

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 01 - 09	SURABAYA 2018	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. 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:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL..... i

DAFTAR ISI..... ii

- Vol. 01 Nomor 01/rekat/18 (2018)

PENGARUH PERSENTASE COAKAN PADA DENAH BANGUNAN STRUKTUR *FLATSLAB*
TERHADAP GAYA GESER DAN SIMPANGAN

Wahyu Putra Anggara, Bambang Sabariman, 01 – 08



UNESA

Universitas Negeri Surabaya

PENGARUH PERSENTASE COAKAN PADA DENAH BANGUNAN STRUKTUR *FLATSLAB* TERHADAP GAYA GESER DAN SIMPANGAN

Wahyu Putra Anggara

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: wahyuanggara19@gmail.com

Bambang Sabariman

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: bambangSabariman@unesa.ac.id

ABSTRAK

Coakan adalah lubang pada sudut bangunan, SNI 1726:2012 menjelaskan bentuk bangunan dibagi menjadi dua jenis dilihat dari persentase coakan, yaitu beraturan dan tidak beraturan. Dikatakan bangunan tidak beraturan jika memenuhi salah satu klasifikasi ketidakberaturan bangunan. Besarnya persentase coakan berpengaruh pada gaya geser dan simpangan.

Penelitian bertujuan mengetahui perbedaan gaya geser dan simpangan akibat adanya penambahan coakan. Direncanakan memiliki 11 lantai, menggunakan struktur *flatslab*, berdiri di Surabaya dengan kondisi tanah lunak. Analisa dilakukan dengan *software ETABS 2016*.

Hasil penelitian menunjukkan rasio perbandingan gaya geser antara bangunan A, dengan bangunan B (1:0.97), dengan bangunan C (1:0.76), dengan bangunan D (1:0.92). Simpangan arah melintang, perbandingan *displacement* antara bangunan A dengan bangunan B (1:1.31), dengan bangunan C (1:1.35), dengan bangunan D (1:1.32). Sedangkan arah memanjang, perbandingan *displacement* antara bangunan A, dengan bangunan B (1:1.36), dengan bangunan C (1:1.66), dengan bangunan D (1:1.40). Bangunan dengan coakan >15% (bangunan B, C, D) merupakan bangunan tidak beraturan dan masuk kondisi tidak aman karena simpangan antar lantai melebihi simpangan ijin.

Kata Kunci: Coakan, Gaya Geser, Simpangan, Bangunan Beraturan dan Tidak Beraturan

ABSTRACT

Re-entrant corners is a hole in the corner of the building, SNI 1726: 2012 describes the criteria of building form is divided into two types seen from the percentage of re-entrant corners, namely irregular and irregular. It is said the building is irregular if it meets one of the classification of building irregularities. The amount of re-entrant corners percentage also affects the shear force and drift.

This research is to know the difference of shear force and drift due to the addition of re-entrant corners. The building is planned to have 11 floors, using flatslab methods in Surabaya with soft soil conditions. The analysis was done with ETABS 2016.

The results showed the ratio of shear force between building A, with building B being 1: 0.97, with building C being 1: 0.76, with building D being 1: 0.92. Cross direction drift, the roof displacement ratio between building A and building B is 1: 1.31, with building C being 1: 1.35, with building D being 1: 1.32. While the direction is elongated, the displacement ratio between building A, and building B is 1: 1.36, with building C being 1: 1.66, with building D being 1: 1.40. Buildings with re-entrant corners $\geq 15\%$ (model B, C, D) are irregular building and have unsafe condition because drift does not exceed the limit of drift.

Keywords: *Re-entrant Corners, Shear Forces, Drift, Regular and Irregular Building*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang dengan ilmu teknologi di bidang konstruksi dan pembangunan yang semakin pesat. Dibuktikan dengan pembangunan infrastruktur yang beraneka ragam bentuk guna meningkatkan daya tarik dan daya jual. Di sisi lain, ketidakberaturan bentuk dan desain membuat kita selaku *engineer* dituntut untuk lebih inovatif dalam merencanakan dan menganalisa permasalahan yang

timbul, sehingga muncul sebuah gagasan kreatif dan solutif.

Salah satu inovasi yang mulai dikembangkan saat ini adalah variasi model bangunan dan jenis struktur penunjang bangunan. Model bangunan yang umumnya berbentuk simetris persegi, kini di desain sedemikian rupa dengan penambahan coakan di salah satu tepi bangunan sehingga terlihat seperti bangunan asimetris (bangunan tidak beraturan). Variasi coakan diambil berdasarkan bentang panjang dan lebar bangunan. Persentase rencana coakan yang diteliti adalah persentase

coakan 0% (Model A), coakan 16,67% (Model B), coakan 50% (Model C) pada arah melintang dan memanjang bangunan, serta kombinasi antara coakan 50% pada arah memanjang dan coakan 16,67% (Model D) pada arah melintang bangunan. Ini dimaksudkan agar secara keseluruhan dapat mewakili karakteristik bangunan berdasarkan kategori bentuk bangunan. Kategori bangunan dibagi menjadi dua jenis yaitu bangunan beraturan dan bangunan tidak beraturan. Bangunan dengan persentase coakan 0% digunakan sebagai model utama dan persentase coakan lain digunakan sebagai perwakilan kategori jenis bangunan berdasarkan bentuk bangunan.

Inovasi lain yang mulai dikembangkan adalah jenis pelat beton bertulang sebagai struktur penunjang bangunan. Jenis bangunan umumnya menggunakan *two-way slab with beam* (kontruksi balok-kolom-plat), diubah menjadi *flat slab* atau Pelat Cendawan. Jenis ini merupakan pelat beton dua-arah dengan kapital, drop panel, atau keduanya. Struktur jenis ini sangat menguntungkan khususnya untuk bangunan dengan beban yang cukup berat dan bentangan yang cukup panjang. Beberapa bangunan bertingkat banyak telah menggunakan model struktur seperti ini, dengan tetap memperhatikan fungsi, kekuatan dan kestabilan bangunan. Keuntungan lainnya adalah membuat jarak elevasi lantai dengan permukaan bawah lantai di atasnya lebih besar karena hilangnya balok yang memiliki dimensi cukup besar.

