

**STUDI KOMPARATIF SISTEM *FLAT SLAB* DENGAN *DROP PANEL*
DAN SISTEM PELAT KONVENSIONAL PADA GEDUNG BETON
BERTULANG 10 LANTAI**

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh:

Mikha Angie Rebecca Pungus

NPM: 160216527



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
MARET 2020**

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**STUDI KOMPARATIF SISTEM *FLAT SLAB* DENGAN *DROP PANEL*
DAN SISTEM PELAT KONVENSIONAL PADA GEDUNG BETON
BERTULANG 10 LANTAI**

Oleh :

MIKHA ANGIE REBECCA PUNGUS

NPM : 160216527 / TS

Telah diuji dan disetujui oleh Pembimbing:

Yogyakarta, 29 / 04 / 2020

Pembimbing

(Dr. Ir. AM. Ade Lisantono., M.Eng)

Disahkan oleh:

Program Studi Teknik Sipil

Ketua

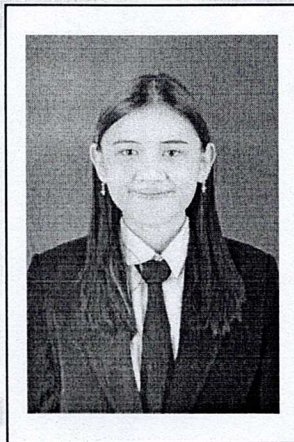


Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.

PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir

STUDI KOMPARATIF SISTEM *FLAT SLAB* DENGAN *DROP PANEL* DAN SISTEM PELAT KONVENSIONAL PADA GEDUNG BETON BERTULANG 10 LANTAI

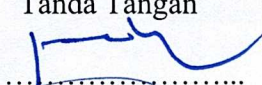
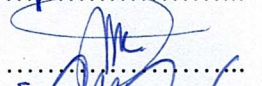



Oleh :

MIKHA ANGIE REBECCA PUNGUS

NPM : 160216527

Telah diuji dan disetujui

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Dr. Ir. AM. Ade Lisantono., M.Eng.		29/04/2020
Sekretaris	: Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.		28/4/2020
Anggota	: Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc.		28/4/2020

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

**STUDI KOMPARATIF SISTEM *FLAT SLAB* DENGAN *DROP PANEL*
DAN SISTEM PELAT KONVENSIONAL PADA GEDUNG BETON
BERTULANG 10 LANTAI**

Benar-benar merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan bukan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan, baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir Saya merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, April 2020

Yang membuat pernyataan



Mikha Angie Rebecca Pungus

KATA HANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, cinta serta kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan segala baik yang merupakan syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr.Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ir. AM. Ade Lisantono., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, sabar dalam memberikan arahan, petunjuk dan sangat peduli terhadap penulis sehingga Tugas Akhir ini boleh terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mengajarkan dan memberikan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil yang sangat berguna bagi penulis.
5. Kedua orang tua, kakak-kakak serta seluruh keluarga yang sudah memberi restu, dukungan, doa dan semangat dalam proses perkuliahan dari awal hingga pembuatan Tugas Akhir ini sehingga boleh berjalan dengan lancar.

6. Sahabat-sahabat terbaik antara lain FUDAIH (Geo, Sheren, Erika, Nyut, Nadya, Sindy, Lesie, Titty, dan Eby), Kost Feranissa (Vanesha, Ike, Desy, Helen, Nike), Andra, Nico, Nodi, Yohanna, Martha, Sarah dan Praisyy yang selalu support dalam suka maupun duka, memberikan warna selama perkuliahan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Andreas Hendra Karunia yang selalu sabar, memberikan semangat dan juga selalu menopang dalam doa dalam pembuatan tugas akhir.
8. Teman-teman tugas Akhir Struktur, yaitu: Claudya Valentine dan Lukki Purba.
9. Teman-teman kelas C Teknik Sipil UAJY angkatan 2016 yang telah membantu dalam proses pembelajaran selama kuliah di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberi warna dan semangat dalam masa perkuliahan serta pihak yang membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, April 2020

Penulis

Mikha Angie Rebecca Pungus

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Keaslian Tugas Akhir	5
1.5. Tujuan Tugas Akhir.....	5
1.6. Manfaat Tugas Akhir.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Umum	7
2.2. Kolom	8

