ganda *shearwall full-rigid*?
2. Mendapatkan hasil perbedaan detail penulangan kolom akibat perbedaan sistem rangka *open frame*, sistem ganda *shearwall semi-rigid*, dan sistem ganda *shearwall full-rigid*?

Manfaat dalam penelitian ini adalah memberikan pengetahuan tentang hasil perbedaan respon bangunan akibat dari sistem rangka *open frame*, sistem ganda dengan *shearwall semi-rigid*, dan sistem ganda dengan *shearwall full-rigid*.

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Perencanaan struktur berdasarkan SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
2. Peraturan gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
3. Pembebanan berdasarkan SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum Untuk Perencangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
4. Bangunan adalah gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan UNAIR Surabaya yang dimodifikasi.
5. Gaya lateral hanya memperhitungkan gaya gempa, sedangkan beban angin diabaikan.
6. Analisis struktur menggunakan aplikasi ETABS 2016 Ultimate v16.0.2
7. Tidak memperhitungkan faktor ekonomi.
8. Tidak memperhitungkan struktur bawah..

METODE

Data Penelitian

Data-data Gedung:

Nama Proyek	:Perencanaan struktur struktur Gedung Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
Fungsi Bangunan	: Sekolah
Lokasi	: Surabaya
Lebar Bangunan	: 15 m
Panjang Bangunan	: 35 m
Tinggi Bangunan	: 80 m
Jumlah Lantai	: 20 lantai
Jenis Tanah	: Tanah Lunak

Metode Penelitian

Penelitian ini melakukan studi tentang perbandingan respons struktur (gaya geser dasar, *displacement*, *story drift*, dan kinerja batas ultimate) dan gaya dalam antara bangunan dengan sistem rangka (*open frame*), dengan pemasangan *shearwall semi-rigid*, dan dengan pemasangan *shearwall full-rigid* dengan bantuan ETABS v16.0.2

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

$$\begin{aligned} U &= 1,4 \text{ DL} \\ U &= 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL} \\ U &= 1,2\text{DL} + 1\text{LL} + 1 \text{ Ex} \\ U &= 1,2\text{DL} + 1\text{LL} \pm 1 \text{ Ey} \\ U &= 0,9\text{DL} + 1\text{Ex} \\ U &= 0,9\text{DL} + 1\text{Ey} \end{aligned}$$

Adapun spesifikasi bahan yang digunakan meliputi:

1. Beton

Mutu beton yang digunakan adalah :

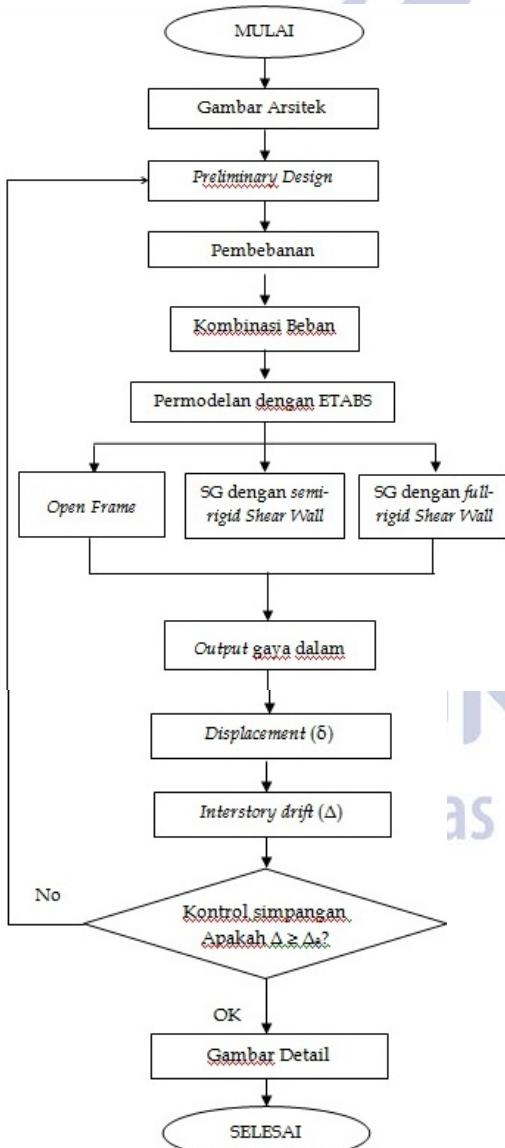
- Untuk pelat, balok dan kolom digunakan mutu beton $f'c = 30$ MPa.
- $E_c = 4700\sqrt{30} = 25742,96$
- $\beta_1 = 0.83245$ (SNI 2847:2013 Pasal 10.2.7.3)

2. Baja Tulangan

Mutu baja yang digunakan adalah :

- Baja tulangan $\leq \emptyset 13$ mm digunakan baja $f_y = 240$ MPa,
- Baja tulangan $> D 13$ mm digunakan baja $f_y = 400$ MPa.