Indonesia termasuk daerah yang memiliki beragam tingkat risiko gempa. Dilihat dari peta zonasi gempa, beberapa diantaranya memiliki risiko yang cukup tinggi. Berdasarkan peraturan gempa Indonesia terbaru yang diterbitkan pada tahun 2012, pembagian tingkat risiko gempa didasarkan atas kondisi seismoteknik, geografis, dan geologis setempat, sehingga besarnya taraf pembebanan gempa tidak berlaku secara umum, melainkan bervariasi dari satu wilayah ke wilayah yang lain. Pemilihan lokasi dititikberatkan pada Surabaya karena merupakan salah satu wilayah kota metropolitan. Kota metropolitan jelas merupakan sasaran pengembangan bisnis dan investasi, dilihat dari ukuran luas wilayah, jumlah penduduk, maupun aktivitas ekonomi dan sosial.

Syarat struktur yang kuat harus memenuhi beberapa aspek dalam perencanaan sebuah bangunan. Diantaranya adalah mempertahankan mutu dan kekuatan bangunan terhadap adanya gaya gempa sekitar. Aspek penting lainnya adalah peninjauan gaya geser terhadap perilaku simpangan yang ditimbulkan. Gaya geser merupakan gaya horizontal yang dihasilkan karena adanya berat lantai dikaitkan dengan ketinggian lantai. Sedangkan simpangan adalah perpindahan atau

pergeseran yang terjadi setelah adanya gaya geser. Perlu dikaji lebih lanjut tentang variasi coakan pada denah bangunan dengan struktur *flat slab* ini, karena ketidakberaturan bentuk bangunan menimbulkan pergeseran titik berat bangunan.

Berdasarkan hal di atas dan dikaitkan dengan jurnal yang membahas tentang Gempa dan Perencanaan, belum dijabarkan adanya pengaruh prosentase coakan pada denah bangunan struktur *flat slab* terhadap gaya geser dan simpangan yang bekerja.

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

1. Berapa rasio perbandingan gaya geser dasar dan gaya geser tingkat bangunan tanpa coakan terhadap bangunan dengan penambahan coakan?
2. Berapa rasio perbandingan simpangan antar lantai dan *displacement* atap bangunan tanpa coakan terhadap bangunan dengan penambahan coakan?

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rasio perbandingan gaya geser dasar dan gaya geser tingkat yang ditimbulkan antara bangunan tanpa penambahan coakan terhadap bangunan dengan penambahan coakan.
2. Rasio perbandingan simpangan antar lantai dan *displacement* atap yang ditimbulkan antara bangunan tanpa penambahan coakan terhadap bangunan dengan penambahan coakan.

Beberapa manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pertimbangan untuk kategori bangunan beraturan dan tidak beraturan tentang hasil perbedaan gaya geser dan simpangan akibat gaya gempa yang direncanakan.
2. Sebagai penyumbang ide mahasiswa dan atau peneliti lain untuk mengembangkan model atau inovasi lain.
3. Memberikan batasan tentang besar persentase coakan terhadap bentang bangunan yang direncanakan khususnya pada bangunan menggunakan jenis struktur *flat slab*.

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Struktur bangunan adalah bangunan beton bertulang dengan jenis *flat slab*.
2. Bangunan memiliki 11 (sebelas) lantai dengan jarak antar elevasi lantai sebesar 3.5 meter.
3. Jarak *top of concrete* pondasi terhadap elevasi lantai pertama sebesar 4,5 meter.
4. Presentase coakan terhadap bentang bangunan diproyeksikan secara tegak lurus dan mengikuti persentase pemodelan yang telah ditetapkan.
5. Sasaran yang ditinjau adalah kota Surabaya.
6. Penelitian ini tidak meninjau tentang kebutuhan tulangan, biaya, metode pelaksanaan dan manajemen konstruksi.
7. Analisa dilakukan dengan program ETABS 2016 dengan metode analisis dinamis sebagai acuan.

KAJIAN PUSTAKA

Coakan

Coakan, disebutkan dalam SNI 1726:2012, adalah ketidakberaturan sudut atau bangunan tidak beraturan. Bentuk bangunan dikatakan tidakberaturan apabila salah satu atau lebih memenuhi klasifikasi yang telah dicantumkan pada SNI 1726:2012. Ketidakberaturan bangunan ada jika suatu denah struktur memiliki coakan sudut yang salah satu panjangnya melebihi 15% dari denah hasil proyeksi pada arah coakan sudut tersebut Struktur yang dikatakan sebagai struktur tidak beraturan dalam hal ini adanya coakan (ketidakberaturan sudut) apabila panjang sisi melebihi 15%, begitu pula sebaliknya untuk arah bidang sumbu lainnya.

Simpangan

Simpangan (*drift*) adalah sebagai perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap tiap tingkat bangunan (*horizontal story to story deflection*). Berdasarkan SNI 1726:2012, simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja, yaitu pada kinerja batas ultimit. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin (Δ_a). Berikut adalah batas simpangan antar lantai ijin sesuai SNI 1726:2012.