2.3.	Balok.....	8
2.4.	Hubungan <i>Flat Slab</i> -Kolom	8
2.5.	Beton Bertulang	9
2.6.	Pembebanan Struktur.....	9
2.7.	Sendi Plastis.....	10
2.8.	Level Kinerja Struktur	11
2.9.	Metode Spektrum Kapasitas.....	13
2.10.	Penelitian Terdahulu.....	14
III.	LANDASAN TEORI	15
3.1.	Perencanaan Pembebanan.....	15
3.1.1	Kuat perlu	15
3.2.	Perencanaan Beban Gempa berdasarkan SNI 1726:2012	16
3.2.1.	Menentukan Parameter S_S dan S_I	16
3.2.2.	Menentukan F_a dan F_v	17
3.2.3.	Menentukan S_{MS} dan S_{MI}	17
3.2.4.	Menentukan S_{DS} dan S_{DI}	18
3.2.5.	Kategori Resiko Struktur Bangunan (<i>Risk Category</i>)	18
3.2.6.	Faktor Keutamaan.....	20
3.2.7.	Kategori Desain Seismik (KDS)	21
3.2.8.	Perioda Fundamental Pendekatan.....	21
3.2.9.	Sistem Struktur Penahan Gaya Gempa.....	22
3.2.10.	Desain Respons Spektrum.....	24

3.2.11. Koefisien Respon Gempa	25
3.2.12. Gaya Geser Gempa.....	26
3.2.13. Distribusi Vertikal Gaya Gempa	26
3.3 Perencanaan Struktur Atas Menggunakan Beton Bertulang	27
3.3.1. Kuat Desain	27
3.3.2. Perancangan Pelat.....	28
3.3.2.1. Tulangan pelat.....	30
3.3.3 Perencanaan Kolom.....	32
3.3.3.1 Dimensi Kolom	32
3.3.3.2 Kelangsingan Kolom.....	32
3.3.3.3 Gaya Geser Rencana	32
3.3.3.4 Tulangan Transversal.....	33
3.3.4 Perencanaan Balok	34
3.3.4.1 Dimensi Balok.....	34
3.3.4.2 Penulangan Longitudinal Balok.....	35
3.3.4.3 Penulangan Transversal Balok.....	36
IV. METODE PENELITIAN.....	37
4.1. Umum.....	37
4.2. Kerangka Penelitian.....	37
4.3. Pemodelan Struktur	39
V. ESTIMASI DIMENSI DAN DESAIN TULANGAN.....	41

5.1.	Estimasi Dimensi.....	41
5.2.	Estimasi Dimensi Balok	41
	5.2.1. Penulangan Balok.....	42
	5.2.2. Tulangan Longitudinal	43
5.3	Estimasi Tebal Pelat	62
	5.3.1. <i>Flat Slab</i>	62
	5.3.1.1 Menentukan tebal minimum <i>flat slab</i>	62
	5.3.1.2 Penulangan pada <i>flat slab</i>	63
	5.3.2. Pelat Konvensional.....	82
	5.3.2.1 Menentukan tebal minimum pelat	82
	5.3.2.2 Menentukan beban pada pelat.....	85
	5.3.2.3 Menentukan jenis pelat	86
	5.3.2.4 Momen pada pelat lantai dan atap.....	86
	5.3.2.5 Penulangan pada pelat lantai	87
5.4	Estimasi <i>Drop Panel</i>	93
	5.4.1. Lebar <i>Drop Panel</i>	93
	5.4.2. Tebal <i>Drop Panel</i>	93
5.5	Estimasi Kolom	94
	5.5.1. Pembebanan Pada kolom.....	94
	5.5.2. Kombinasi Pembebanan	96
	5.5.3. Dimensi Kolom	97
	5.5.4. Penulangan Pada Kolom.....	98

VI. ANALISIS GEMPA	102
6.1 Analisis Gempa	102
6.1.1. Menentukan Nilai Parameter S_s dan S_1	102
6.1.2. Menentukan Kelas Situs dan Nilai Koefisien Situs F_a dan F_v ..	102
6.1.3. Menentukan Parameter S_{MS} dan S_{M1}	103
6.1.4. Menentukan S_{DS} dan S_{D1}	103
6.1.5. Menentukan Kategori Risiko (<i>risk category</i>) Struktur Bangunan	103
6.1.6. Menentukan Kategori Desain Seismik.....	103
6.1.7. Menentukan Sistem Struktur dan Parameter Struktur Berdasarkan KDS	104
6.1.8. Menentukan Faktor Keutamaan (<i>importance factor</i>): I_e	104
6.1.9. Desain Respon Spektrum.....	104
6.1.10. Menentukan Periode Fundamental	106
6.1.11. Faktor Respon Gempa	107
6.1.12. Eksponen K	108
6.1.13. Berat Bangunan	108
6.1.14. Gaya Geser Gempa.....	109
6.1.15. Partisipasi Massa	111
6.1.16. Simpangan antar lantai	112
6.2 Sendi Plastis.....	114
6.3 Level Kinerja Struktur	121