A. Diagram Alir Penelitian (flowchart)



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Gempa

Berikut adalah penentuan Kategori Desain Seismik untuk wilayah kota Surabaya dan jenis tanah lunak (*site class E*) berdasarkan <http://www.puskim.pu.go.id> dan SNI 1726:2012. Data-data yang didapatkan adalah sebagai berikut:

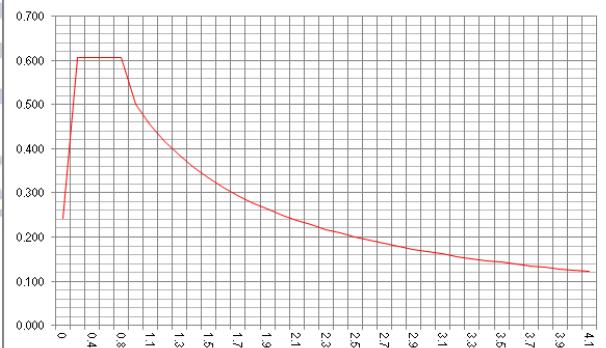
PGA (g)	0,325	PSA (g)	0,366
S _s (g)	0,663	S _{MS}	0,911
S ₁ (g)	0,247	S _{M1}	0,744
C _{RS}	0,991	S _{DS}	0,607
C _{R1}	0,929	S _{D1}	0,496
F _{PGA}	1,124	T ₀	0,163
F _a	1,374	T _S	0,817
F _v	3,012		

Berikut merupakan nilai S_a dan T SNI 1726:2012 untuk kota Surabaya dengan tanah lunak:

Tabel 1 Nilai C dan T SNI 1726:2012

T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa
0	0.243	1.5	0.331	2.5	0.198	3.5	0.142
0.2	0.607	1.6	0.310	2.6	0.191	3.6	0.138
0.4	0.607	1.7	0.292	2.7	0.184	3.7	0.134
0.6	0.607	1.8	0.276	2.8	0.177	3.8	0.131
0.8	0.607	1.9	0.261	2.9	0.171	3.9	0.127
1	0.496	2	0.248	3	0.165	4	0.124
1.1	0.451	2.1	0.236	3.1	0.160		
1.2	0.413	2.2	0.225	3.2	0.155		
1.3	0.382	2.3	0.216	3.3	0.150		
1.4	0.354	2.4	0.207	3.4	0.146		

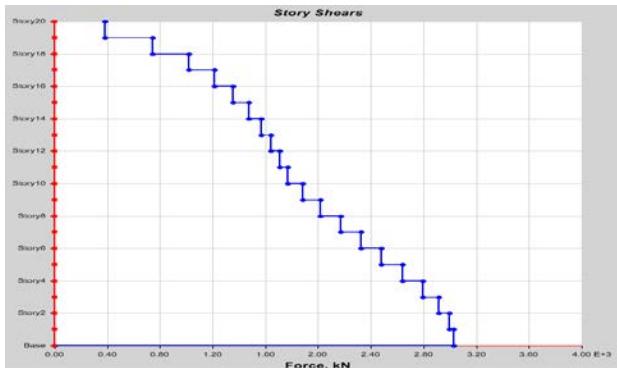
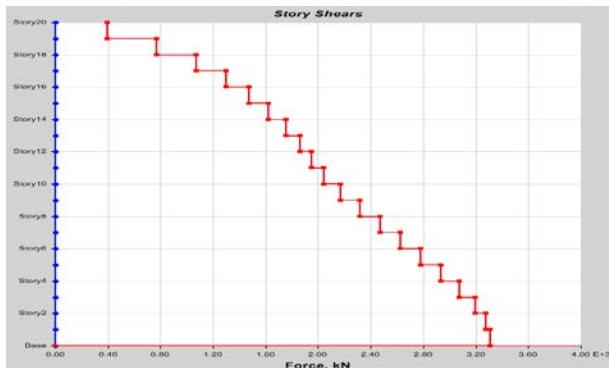
Respon Spektrum wilayah Surabaya