Tabel 1 : Simpangan antar lantai ijin Δ_a

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^a	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

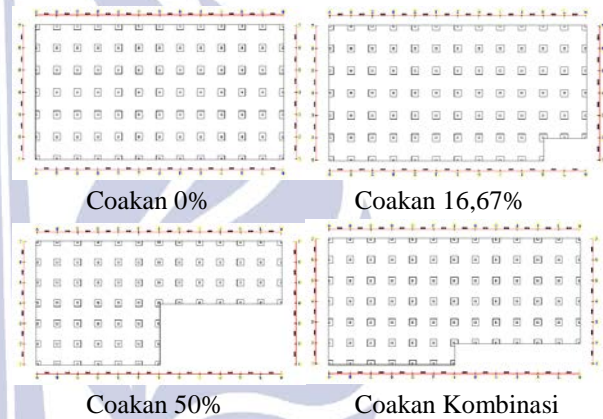
Sumber : SNI 1726:2012

METODE

Data Penelitian

Data-data perencanaan :

- Fungsi Bangunan : Apartemen
- Lokasi : Surabaya
- Jenis Bangunan : Struktur *Flatslab*
- Lebar Bangunan : 36 m
- Panjang Bangunan : 72 m
- Tinggi Bangunan : 39,5 m
- Jumlah Lantai : 11 lantai
- Jenis Tanah : Tanah Lunak
- Jumlah Pemodelan : 4 Model
- Persentase :
 - Coakan 0%
 - Coakan 16,67%
 - Coakan 50%
 - Coakan Kombinasi



Gambar 1 Pemodelan Denah

Studi tentang perbandingan gaya geser dan simpangan yang dihasilkan dari penambahan coakan pada denah bangunan dengan bantuan *software* ETABS 2016 dan dilakukan dengan analisa dinamis.

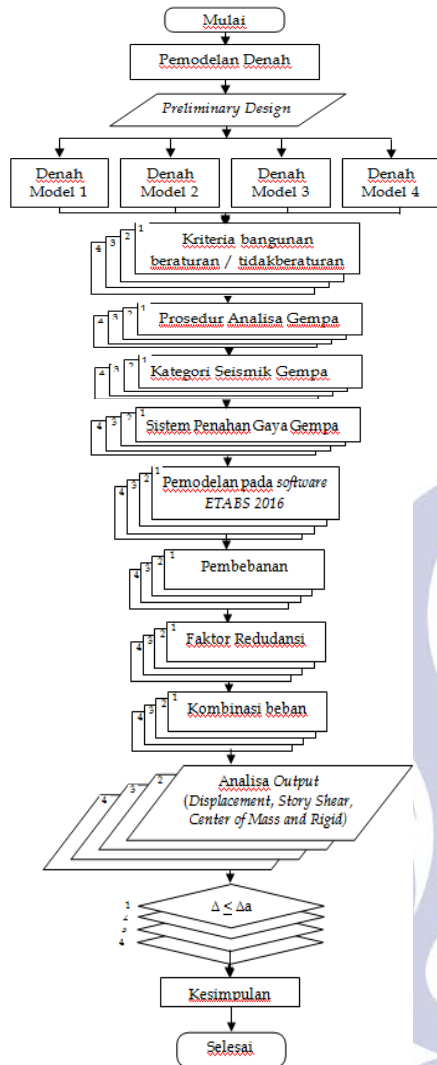
Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan SNI 1726:2012 sebagai berikut:

- $U = 1,4 DL$
- $U = 1,2DL + 1,6LL$
- $U = 1,2DL + 0,5LL + \rho Ex + 0,3\rho Ey$
- $U = 1,2DL + 0,5LL + \rho Ey + 0,3\rho Ex$
- $U = 0,9DL + \rho Ex + 0,3\rho Ey$
- $U = 0,9DL + \rho Ey + 0,3\rho Ex$

Adapun spesifikasi bahan yang digunakan meliputi:

1. Beton
 - Mutu beton yang digunakan adalah :
 - Untuk pelat, balok dan kolom digunakan mutu beton $f'c = 35$ MPa.
2. Baja Tulangan
 - Mutu baja yang digunakan adalah :
 - Baja tulangan $\leq \emptyset 13$ mm, mutu $f_y = 240$ MPa,
 - Baja tulangan $> \emptyset 13$ mm, mutu $f_y = 390$ MPa.

Diagram Alir Penelitian (flowchart)



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

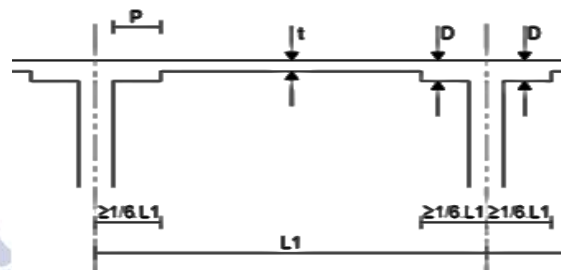
Preliminary Design bangunan

- a. Bangunan A
 - Panjang bangunan total sb.X = 36 meter
 - Lebar bangunan total sb.Y = 72 meter
 - Jarak antar kolom arah sb.X dan Y = 6 meter
- b. Bangunan B
 - Panjang yang diberi coakan = 30 meter
 - Lebar yang diberi coakan = 60 meter
 - Jarak antar kolom arah sb.X dan Y = 6 meter
- c. Bangunan C
 - Panjang yang diberi coakan = 18 meter
 - Lebar yang diberi coakan = 36 meter
 - Jarak antar kolom arah sb.X dan Y = 6 meter
- d. Bangunan D
 - Panjang yang diberi coakan = 30 meter
 - Lebar yang diberi coakan = 36 meter
 - Jarak antar kolom arah sb.X dan Y = 6 meter

Tebal pelat, untuk f_y 390 MPa = 148.8 = 150 mm

Berdasarkan SNI 2847:2013, ketebalan pelat dengan penambahan drop panel harus memenuhi syarat ≥ 100 mm, sehingga ketebalan pelat yang digunakan adalah 150 mm.