VII. KESIMPULAN DAN SARAN	125
7.1. Kesimpulan.....	125
7.2. Saran.....	128

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kriteria Kinerja Struktur menurut FEMA 273.....	12
Gambar 3.1 Spektrum Respons Desain.....	25
Gambar 3.2 Perpanjangan minimum untuk tulangan pada slab tanpa balok.....	32
Gambar 4.1 Bagan Alir	38
Gambar 4.2 Denah struktur <i>Flat slab</i>	39
Gambar 4.3 Denah Struktur Pelat Konvensional	39
Gambar 4.4 Pemodelan 3D Struktur <i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i>	40
Gambar 4.5 Pemodelan 3D Struktur Pelat Konvensional.....	40
Gambar 5.1 Penulangan Balok.....	62
Gambar 5.2 Tebal pelat	64
Gambar 5.3 Penulangan <i>flat slab</i> dan <i>drop panel</i>	82
Gambar 5.4 Bentang pelat terbesar (mm)	83
Gambar 5.5 Penulangan Pelat Konvensional	92
Gambar 5.6 <i>tributary area</i> kolom	96
Gambar 5.7 Diagram Interaksi Kolom.....	99
Gambar 5.8 Penulangan Kolom	101
Gambar 6.1 Grafik Respon Spektrum.....	106
Gambar 6.2 Target Displacement	115
Gambar 6.3 hasil Output no.1	115
Gambar 6.4 hasil Output no.2	116
Gambar 6.5 hasil Output no.3	116
Gambar 6.6 hasil Output no.4	117
Gambar 6.7 hasil Output no.5	117
Gambar 6.8 hasil Output no.6	118
Gambar 6.9 hasil Output no.7	119
Gambar 6.10 hasil Output no.8	119
Gambar 6.11 hasil Output no.9	120
Gambar 6.12 hasil Output no.10	121
Gambar 6.13 Pendistribusian Displacement Arah X C24 Lantai 10 untuk level kinerja struktur gedung <i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i>	123
Gambar 6.14 Pendistribusian Displacement Arah X C24 Lantai 10 untuk level kinerja struktur Gedung Pelat Konvensional	123

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan Simpangan pada Level Kinerja Struktur	13
Tabel 3.1	Koefisien situs, F_a	17
Tabel 3.2	Koefisien situs, F_v	17
Tabel 3.3	Kategori risiko bangunan Gedung dan non Gedung untuk beban gempa	19
Tabel 3.4	Faktor keutamaan gempa	20
Tabel 3.5	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{DS})	21
Tabel 3.6	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{DI})	21
Tabel 3.7	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	22
Tabel 3.8	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	22
Tabel 3.9	Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.....	23
Tabel 3.10	Faktor reduksi (ϕ) untuk menghitung kekuatan desain	28
Tabel 3.11	Tebal minimum pelat tanpa balok interior*	29
Tabel 3.12	Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	35
Tabel 5.1	Data momen dan geser balok induk dari <i>Seismostruct</i>	43
Tabel 5.2	Data Momen pada <i>flat slab</i>	63
Tabel 5.3	Penulangan <i>Flat Slab</i>	82
Tabel 5.4	Nilai koefisien pada pelat	86
Tabel 6.1	Respons Spektrum.....	105
Tabel 6.2	Berat Bangunan	108
Tabel 6.3	Gaya Geser Gempa Dinamik (kN)	109
Tabel 6.4	Partisipasi massa untuk Gedung menggunakan <i>Flat Slab</i> dengan <i>drop panel</i> dalam (%)	111
Tabel 6.5	Partisipasi massa untuk Gedung menggunakan Pelat Konvensional dalam (%)	112
Tabel 6.6	Simpangan antar lantai arah x	113
Tabel 6.7	Simpangan antar lantai arah y	114
Tabel 6.8	Batasan Simpangan pada Level Kinerja Struktur	122