Gambar 2 Respon Spektrum Kota Surabaya

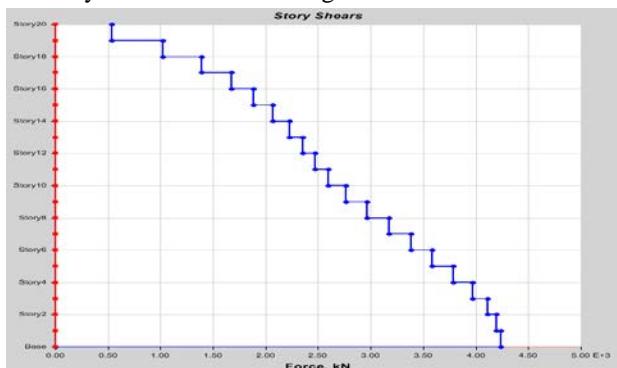
Gaya Geser Struktur Bangunan

1. Gaya Geser Struktur Bangunan *Open frame*

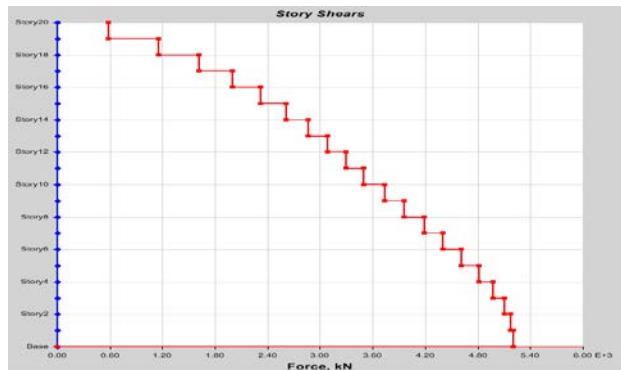
Gambar 3 Distribusi gaya geser struktur *Open frame* arah XGambar 4 Distribusi Gaya Geser Struktur *Open frame* arah Y

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan distribusi gaya geser pada tiap lantai akibat beban gempa. Dalam hal ini beban gempa dibagi menjadi 2, yaitu terhadap sumbu X dan sumbu Y. Pada *Story Response* di aplikasi ETABS, garis biru mewakili arah X sedangkan garis merah mewakili arah Y. Pada kedua grafik di atas terlihat bahwa masing-masing garis telah bekerja sesuai *Load Case*, hal tersebut menjelaskan bahwa beban gempa telah bekerja pada kedua sumbu yang telah didefinisikan. *Base shear* atau gaya geser dasar yang berada pada lantai paling bawah di bangunan *Open frame* adalah sebesar 2738,26 kN pada arah X dan 3001,82 kN pada arah Y. Perbedaan nilai *base shear* tersebut disebabkan oleh bentuk bangunan yang tidak persegi. *Base shear* yang terjadi pada bangunan Sistem Ganda lebih besar dibandingkan bangunan *Open frame*, dikarenakan *base shear* dipengaruhi oleh berat total bangunan.