Dimensi drop panel



Gambar 3 Dimensi Drop Panel

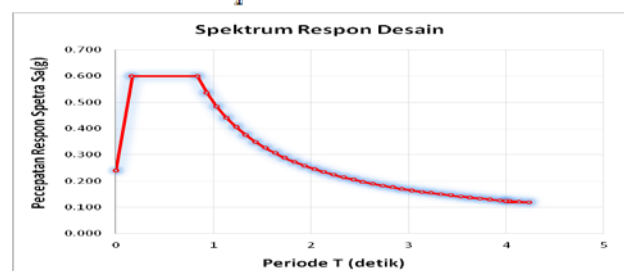
P = Lebar Drop Panel diukur dari As Kolom
 $P > 1/6$ Jarak antar kolom
 $1/6 \cdot 6 \text{ m} = 1 \text{ m}$
 Drop Panel $> 1 \text{ m}$,
 sehingga pajang total drop panel adalah 2 m

Bentuk dan dimensi kolom

Jenis kolom = Beton bertulang
 Bentuk kolom = Persegi
 Dimensi kolom = 0.5 m x 0.5 m (KS)

Konsep Ketahanan Gempa

Data Gempa berdasarkan wilayah Kota Surabaya adalah Kategori Risiko, kelas II
 Faktor Keutamaan Gempa, senilai 1,0
 Nilai S_s 0,6 dan Nilai S_1 0,25
 Nilai F_a 1,5 dan Nilai F_v 3,0
 Nilai S_{DS} 0,6 dan Nilai S_{D1} 0,5
 Kategori Desain Seismik, Kategori Seismik D
 Pemilihan Sistem Struktur, SRPMK
 Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam (Coakan) Bangunan Beraturan, Redudansi 1,0
 Bangunan Tidak Beraturan, Redudansi 1,3
 Spektrum Respon Desain
 $T < T_0$, maka $S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$
 $T_s \geq T \geq T_0$, maka $S_a = S_{DS}$
 $T \geq T_0$, maka $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$



Gambar 4 Respon Spektra Desain

Kombinasi Pembebanan

Tabel 2. Kombinasi pembebanan Bangunan Beraturan

Comb.	Kombinasi Pembebanan	Pengaplikasian Kombinasi Pembebanan ETABS 2016
Comb.1	1,4 D	1,4 D
Comb.2	1,2 D + 1,6 L	1,2 D + 1,6 L
Comb.3	(1,2 D + 0,2 SDS) D + L + ρ Ex + 0,3 ρ Ey	1,2 D + 0,5 L + Ex + 0,3 Ey
Comb.4	(1,2 D + 0,2 SDS) D + L + ρ Ey + 0,3 ρ Ex	1,2 D + 0,5 L + Ey + 0,3 Ex
Comb.5	(0,9 D - 0,2 SDS) D + L + ρ Ex + 0,3 ρ Ey	0,78 D + 0,5 L + 1,3 Ex + 0,39 Ey
Comb.6	(0,9 D - 0,2 SDS) D + L + ρ Ey + 0,3 ρ Ex	0,78 D + 0,5 L + 1,3 Ey + 0,39 Ex

Tabel 3. Kombinasi pembebanan Bangunan Tidak Beraturan

Comb.	Kombinasi Pembebanan	Pengaplikasian Kombinasi Pembebanan ETABS 2016
Comb.1	1,4 D	1,4 D
Comb.2	1,2 D + 1,6 L	1,2 D + 1,6 L
Comb.3	(1,2 D + 0,2 SDS) D + L + ρ Ex + 0,3 ρ Ey	1,2 D + 0,5 L + Ex + 0,3 Ey
Comb.4	(1,2 D + 0,2 SDS) D + L + ρ Ey + 0,3 ρ Ex	1,2 D + 0,5 L + Ey + 0,3 Ex
Comb.5	(0,9 D - 0,2 SDS) D + L + ρ Ex + 0,3 ρ Ey	0,78 D + 0,5 L + 1,3 Ex + 0,39 Ey
Comb.6	(0,9 D - 0,2 SDS) D + L + ρ Ey + 0,3 ρ Ex	0,78 D + 0,5 L + 1,3 Ey + 0,39 Ex

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan perbedaan kombinasi pembebanan yang diterapkan pada bangunan beraturan dan bangunan tidak beraturan. Hal ini disebabkan perbedaan nilai reduksi yang digunakan yang berakibat adanya perbedaan koefisien pembebanan gempa baik arah memanjang maupun melintang.

Kontrol Ketidakberaturan Torsi

Tabel 4 Coakan 0% (Arah Memanjang)

Story	δ _{max} (ujung)	δ _{min} (ujung)	δ _{average}	R
Story 11	91.360	91.360	91.36	1.000
Story 10	88.931	88.931	88.93	1.000
Story 9	84.973	84.973	84.97	1.000
Story 8	79.489	79.489	79.49	1.000
Story 7	72.651	72.651	72.65	1.000
Story 6	64.616	64.616	64.62	1.000
Story 5	55.488	55.488	55.49	1.000
Story 4	45.325	45.325	45.33	1.000
Story 3	34.204	34.204	34.20	1.000
Story 2	22.341	22.341	22.34	1.000
Story 1	10.437	10.437	10.44	1.000

Tabel 5 Coakan 16,67% (Arah Memanjang)

Story	δ _{max} (ujung)	δ _{min} (ujung)	δ _{average}	R
Story 11	91.113	90.390	90.75	1.004
Story 10	88.713	88.023	88.37	1.003
Story 9	84.606	84.137	84.37	1.002
Story 8	79.221	78.739	78.98	1.003
Story 7	72.526	71.998	72.26	1.003

Story 6	64.523	64.068	64.30	1.003
Story 5	55.425	55.050	55.24	1.003
Story 4	45.291	45.001	45.15	1.003
Story 3	34.196	33.994	34.10	1.002
Story 2	22.353	22.240	22.30	1.002
Story 1	10.457	10.407	10.43	1.002

Tabel 6. Coakan 50% (Arah Memanjang)

Story	δ _{max} (ujung)	δ _{min} (ujung)	δ _{average}	R
Story 11	93.875	88.809	91.342	1.028
Story 10	91.238	86.622	88.930	1.026
Story 9	87.171	82.809	84.990	1.026
Story 8	81.421	77.506	79.464	1.025
Story 7	74.295	70.879	72.587	1.024
Story 6	65.959	63.077	64.518	1.022
Story 5	56.447	54.196	55.322	1.020
Story 4	46.048	44.293	45.171	1.019
Story 3	34.622	33.390	34.006	1.018
Story 2	22.458	21.852	22.155	1.014
Story 1	10.400	10.212	10.306	1.009

Tabel 7. Coakan Kombinasi (Arah Memanjang)