STUDI KOMPARATIF SISTEM *FLAT SLAB* DENGAN *DROP PANEL* DAN SISTEM PELAT KONVENSIONAL PADA GEDUNG BETON BERTULANG 10 LANTAI

Mikha Angie Rebecca Pungus

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jalan Babarsari No.44, Janti, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman,
Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281

Email: a.rmikha@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penggunaan pelat konvensional dalam perencanaan bangunan gedung bertingkat masih banyak digunakan pada konstruksi saat ini. Dengan menggunakan material beton bertulang selain pelat konvensional ada pula pelat yang disebut dengan *flat slab* yang merupakan jenis pelat dua arah tanpa balok sehingga langsung bertumpu pada kolom yang tak jarang digunakan pada konstruksi bangunan gedung bertingkat. *Flat slab* sendiri memiliki kelebihan yaitu mengurangi ketinggian struktur dan waktu pengerjaan konstruksi. Selain kelebihan tersebut *flat slab* juga memiliki kelemahan yaitu mudah terkena defleksi dan lemah terhadap gaya geser. Untuk mengurangi gaya geser yang terjadi maka digunakan *drop panel* yang dapat memperkuat pelat terhadap gaya geser. Dalam studi ini, dilakukan perbandingan antara sistem struktur *flat slab* dengan *drop panel* dan sistem struktur konvensional 10 lantai ditinjau dari *displacement*, simpangan antar lantai (*drift*) dan sendi plastis. Analisis dan desain dilakukan dengan program bantu *Seismostruct* dengan memperhitungkan beban mati, beban hidup dan gempa (statik ekuivalen dan respon spektrum). Hasil studi menunjukkan bahwa nilai *displacement* pada lantai 10 dari sistem struktur *flat slab* dengan *drop panel* lebih besar dari sistem struktur pelat konvensional yaitu berturut-turut 74,1 mm dan 37,8 mm. Simpangan antar lantai (*drift*) dari sistem struktur *flat slab* dengan *drop panel* dan sistem struktur pelat konvensional pada lantai 10 masing-masing nilainya 14,85 mm dan 3,3 mm tidak melebihi nilai dari simpangan ijin 61,538 mm. Pada target *displacement* 60 cm sendi plastis pada sistem konvensional terjadi di bagian kolom lantai 1 sedangkan sistem struktur *flat slab* dengan *drop panel* pada kolom tidak terjadi sendi plastis. Pada sistem struktur *flat slab* dengan *drop panel* terjadi gaya torsi yang signifikan jika dibandingkan dengan sistem struktur konvensional.

Kata kunci: *flat slab*, *drop panel*, pelat konvensional, *displacement*, simpangan antar lantai (*drift*), sendi plastis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung dengan konstruksi beton bertulang memiliki beberapa komponen dan elemen pendukung yang menyatu padukan suatu bangunan. Pelat merupakan salah satu elemen struktur yang mempunyai permukaan datar yang berfungsi sebagai lantai untuk beraktivitas yang mampu menahan beban ruang terbuka ataupun tertutup. Pelat lantai umumnya tersusun atas komponen pelat lantai, balok dan kolom yang biasa disebut pelat konvensional. Sedangkan menurut SNI 2847:2013 ada jenis pelat lantai yang langsung didukung oleh kolom dengan atau tanpa penebalan pelat di atas kolom (*drop panel*) yang dikenal dengan plat cendawan (*flat slab*).

Penggunaan sistem *flat slab* pada bangunan semakin meningkat karena memiliki keuntungan terhadap kinerja struktur dan kemudahan dalam proses konstruksinya. Dengan tidak menggunakan balok, *flat slab* juga memiliki kelebihan untuk mengurangi ketinggian perlantai, selain itu juga dapat mengurangi beban struktur. Namun akibat dari tidak adanya balok, kelemahan terbesar sistem konstruksi ini adalah dalam hubungan pelat dan kolom dalam menahan gaya geser yang dapat menyebabkan keretakan dan kerusakan secara horizontal sehingga pelat dapat runtuh. Selain itu, biasanya konstruksi *flat slab* memiliki pelat yang lebih tebal apabila dibandingkan dengan pelat konvensional. Bangunan yang didesain menggunakan sistem *flat slab* hanya

bisa didesain pada zona gempa rendah hingga zona gempa menengah. Sehingga perencana harus mengetahui dengan baik zona gempa dari lokasi proyek yang akan dibangun. Wilayah gempa Yogyakarta yang termasuk pada zona gempa empat zona gempa menengah. Untuk meningkatkan kekuatan terhadap gaya geser pada *flat slab*, maka dalam perencanaan ini akan di rancang menggunakan penebalan plat di atas kolom (*drop panel*) yang berfungsi dalam mengurangi gaya geser yang terjadi yang ditimbulkan oleh kolom pada pelat. Penggunaan sistem *flat slab* dengan *drop panel* ini diharapkan mampu memikul beban, menahan gaya geser serta dapat mengurangi kerusakan struktur akibat gempa rencana pada zona gempa menengah.