2. Gaya Geser Struktur Bangunan Sistem Ganda



Gambar 5 Distribusi gaya geser struktur Sistem Ganda arah X

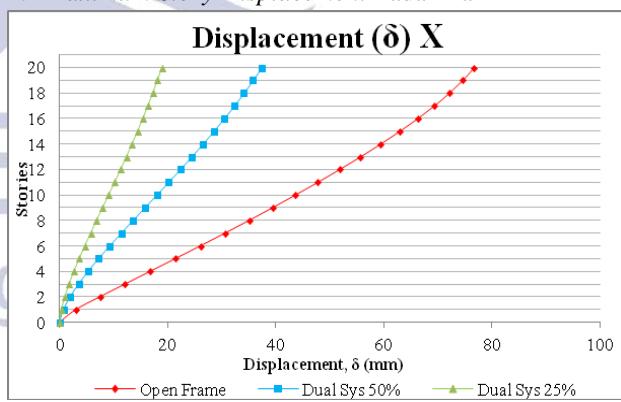


Gambar 6 Distribusi gaya geser struktur Sistem Ganda arah Y

Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan distribusi gaya geser pada tiap lantai akibat beban gempa. Dalam hal ini beban gempa dibagi menjadi 2, yaitu terhadap sumbu X dan sumbu Y. Pada *Story Response* di aplikasi ETABS, garis biru mewakili arah X sedangkan garis merah mewakili arah Y. Pada kedua grafik di atas terlihat bahwa masing-masing garis telah bekerja sesuai *Load Case*, hal tersebut menjelaskan bahwa beban gempa telah bekerja pada kedua sumbu yang telah didefinisikan. *Base shear* atau gaya geser dasar yang berada pada lantai paling bawah di bangunan *Open frame* adalah sebesar 4071,04 kN pada arah X dan 4851,14 kN pada arah Y. Perbedaan nilai *base shear* tersebut disebabkan oleh bentuk bangunan yang tidak persegi. *Base shear* yang terjadi pada bangunan Sistem Ganda lebih besar dibandingkan bangunan *Open frame*, dikarenakan *base shear* dipengaruhi oleh berat total bangunan.

Maximum Story Displacement

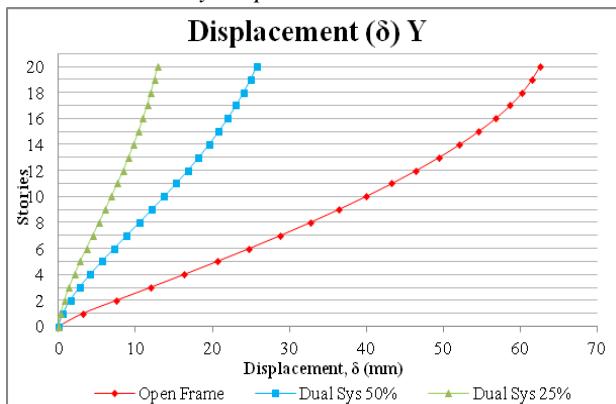
1. Maximum Story Displacement Pada Arah X

Gambar 7 *Displacement (δ)* pada arah X

Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai *displacement* pada masing-masing sistem struktur. Garis merah pada grafik mewakili *displacement* pada bangunan *Open frame*, sedangkan garis biru mewakili *displacement* pada bangunan sistem ganda dengan rangka yang memikul 50% beban gempa, dan garis hijau mewakili *displacement* pada bangunan Sistem Ganda dengan rangka yang memikul 25% beban gempa. Berdasarkan grafik diatas, terlihat nilai *displacement* bangunan *Open*

frame paling besar yaitu 76,65 mm, sedangkan displacement pada bangunan Sistem Ganda dengan rangka yang memikul 50% beban gempa turun menjadi 37,39 mm. Displacement pada bangunan Sistem Ganda dengan rangka yang memikul 25% beban gempa adalah yang terkecil dengan 18,89 mm.

2. Maximum Story Displacement Pada Arah Y

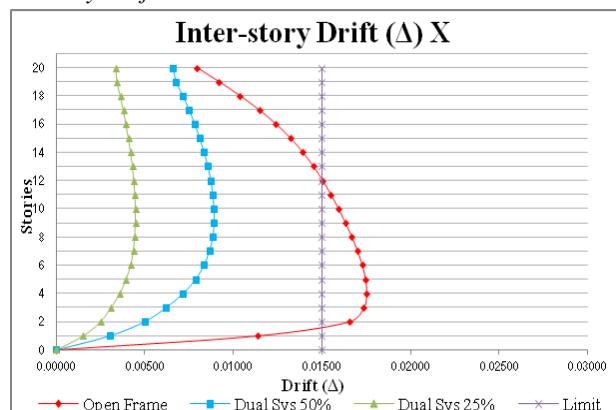


Gambar 8 Displacement (δ) pada arah Y

Gambar 8 menunjukkan perbandingan nilai displacement pada masing-masing sistem struktur. Garis merah pada grafik mewakili displacement pada bangunan *Open frame*, sedangkan garis biru mewakili displacement pada bangunan sistem ganda dengan rangka yang memikul 50% beban gempa, dan garis hijau mewakili displacement pada bangunan Sistem Ganda dengan rangka yang memikul 25% beban gempa. Berdasarkan grafik diatas, terlihat nilai displacement bangunan *Open frame* paling besar yaitu 62,55 mm, sedangkan displacement pada bangunan Sistem Ganda dengan rangka yang memikul 50% beban gempa turun menjadi 25,73 mm. Displacement pada bangunan Sistem Ganda dengan rangka yang memikul 25% beban gempa adalah yang terkecil dengan 12,87 mm.