Story	δ _{max} (ujung)	δ _{min} (ujung)	δ _{average}	R
Story 11	91.373	89.837	90.605	1.008
Story 10	88.818	87.481	88.150	1.008
Story 9	84.866	83.740	84.303	1.007
Story 8	79.500	78.367	78.934	1.007
Story 7	72.561	71.657	72.109	1.006
Story 6	64.583	63.673	64.128	1.007
Story 5	55.421	54.783	55.102	1.006
Story 4	45.272	44.777	45.025	1.005
Story 3	34.208	33.770	33.989	1.006
Story 2	22.334	22.083	22.209	1.006
Story 1	10.425	10.350	10.388	1.004

Tabel 8. Coakan 0% (Arah Melintang)

Story	δ _{max} (ujung)	δ _{min} (ujung)	δ _{average}	R
Story 11	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 10	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 9	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 8	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 7	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 6	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 5	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 4	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 3	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 2	16.937	16.937	16.937	1.000
Story 1	16.937	16.937	16.937	1.000

Tabel 9. Coakan 16,67% (Arah Melintang)

Story	δ _{max} (ujung)	δ _{min} (ujung)	δ _{average}	R
Story 11	15.974	15.974	15.974	1.000
Story 10	15.517	15.517	15.517	1.000
Story 9	14.777	14.655	14.716	1.004
Story 8	13.768	13.654	13.711	1.004
Story 7	12.529	12.529	12.529	1.000
Story 6	11.097	11.097	11.097	1.000
Story 5	9.490	9.490	9.490	1.000
Story 4	7.725	7.725	7.725	1.000
Story 3	5.811	5.811	5.811	1.000
Story 2	3.784	3.784	3.784	1.000
Story 1	1.760	1.760	1.760	1.000

Tabel 10. Coakan 50% (Arah Melintang)

Story	δ_{max} (ujung)	δ_{min} (ujung)	$\delta_{average}$	R
Story 11	16.004	16.004	16.004	1.000
Story 10	15.699	15.699	15.699	1.000
Story 9	14.954	14.954	14.954	1.000
Story 8	13.940	13.940	13.940	1.000
Story 7	12.695	12.695	12.695	1.000
Story 6	11.253	11.253	11.253	1.000
Story 5	9.635	9.635	9.635	1.000
Story 4	7.800	7.800	7.800	1.000
Story 3	5.911	5.911	5.911	1.000
Story 2	3.851	3.851	3.851	1.000
Story 1	1.790	1.790	1.790	1.000

Tabel 11. Coakan Kombinasi (Arah Melintang)

Story	δ_{max} (ujung)	δ_{min} (ujung)	$\delta_{average}$	R
Story 11	15.485	15.352	15.419	1.004
Story 10	15.044	15.044	15.044	1.000
Story 9	14.330	14.330	14.330	1.000
Story 8	13.354	13.354	13.354	1.000
Story 7	12.156	12.156	12.156	1.000
Story 6	10.677	10.677	10.677	1.000
Story 5	9.213	9.213	9.213	1.000
Story 4	7.501	7.501	7.501	1.000
Story 3	5.645	5.598	5.622	1.004
Story 2	3.677	3.646	3.662	1.004
Story 1	1.711	1.711	1.711	1.000

Tabel 4 sampai Tabel 11 menunjukkan kontrol tentang ketidakberaturan torsi yang dihasilkan tiap pemodelan yang digunakan. Secara keseluruhan, ketidakberaturan torsi diabaikan karena nilai R tidak sampai melampaui 1,2 pada masing-masing pemodelan.

Maximum Story Displacement and Drift

Tabel 12. Maximum Displacement Coakan 0%

Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story 11	39.5	Top	69.350	12.072
Story 10	36	Top	67.535	11.729
Story 9	32.5	Top	64.555	11.171
Story 8	29	Top	60.415	10.409
Story 7	25.5	Top	55.244	9.473
Story 6	22	Top	49.160	8.389
Story 5	18.5	Top	42.241	7.175
Story 4	15	Top	34.531	5.840
Story 3	11.5	Top	26.086	4.393
Story 2	8	Top	17.067	2.860
Story 1	4.5	Top	7.998	1.330

Tabel 13. Maximum Displacement Coakan 16,67%

Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story 11	39.5	Top	90.994	16.444
Story 10	36	Top	88.602	15.976
Story 9	32.5	Top	84.683	15.216
Story 8	29	Top	79.240	14.178
Story 7	25.5	Top	72.444	12.902
Story 6	22	Top	64.452	11.426
Story 5	18.5	Top	55.366	9.772
Story 4	15	Top	45.244	7.953
Story 3	11.5	Top	34.162	5.982
Story 2	8	Top	22.333	3.894
Story 1	4.5	Top	10.450	1.811

Tabel 14. Maximum Displacement Coakan 50%

Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story 11	39.5	Top	93.898	20.053
Story 10	36	Top	91.264	19.466
Story 9	32.5	Top	87.078	18.530
Story 8	29	Top	81.338	17.258
Story 7	25.5	Top	74.223	15.702
Story 6	22	Top	65.898	13.905
Story 5	18.5	Top	56.472	11.895
Story 4	15	Top	46.009	9.684
Story 3	11.5	Top	34.594	7.285
Story 2	8	Top	22.470	4.742
Story 1	4.5	Top	10.394	2.202

Tabel 15. Maximum Displacement Coakan Kombinasi

Story	Elevation m	Location	X-Dir mm	Y-Dir Mm
Story 11	39.5	Top	91.360	16.937
Story 10	36	Top	88.931	16.452
Story 9	32.5	Top	84.973	15.668
Story 8	29	Top	79.489	14.595
Story 7	25.5	Top	72.651	13.280
Story 6	22	Top	64.616	11.758
Story 5	18.5	Top	55.488	10.054
Story 4	15	Top	45.325	8.181
Story 3	11.5	Top	34.204	6.152
Story 2	8	Top	22.341	4.003
Story 1	4.5	Top	10.437	1.860

Tabel 12 sampai Tabel 15 menunjukkan hasil *maximum displacement* tiap lantai yang dihasilkan pada pemodelan yang dilakukan pada *software* ETABS 2016. Hasil tersebut nantinya akan dikalikan dengan Faktor Pembesaran Defleksi (*Cd*) untuk mengetahui *displacement* dan simpangan antar lantai yang sebenarnya. Berikut dalam Tabel 16 sampai Tabel 19 dijelaskan nilai *displacement* akibat pembesaran defleksi pada setiap pemodelan bangunan.