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisa penggunaan *flat slab* dengan *drop panel* kolom persegi dan membandingkan dengan plat konvensional pada gedung beton bertulang sepuluh lantai. Perbandingan ditinjau dari segi perilaku struktur. Gedung harus memenuhi persyaratan *base shear*, dan harus memenuhi persyaratan *drift* untuk memenuhi aspek keamanan gedung. Tugas Akhir ini akan dilaksanakan dengan melakukan estimasi dimensi, analisis struktur serta melakukan pemodelan struktur menggunakan *software SeismoStruct*

1.2 Rumusan masalah

Menurut latar belakang tersebut, maka disusunlah rumusan masalah yang meliputi perencanaan struktur atas dari gedung khususnya pelat lantai yang kuat untuk menahan gaya geser dan memikul beban akibat gempa rencana yang dapat menyebabkan kerusakan struktur pada gedung. Tujuan secara rinci dari permasalahan tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana merencanakan dimensi-dimensi struktur yang meliputi *Flat slab*, Pelat konvensional, *drop panel*, balok dan kolom?
2. Bagaimana memodelkan struktur bangunan menggunakan *flat slab* dengan *drop panel* dan menggunakan pelat konvensional pada program *Seismostruct* ?
3. Bagaimana merencanakan penulangan dari struktur – struktur utama dari hasil analisa program bantu *Seismostruct* ?
4. Bagaimana perilaku struktur pada gedung yang menggunakan *flat slab* dengan *drop panel* dan gedung yang menggunakan pelat konvensional? Apa perbedaannya?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Perancangan elemen struktur meliputi: balok, kolom, pelat lantai konvensional dan flat slab yang menggunakan struktur beton bertulang.

2. Perancangan ketahanan gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 1726:2012.
3. Perancangan struktur atas gedung 10 lantai yang dirancang sendiri dan bangunan dibuat simetri.
4. Material Struktur menggunakan beton bertulang, dengan spesifikasi:
 - a. Beton bertulang $f'_c = 30$ MPa
 - b. Baja tulangan:
 $F_y = 240$ MPa (BJTP)
 $F_y = 420$ MPa (BJTD)
5. Perancangan struktur beton bertulang mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013.
6. Bangunan Struktur yang dirancang dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
7. Analisis pembebanan menggunakan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
8. Analisis struktur dan gempa dilakukan menggunakan *software Seismostruct* dengan metode analisis beban gempa statik ekuivalen dan respon spektrum.
9. Dalam perencanaan ini tidak meninjau Analisa biaya dan manajemen konstruksi didalam menyelesaikan pekerjaan proyek.
10. Tidak merencanakan pondasi.

1.4 Keaslian Tugas Akhir

Berdasarkan pengamatan dan pengecekan yang telah dilakukan oleh penulis, judul tugas akhir “Studi komparatif sistem flat slab dengan drop panel dan sistem pelat konvensional pada gedung beton bertulang 10 lantai” belum pernah dilakukan sebelumnya.

1.5 Tujuan Tugas Akhir

Menganalisis struktur atas gedung 10 lantai yang menggunakan sistem *flat slab* dengan *drop panel* dan dibandingkan dengan sistem pelat konvensional. Tujuan secara rinci yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dimensi-dimensi dari struktur utama dan menghitung kebutuhan tulangan oleh struktur utama.
2. Membuat pemodelan struktur bangunan *flat slab* dengan *drop panel* dan bangunan yang menggunakan pelat konvensional pada program bantu *Seismostruct*.
3. Mengetahui perbandingan dari segi perilaku struktur antara kedua gedung yang ditinjau dari simpangan antar lantai, sendi plastis dan evaluasi kinerja struktur.