Maximum Story Drift

1. Story Drift Pada arah X

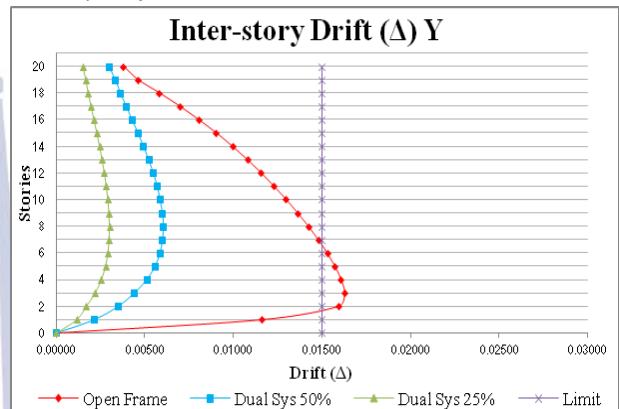


Gambar 9 Interstory Drift (Δ) arah X

Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa simpangan antar lantai terbesar terjadi pada bangunan *Open frame*,

sehingga nilai simpangan melebihi nilai batas ultimate. Simpangan antar lantai berhubungan dengan kekakuan struktur. Semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku. Drift yang terjadi pada *Open frame* lebih besar karena beban gempa hanya dipikul oleh komponen SRPM, sedangkan dalam Sistem Ganda simpangan dapat diperkecil karena adanya penambahan dinding geser, sehingga rangka direncanakan dapat memikul beban gempa paling sedikit 25% dari beban gempa tanpa kehadiran *shearwall*.

2. Story Drift Pada arah Y



Gambar 10 Interstory Drift (Δ) arah Y

Berdasarkan Gambar 10 terlihat bahwa simpangan antar lantai terbesar terjadi pada bangunan *Open frame*, sehingga melebihi nilai batas ultimate. Simpangan antar lantai berhubungan dengan kekakuan struktur. Semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku. Drift yang terjadi pada *Open frame* lebih besar karena beban gempa hanya dipikul oleh komponen SRPM, sedangkan dalam Sistem Ganda simpangan dapat diperkecil karena adanya penambahan dinding geser, sehingga rangka direncanakan dapat memikul beban gempa paling sedikit 25% dari beban gempa tanpa kehadiran *shearwall*.

Perhitungan Kinerja Batas Ultimate

1. Kinerja Batas Ultimate pada *Open frame*

$$\delta_X = C_d \cdot \delta_e / I_e \\ = 5,5 \times 0,077 / 1,5 = 0,281$$

$$\delta_X = C_d \cdot \delta_e / I_e \\ = 5,5 \times 0,063 / 1,5 = 0,273$$

$$\Delta_X = (0,281 - 0,273) \times 1,10 = 0,00794$$

$$\Delta_m = 0,03/R \times h_i = 0,03/8 \times 4 = 0,015$$

$$\Delta_m \geq \Delta_X$$

Tabel 2 Kontrol Kinerja Batas Ultimit *Open frame*

Story	δ_X $C_d \cdot \delta_e / I_e$	δ_Y $C_d \cdot \delta_e / I_e$	Δ_X	Δ_Y	Syarat 0,03/R.hi	Kontrol X	Kontrol Y
Story20	0.28107	0.22935	0.00794	0.00379	0.015	OK	OK
Story19	0.27330	0.22556	0.00920	0.00461	0.015	OK	OK
Story18	0.26430	0.22095	0.01038	0.00582	0.015	OK	OK
Story17	0.25413	0.21512	0.01147	0.00698	0.015	OK	OK
Story16	0.24291	0.20815	0.01240	0.00804	0.015	OK	OK