Tabel 16. Displacement akibat Pembesaran Defleksi pada Coakan 0%

Story	X-Dir Mm	$\delta x \cdot Cd$ mm	Y-Dir mm	$\delta x \cdot Cd$ mm
Story 11	69.350	381.4250	12.072	66.3960
Story 10	67.535	371.4425	11.729	64.5095
Story 9	64.555	355.0525	11.171	61.4405
Story 8	60.415	332.2825	10.409	57.2495
Story 7	55.244	303.8420	9.473	52.1015
Story 6	49.160	270.3800	8.389	46.1395
Story 5	42.241	232.3255	7.175	39.4625
Story 4	34.531	189.9205	5.840	32.1200
Story 3	26.086	143.4730	4.393	24.1615
Story 2	17.067	93.8685	2.860	15.7300
Story 1	7.998	43.9890	1.330	7.3150

Tabel 17. Displacement akibat Pembesaran Defleksi pada Coakan 16,67%

Story	X-Dir mm	$\delta x \cdot Cd$ mm	Y-Dir mm	$\delta x \cdot Cd$ mm
Story11	90.994	500.4670	16.444	90.4420
Story10	88.602	487.3110	15.976	87.8680
Story9	84.683	465.7565	15.216	83.6880
Story8	79.240	435.8200	14.178	77.9790
Story7	72.444	398.4420	12.902	70.9610
Story6	64.452	354.4860	11.426	62.8430
Story5	55.366	304.5130	9.772	53.7460
Story4	45.244	248.8420	7.953	43.7415

Story3	34.162	187.8910	5.982	32.9010
Story2	22.333	122.8315	3.894	21.4170
Story1	10.450	57.4750	1.811	9.9605

Tabel 18. Displacement akibat Pembesaran Defleksi pada Coakan 50%

Story	X-Dir Mm	δx . Cd mm	Y-Dir mm	δx . Cd mm
Story11	93.898	516.4390	20.053	110.2915
Story10	91.264	501.9520	19.466	107.0630
Story9	87.078	478.9290	18.53	101.9150
Story8	81.338	447.3590	17.258	94.9190
Story7	74.223	408.2265	15.702	86.3610
Story6	65.898	362.4390	13.905	76.4775
Story5	56.472	310.5960	11.895	65.4225
Story4	46.009	253.0495	9.684	53.2620
Story3	34.594	190.2670	7.285	40.0675
Story2	22.470	123.5850	4.742	26.0810
Story1	10.394	57.1670	2.202	12.1110

Tabel 19. Displacement akibat Pembesaran Defleksi pada Coakan Kombinasi

Story	X-Dir mm	δx . Cd mm	Y-Dir mm	δx . Cd mm
Story 11	91.36	502.4800	16.937	93.1535
Story 10	88.931	489.1205	16.452	90.4860
Story 9	84.973	467.3515	15.668	86.1740
Story 8	79.489	437.1895	14.595	80.2725
Story 7	72.651	399.5805	13.28	73.0400
Story 6	64.616	355.3880	11.758	64.6690
Story 5	55.488	305.1840	10.054	55.2970
Story 4	45.325	249.2875	8.181	44.9955
Story 3	34.204	188.1220	6.152	33.8360
Story 2	22.341	122.8755	4.003	22.0165
Story 1	10.437	57.4035	1.86	10.2300

Nilai Displacement akibat pembesaran defleksi yang dihasilkan pada Tabel 16 sampai Tabel 19 dapat digunakan untuk mengetahui simpangan antar lantai yang dihasilkan apakah simpangan antar lantai pada setiap pemodelan bangunan memenuhi batas simpangan antar lantai ijin yang telah ditentukan. Berikut perhitungan simpangan antar lantai ijin berdasarkan ketinggian antar lantai :

$$\Delta a = \frac{0,020}{p} hx$$

- Simpangan ijin Bangunan Beraturan

$$\Delta a_{(3,5m)} = \frac{0,020}{1,0} 3,5 m = 0,0700 m = 70,00 mm$$

$$\Delta a_{(4,5m)} = \frac{0,020}{1,0} 4,5 m = 0,0900 m = 90,00 mm$$

- Simpangan ijin Bangunan Tidak Beraturan

$$\Delta a_{(3,5m)} = \frac{0,020}{1,3} 3,5 m = 0,05385 m = 53,85 mm$$

$$\Delta a_{(4,5m)} = \frac{0,020}{1,3} 4,5 m = 0,06923 m = 69,23 mm$$

Dari simpangan antar lantai ijin diatas, berikut rekapitulasi simpangan antar lantai dari setiap pemodelan untuk mengetahui kondisi tiap pemodelan bangunan dapat dilihat pada Tabel 20 sampai Tabel 23. Simpangan antar lantai didapat dari selisih antara displacement lantai dan displacement 1 lantai dibawahnya.