1.6 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari penulisan tugas akhir adalah untuk menambah pengetahuan merancang bangunan gedung bertingkat tinggi sesuai dengan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012, serta memperkenalkan perencanaan sistem struktur *flat slab* dengan *drop panel* yang masih jarang dipakai sehingga menjadi alternatif yang sangat baik dalam dunia konstruksi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Flat slab adalah merupakan konstruksi beton dua arah (*two way slab with drops*) yang hanya memiliki unsur horizontal berupa pelat tanpa balok dan ditahan kolom. Sistem *flat slab* ini mempunyai ciri khusus yaitu, tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam atau (interior), sementara balok-balok tepi sepanjang garis kolom luar atau (eksterior), bisa jadi ada atau tidak (Irawan dkk., 2018). Kemampuan *flat slab* untuk menahan gaya geser diperoleh dari salah satu atau kedua hal berikut :

1. *Drop Panel* yaitu penambahan tebal pelat di dalam daerah kolom yang berfungsi sebagai penahan gaya geser utama yang menjadi bidang kontak antara pelat dan kolom.
2. Kepala Panel (*Column Capital*) yaitu pelebaran mengecil dari ujung kolom atas yang bertujuan untuk mendapatkan penambahan keliling sekitar kolom untuk memindahkan geser dari beban lantai dan untuk menambah tebal dengan berkurangnya perimeter di dekat kolom.

Menurut Irawan dkk., (2018) dalam perencanaan menggunakan sistem *flat slab* mempunyai kelemahan sebagai berikut :

1. Tanpa adanya balok-balok disepanjang garis kolom, maka kemampuan menahan beban menjadi berkurang.

2. Besarnya tegangan geser pons yang terjadi pada pelat di sekitar kolom dapat menyebabkan keruntuhan pons, terlebih dengan adanya momen *unbalance* akibat gaya lateral.
3. Konstruksi *flat slab* mempunyai kekakuan relatif rendah, sehingga untuk menerima gaya lateral menjadi kurang.

2.2 Kolom

Kolom adalah elemen vertikal yang memikul sistem lantai struktural. Elemen ini merupakan elemen yang mengalami tekan dan pada umumnya disertai dengan momen lentur. Kolom merupakan salah satu unsur terpenting dalam peninjauan keamanan struktur (Nawy, 1990)

2.3 Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban tributary dari pelat lantai ke kolom penyangga vertikal. Pada umumnya elemen balok dicor secara monolit dengan pelat dan secara struktural ditulangi di bagian bawah atau di bagian atas dan bawah. Karena balok dicor secara monolit dengan pelat, maka elemen tersebut membentuk penampang balok T untuk tumpuan dalam dan balok L untuk tumpuan tepi (Nawy, 1990)

2.4 Hubungan Flat Slab-Kolom

Hubungan pelat-kolom mencakup daerah joint dan bagian dari pelat yang berbatasan dengan kolom. Transfer beban gravitasi antara pelat dan kolom menimbulkan tegangan geser pada pelat di sekeliling kolom yang disebut

dengan penampang kritis. Disebutkan bahwa posisi penampang kritis adalah pada jarak yang tidak lebih dari setengah tebal efektif pelat ($d/2$) dari muka kolom atau dari tepi luar tulangan geser jika digunakan tulangan geser pada pelat. (Riawan dkk.,2012)

2.5 Beton Bertulang

Elemen struktur dari bangunan ini terdiri dari balok, kolom, pelat lantai, pelat atap yang terbuat dari beton bertulang. Beton bertulang merupakan gabungan logis dari kedua jenis bahan yaitu beton polos yang memiliki kekuatan tekan tinggi tetapi kekuatan tariknya rendah dan batangan-batangan baja yang ditanamkan dalam beton yang dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang dan Salmon, 1990).

2.6 Pembebanan Struktur

Beban adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. (SNI 1727:2013). Ada beberapa jenis beban yang dipikul oleh suatu struktur, diantaranya:

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi

tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727:2013)

3. Beban gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. (PPURG:1987)

2.7 Sendi Plastis

Menurut Wibowo (2010) permodelan sendi digunakan untuk mendefinisikan momen rotasi yang ditempatkan pada beberapa tempat disepanjang bentang balok kolom. Sendi biasa diletakan di ujung balok maupun kolom. Apabila bangunan menerima beban gempa pada tingkatan tertentu,

maka akan terjadi sendi plastis pada balok maupun kolom tersebut. Sendi plastis adalah suatu tanda ketidakmampuan balok atau kolom menahan gaya dalam.