Story	δ_X $C_d \cdot \delta_e / I_e$	δ_Y $C_d \cdot \delta_e / I_e$	Δ_x	Δ_y	Syarat 0,03/R.hi	Kontrol X	Kontrol Y
Story15	0,23077	0,200010	0,01322	0,00903	0,015	OK	OK
Story14	0,21783	0,19107	0,01392	0,00994	0,015	OK	OK
Story13	0,20420	0,18113	0,01452	0,01078	0,015	OK	OK
Story12	0,18999	0,17034	0,01504	0,01156	0,015	NOT	OK
Story11	0,17526	0,15878	0,01551	0,01229	0,015	NOT	OK
Story10	0,16008	0,14649	0,01594	0,01298	0,015	NOT	OK
Story9	0,14448	0,13351	0,01633	0,01362	0,015	NOT	OK
Story8	0,12849	0,11989	0,01669	0,01423	0,015	NOT	OK
Story7	0,11216	0,10566	0,01701	0,01478	0,015	NOT	OK
Story6	0,09551	0,09087	0,01727	0,01529	0,015	NOT	NOT
Story5	0,07860	0,07558	0,01746	0,01573	0,015	NOT	NOT
Story4	0,06151	0,05985	0,01752	0,01607	0,015	NOT	NOT
Story3	0,04436	0,04378	0,01737	0,01627	0,015	NOT	NOT
Story2	0,02735	0,02751	0,01656	0,01592	0,015	NOT	NOT
Story1	0,01114	0,01159	0,01138	0,01159	0,015	OK	OK
Base	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,015	OK	OK

2. Kinerja Batas Ultimate pada Sistem Ganda dengan 50% beban gempa

$$\delta_X = C_d \cdot \delta_e / I_e \\ = 5,5 \times 0,077 / 1,5 = 0,137$$

$$\delta_X = C_d \cdot \delta_e / I_e \\ = 5,5 \times 0,063 / 1,5 = 0,131$$

$$\Delta_X = (0,137 - 0,131) \times 1,10 = 0,00660$$

$$\Delta_m = 0,03/R \times h_i = 0,03/7 \times 4 = 0,017$$

$$\Delta_m \geq \Delta_X$$

Tabel 3 Kontrol Kinerja Batas Ultimit Sistem Ganda dengan 50% beban gempa

Story	δ_X $C_d \cdot \delta_e / I_e$	δ_Y $C_d \cdot \delta_e / I_e$	Δ_x	Δ_y	Syarat 0,03/R.hi	Kontrol X	Kontrol Y
Story20	0,13713	0,09436	0,00660	0,00296	0,017	OK	OK
Story19	0,13115	0,09141	0,00677	0,00332	0,017	OK	OK
Story18	0,12502	0,08809	0,00716	0,00362	0,017	OK	OK
Story17	0,11853	0,08447	0,00751	0,00393	0,017	OK	OK
Story16	0,11173	0,08054	0,00783	0,00427	0,017	OK	OK
Story15	0,10464	0,07627	0,00810	0,00460	0,017	OK	OK
Story14	0,09730	0,07167	0,00835	0,00492	0,017	OK	OK
Story13	0,08973	0,06675	0,00857	0,00521	0,017	OK	OK
Story12	0,08197	0,06154	0,00874	0,00547	0,017	OK	OK
Story11	0,07406	0,05607	0,00885	0,00569	0,017	OK	OK
Story10	0,06604	0,05037	0,00891	0,00586	0,017	OK	OK
Story9	0,05797	0,04451	0,00892	0,00598	0,017	OK	OK
Story8	0,04989	0,03853	0,00885	0,00604	0,017	OK	OK
Story7	0,04187	0,03249	0,00865	0,00599	0,017	OK	OK
Story6	0,03404	0,02651	0,00834	0,00585	0,017	OK	OK
Story5	0,02648	0,02066	0,00787	0,00556	0,017	OK	OK
Story4	0,01936	0,01510	0,00716	0,00509	0,017	OK	OK
Story3	0,01287	0,01000	0,00620	0,00440	0,017	OK	OK
Story2	0,00725	0,00561	0,00498	0,00348	0,017	OK	OK
Story1	0,00274	0,00213	0,00302	0,00213	0,017	OK	OK
Base	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,017	OK	OK