Tabel 20. Kondisi Bangunan dilihat dari simpangan antar lantai yang dihasilkan pada bangunan Coakan 0%

Story	δx.Cd Ie	δy.Cd Ie	Δa / p	Drift ≤ Drift Ijin	
	mm	mm	0,020 h/1,0	Δx	Δy
Story 11	9.982	1.887	70.000	aman	aman
Story 10	16.390	3.069	70.000	aman	aman
Story 9	22.770	4.191	70.000	aman	aman
Story 8	28.441	5.148	70.000	aman	aman
Story 7	33.462	5.962	70.000	aman	aman
Story 6	38.055	6.677	70.000	aman	aman
Story 5	42.405	7.343	70.000	aman	aman
Story 4	46.448	7.959	70.000	aman	aman
Story 3	49.605	8.432	70.000	aman	aman
Story 2	49.880	8.415	70.000	aman	aman
Story 1	43.989	7.315	90.000	aman	aman

Tabel 21. Kondisi Bangunan dilihat dari simpangan antar lantai yang dihasilkan pada bangunan Coakan 16,67%

Story	δx.Cd Ie	δy.Cd Ie	Δa / p	Drift ≤ Drift Ijin	
	mm	mm	0,020 h/1,0	Δx	Δy
Story 11	13.2	2.6	53.850	aman	aman
Story 10	21.6	4.2	53.850	aman	aman
Story 9	29.9	5.7	53.850	aman	aman
Story 8	37.4	7.0	53.850	aman	aman
Story 7	44.0	8.1	53.850	aman	aman
Story 6	50.0	9.1	53.850	aman	aman
Story 5	55.7	10.0	53.850	tidak aman	aman
Story 4	61.0	10.8	53.850	tidak aman	aman
Story 3	65.1	11.5	53.850	tidak aman	aman
Story 2	65.4	11.5	53.850	tidak aman	aman
Story 1	57.5	10.0	69.230	aman	aman

Tabel 22. Kondisi Bangunan dilihat dari simpangan antar lantai yang dihasilkan pada bangunan Coakan 50%

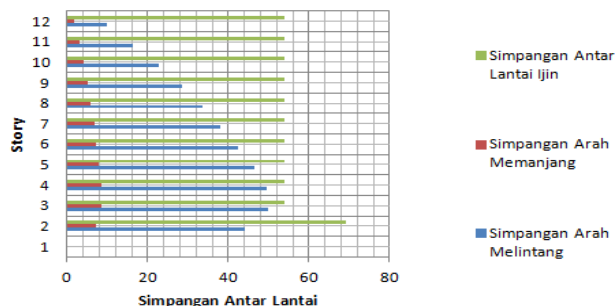
Story	δx.Cd Ie	δy.Cd Ie	Δa / p	Drift ≤ Drift Ijin	
	mm	mm	0,020 h/1,3	Δx	Δy
Story 11	14.5	3.2	53.850	aman	aman
Story 10	23.0	5.1	53.850	aman	aman
Story 9	31.6	7.0	53.850	aman	aman
Story 8	39.1	8.6	53.850	aman	aman
Story 7	45.8	9.9	53.850	aman	aman
Story 6	51.8	11.1	53.850	aman	aman
Story 5	57.5	12.2	53.850	tidak aman	aman
Story 4	62.8	13.2	53.850	tidak aman	aman
Story 3	66.7	14.0	53.850	tidak aman	aman
Story 2	66.4	14.0	53.850	tidak aman	aman
Story 1	57.2	12.1	69.230	aman	aman

Tabel 23. Kondisi Bangunan dilihat dari simpangan antar lantai yang dihasilkan pada bangunan Kombinasi

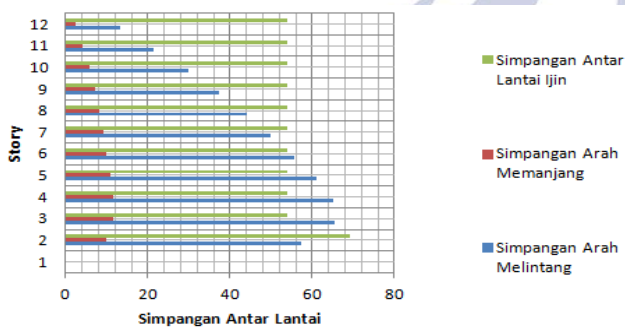
Story	δx.Cd Ie	δy.Cd Ie	Δa / p	Drift ≤ Drift Ijin	
	mm	mm	0,020 h/1,3	Δx	Δy
Story 11	13.360	2.668	53.846	aman	aman
Story 10	21.769	4.312	53.846	aman	aman
Story 9	30.162	5.901	53.846	aman	aman
Story 8	37.609	7.233	53.846	aman	aman
Story 7	44.193	8.371	53.846	aman	aman
Story 6	50.204	9.372	53.846	aman	aman
Story 5	55.897	10.302	53.846	tidak aman	aman
Story 4	61.166	11.160	53.846	tidak aman	aman
Story 3	65.247	11.820	53.846	tidak aman	aman
Story 2	65.472	11.787	53.846	tidak aman	aman
Story 1	57.404	10.230	69.231	aman	aman

Rekapitulasi Simpangan terhadap Simpangan Ijin

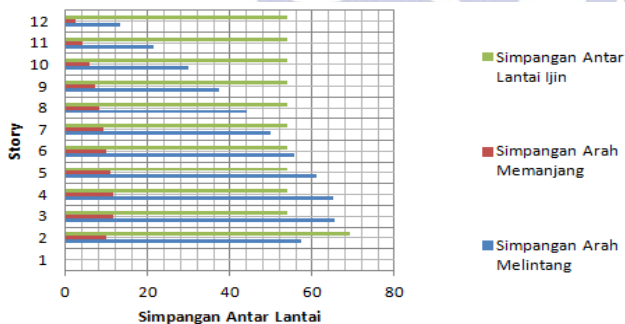
Berikut rekapitulasi simpangan antar lantai yang dihasilkan tiap pemodelan terhadap simpangan antar lantai ijin yang disajikan pada gambar berikut.