1. Sendi plastis pada balok

Data sendi plastis yang dimasukkan pada penampang daerah tumpuan balok yaitu lokasi dimana sendi plastis diharapkan terjadi. Masing-masing 29 penampang balok dimodelkan dengan pilihan model moment M3, artinya sendi plastis hanya terjadi akibat momen searah sumbu lokal 3.

2. Sendi plastis pada kolom

Data sendi plastis untuk kolom adalah Model P-M2-M3, yang mempunyai arti bahwa sendi plastis terjadi akibat adanya interaksi gaya aksial (P) dan momen (M) sumbu lokal 2 dan sumbu lokal 3. Dalam hal ini setiap kolom pada bangunan yang ditinjau memiliki momen sumbu lokal 2 yang sama dengan kapasitas momen sumbu lokal 3, hal ini disebabkan karena dimensi kolom berbentuk persegi dan tulangan kolom yang ada tersebar pada keempat sisinya secara merata.

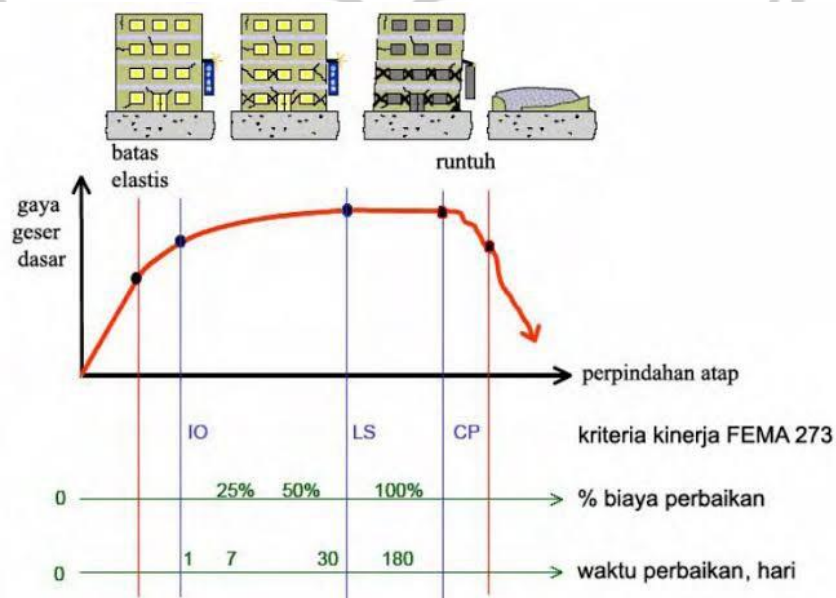
2.8 Level Kinerja Struktur

FEMA 273 mengelompokkan level kinerja struktur dalam 4 bagian yaitu:

1. Operasional: tidak terjadi kerusakan yang berarti pada struktur dan non struktur artinya bangunan masih dapat berfungsi.
2. IO (*Immediate Occupancy*): Kerusakan struktur setelah terjadi gempa bumi sangat sedikit (kerusakan minor) dan bisa diabaikan. Kekuatan dan

kekakuan struktur bangunan hampir sama dengan kondisi saat belum terjadi gempa.

3. LS (*Life Safety*): Keadaan kerusakan setelah gempa bumi terhadap struktur yang penting sudah terjadi. Tetapi komponen utamanya tidak rusak dan runtuh sehingga korban jiwa yang timbul hanya sedikit. Bangunan dapat digunakan kembali setelah dilakukan perbaikan.
4. CP (*Collapse Prevention*): Setelah gempa, terjadi kerusakan parah pada bangunan struktural maupun non struktural. Kerusakan besar yang terjadi berpotensi menurunkan kekakuan dan kekuatan bangunan serta menyebabkan bangunan tersebut berpotensi runtuh. Kemungkinan terjadinya korban jiwa sangat besar. Dalam ATC 40 disebut SS (*Struktural Ability*).