3. Kinerja Batas Ultimate pada Sistem Ganda dengan 25% beban gempa

$$\delta_X = C_d \cdot \delta_e / I_e \\ = 5,5 \times 0,077 / 1,5 = 0,069$$

$$\delta_X = C_d \cdot \delta_e / I_e \\ = 5,5 \times 0,063 / 1,5 = 0,066$$

$$\Delta_X = (0,069 - 0,066) \times 1,10 = 0,00338$$

$$\Delta_m = 0,03/R \times h_i = 0,03/7 \times 4 = 0,017$$

$$\Delta_m \geq \Delta_X$$

Tabel 4 Kontrol Kinerja Batas Ultimit Sistem Ganda dengan 25% beban gempa

Story	δ_X $C_d \cdot \delta_e / I_e$	δ_Y $C_d \cdot \delta_e / I_e$	Δ_x	Δ_y	Syarat 0,03/R.hi	Kontrol X	Kontrol Y
Story20	0,06928	0,04721	0,00338	0,00150	0,017	OK	OK
Story19	0,06622	0,04571	0,00344	0,00166	0,017	OK	OK
Story18	0,06310	0,04404	0,00363	0,00180	0,017	OK	OK
Story17	0,05981	0,04224	0,00381	0,00197	0,017	OK	OK
Story16	0,05636	0,04027	0,00395	0,00213	0,017	OK	OK
Story15	0,05279	0,03814	0,00409	0,00230	0,017	OK	OK
Story14	0,04908	0,03585	0,00422	0,00245	0,017	OK	OK
Story13	0,04525	0,03340	0,00433	0,00259	0,017	OK	OK
Story12	0,04133	0,03080	0,00440	0,00272	0,017	OK	OK
Story11	0,03735	0,02808	0,00446	0,00283	0,017	OK	OK
Story10	0,03330	0,02525	0,00449	0,00293	0,017	OK	OK
Story9	0,02923	0,02232	0,00449	0,00298	0,017	OK	OK
Story8	0,02516	0,01933	0,00446	0,00301	0,017	OK	OK
Story7	0,02112	0,01632	0,00438	0,00299	0,017	OK	OK
Story6	0,01716	0,01333	0,00422	0,00293	0,017	OK	OK
Story5	0,01334	0,01040	0,00396	0,00279	0,017	OK	OK
Story4	0,00975	0,00762	0,00361	0,00256	0,017	OK	OK
Story3	0,00648	0,00506	0,00312	0,00220	0,017	OK	OK
Story2	0,00366	0,00286	0,00251	0,00170	0,017	OK	OK
Story1	0,00139	0,00116	0,00153	0,00116	0,017	OK	OK
Base	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,017	OK	OK

PENUTUP

Simpulan

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

- Perencanaan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 pada bangunan yang terletak di kota Surabaya dengan jenis tanah lunak, termasuk dalam Kategori Desain Seismik D. Hal ini dipengaruhi oleh kategori resiko bangunan, nilai S_{DS} dan S_{DI} , dan jenis tanah yang telah ditetapkan.
- Base shear* yang terjadi pada bangunan *open frame* adalah 2738,26 kN pada arah X dan 3001,82 kN pada arah Y. Hasil yang lebih besar terjadi pada bangunan sistem ganda yaitu sebesar 4071,04 kN pada arah X dan 4851,14 kN pada arah Y. *Displacement* paling besar dimiliki oleh bangunan *open frame*, sehingga mempengaruhi nilai simpangan.
- Kontrol Batas Ultimate menunjukkan bangunan *open frame* melebihi nilai batas ultimate, sehingga bangunan *open frame* dinyatakan tidak aman, sedangkan kedua bangunan sistem ganda memenuhi syarat batas ultimate, sehingga bangunan dinyatakan aman.
- Struktur Sistem Ganda menunjukkan hasil gaya dalam Aksial, Momen, Gaya Geser yang lebih kecil dari *Open frame*, sehingga dari perbedaan gaya dalam tersebut, penulangan (*reinforcement*) dapat lebih hemat.

Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan yang telah diuraikan, maka beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Hasil analisis menunjukkan perbedaan hasil gaya dalam pada masing masing sistem struktur dengan penahan seismik, maka dapat dilakukan pengembangan dengan membandingkan menggunakan sistem penahan seismik lainnya berdasarkan SNI 1726:2012.
2. Perbedaan gaya dalam yang terjadi mengakibatkan perbedaan komposisi tulangan, maka dari itu dapat dilakukan pengembangan dengan meninjau aspek ekonomi untuk mengetahui tulangan yang efisien dari segi ekonomi.
3. Perlu dilakukan pengembangan dengan melakukan analisis *push over* atau *time history* sebagai perhitungan beban gempa

DAFTAR PUSTAKA

ASCE. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE 7-10. American Society of Civil Engineers.

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

Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*.

Indarto, Himawan dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012*. Semarang

Purwono, R. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press

Setiawan, Agus. 2016. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga

Wardhono, Arie. 2010. Studi Perilaku Struktur Beton Bertulang Terhadap Kinerja Batas Akibat Pengaruh Tinggi Bangunan dan Dimensi Kolom Berdasarkan SNI 03-1726-2002. Surabaya. *Jurnal Teknik WAKTU*