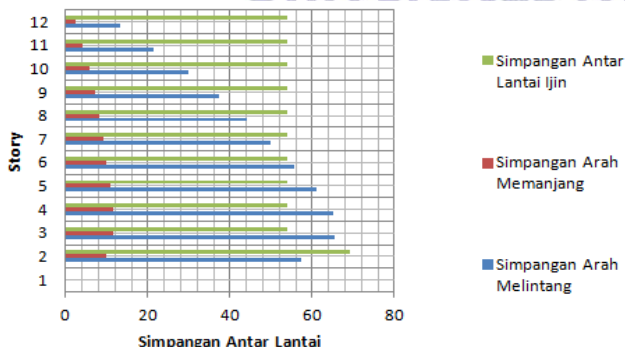
Gambar 5 Diagram batang simpangan dan simpangan antar lantai ijin pada bangunan coakan 0%



Gambar 6 Diagram batang simpangan dan simpangan antar lantai ijin pada bangunan coakan 16,67%



Gambar 7 Diagram batang simpangan dan simpangan antar lantai ijin pada bangunan coakan 50%



Gambar 8 Diagram batang simpangan dan simpangan antar lantai ijin pada bangunan coakan kombinasi

Gaya Geser Tingkat dan Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar merupakan penyederhanaan gaya gempa yang kemudian dapat didistribusikan tiap lantai sehingga didapat gaya geser tingkat. Berikut Tabel 24 merupakan rekapitulasi gaya geser dasar pada tiap pemodelan bangunan, dan Tabel 25 dan Tabel 26 merupakan rekapitulasi gaya geser tingkat tiap pemodelan bangunan.

Tabel 24. Rekapitulasi Gaya Geser Dasar tiap pemodelan

Pemodelan	Arah Memanjang	Arah Melintang
Coakan 0%	4171.89	1256.11
Coakan 16,67%	4062.99	1224.13
Coakan 50%	3190.17	962.13
Coakan Kombinasi	3845.22	1158.61

Tabel 25. Rekapitulasi Gaya Geser Tingkat pada bangunan Coakan 0% dan Coakan 16,67%

Story	Coakan 0 % (kN)		Coakan 16,67% (kN)	
	Melintang	Memanjang	Melintang	Memanjang
Story 11	781.12	234.64	760.85	228.66
Story 10	1506.97	452.92	1467.85	441.40
Story 9	2035.98	612.26	1983.05	596.69
Story 8	2433.54	732.25	2370.21	713.62
Story 7	2743.90	826.09	2672.37	805.07
Story 6	3000.85	903.82	2922.53	880.82
Story 5	3249.80	978.99	3164.96	954.09
Story 4	3505.90	1056.12	3414.42	1029.27
Story 3	3765.14	1134.03	3666.95	1105.21
Story 2	4011.00	1207.84	3906.40	1177.12
Story 1	4171.89	1256.11	4062.99	1224.13

Tabel 26 Rekapitulasi Gaya Geser Tingkat pada bangunan Coakan 50% dan Coakan Kombinasi

Story	Coakan 50 % (kN)		Coakan Kombinasi (kN)	
	Melintang	Memanjang	Melintang	Memanjang
Story 11	598.33	180.01	720.42	216.50
Story 10	1154.53	347.51	1389.80	417.92
Story 9	1559.33	469.60	1877.42	564.91
Story 8	1862.90	561.41	2243.68	675.56
Story 7	2099.04	633.01	2529.35	762.04
Story 6	2294.37	692.27	2765.80	833.67
Story 5	2484.33	749.77	2995.13	903.00
Story 4	2680.57	808.95	3231.29	974.18
Story 3	2879.64	868.82	3470.47	1046.10
Story 2	3067.88	925.39	3697.16	1114.17
Story 1	3190.17	962.13	3845.22	1158.61

PENUTUP

Simpulan

Hasil dari pemodelan dan pembahasan didapat simpulkan:

1. Gaya geser dasar dapat digunakan sebagai gaya gempa rencana, sedangkan gaya geser tingkat adalah gaya geser dasar yang telah didistribusikan pada setiap lantai. Semakin besar persentase coakan pada denah bangunan, semakin kecil gaya geser tingkat dan gaya geser dasar yang ditimbulkan. Rasio perbandingan gaya geser dasar dan gaya geser tingkat yang dihasilkan pada bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan coakan 16,67% adalah 1:0.97, bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan coakan 50% adalah 1:0.77, bangunan tanpa

coakan dibanding dengan bangunan kombinasi coakan 50% pada memanjang dan 16,67% pada melintang adalah 1:0.92.

2. Simpangan antar lantai merupakan perpindahan yang terjadi pada suatu lantai terhadap satu lantai dibawahnya, sedangkan *displacement* atap adalah perpindahan total yang terjadi (kumulatif seluruh simpangan antar lantai yang terjadi pada bangunan). Semakin besar persentase coakan yang ditambahkan pada denah bangunan, semakin besar pula simpangan antar lantai dan *displacement* atap yang ditimbulkan. Pada arah melintang rasio perbandingan *displacement* atap yang dihasilkan pada bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan coakan 16,67% adalah 1:1.31, bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan coakan 50% adalah 1:1.35, bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan kombinasi coakan 50% pada memanjang dan 16,67% pada melintang adalah 1:1.32. Sedangkan pada arah memanjang rasio perbandingan *displacement* atap yang dihasilkan pada bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan coakan 16,67% adalah 1:1.36, bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan coakan 50% adalah 1:1.66, bangunan tanpa coakan dibanding dengan bangunan kombinasi coakan 50% pada memanjang dan 16,67% pada melintang adalah 1:1.40.

Saran

Saran yang dapat diberikan untuk melengkapi penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu diteliti lebih lanjut tentang pengaruh penambahan coakan pada bangunan dengan memperhatikan daktilitas bangunan.
2. Perlu adanya variasi pemodelan lain seperti penambahan coakan pada lebar dan panjang bangunan yang diproyeksikan langsung secara diagonal.
3. Perlu adanya penambahan dinding geser pada tiap pemodelan bangunan coakan.
4. Perlu diteliti lebih lanjut tentang perbandingan nilai ekonomis bangunan ditinjau dari jenis struktur pelat beton bertulang yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)*. Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Standar Nasional Indonesia.

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

Fakhrurrazy, Manalip, H., dan Windah, R.S. 2015. Analisis Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Variasi Persentase Coakan pada Denah Struktur Bangunan. Jurnal: *TEKNO Vol.13/No.63/Agustus 2015*

Hadinata, I.A., Nurina, S., dan Simatupang, R.M. 2017. Analisis Variasi Konfigurasi Struktur Portal 3D terhadap Beban Gempa. Jurnal: *REKAYASA SIPIL / VOLUME 10, No.3 - 2016*

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