Gambar 2.1. Kriteria Kinerja Struktur menurut FEMA 273

Sumber: FEMA 273

Level kinerja struktur dapat dilihat melalui batasan *drift* rasio menurut ATC 40 yang terdapat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1. Batasan Simpangan pada Level Kinerja Struktur

Level Kinerja				
Batas Simpangan Maksimum	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan total Maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33
Simpangan Non Elastis Total Maksimum	0,005	0,005-0,015	<i>No limit</i>	<i>No limit</i>

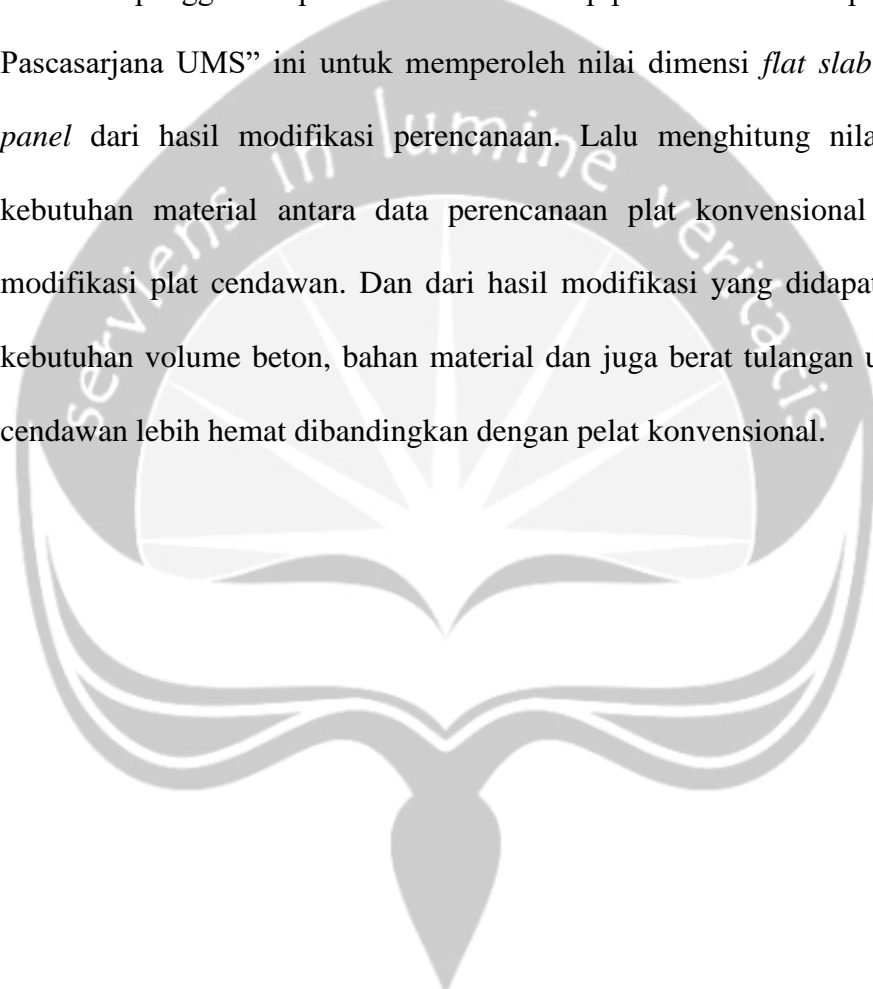
2.9 Metode Spektrum Kapasitas

Capacity spectrum method adalah salah satu metode dari ATC-40. *Capacity spectrum method* terdiri dari 2 buah grafik yang disebut spektrum, yaitu spektrum kapasitas (*capacity spectrum*) yaitu kapasitas struktur berupa hubungan gaya geser dasar struktur dan perpindahan lateral struktur (biasanya ditetapkan di puncak bangunan), dan spektrum *demand* yang menggambarkan besarnya *demand* (tuntutan kinerja) akibat gempa. Spektrum *demand* didapat dengan cara mengubah spektrum respons yang umumnya dinyatakan dalam spektral kecepatan dan periode menjadi format spektral percepatan dan spektral perpindahan. Format baru ini dinamakan *Acceleration-Displacement Response Spectra* (ADRS). Kurva kapasitas yang didapatkan dinyatakan dalam satuan gaya (kN) dan perpindahan (m), sedangkan spektrum *demand* ini memiliki satuan percepatan (m/detik²) dan perpindahan (m). Satuan dari kedua kurva tersebut perlu diubah dalam format yang sama, yaitu spektral percepatan (S_a)

dan spektral perpindahan (S_d) agar dapat ditampilkan dalam satu tampilan.
(Ginsar,2007)

2.10 Penelitian Terdahulu

Vinca Rosea (2016) melakukan penelitian dalam tesisnya yang berjudul “Efisiensi penggunaan plat cendawan terhadap plat konvensional pada gedung Pascasarjana UMS” ini untuk memperoleh nilai dimensi *flat slab*, dan *drop panel* dari hasil modifikasi perencanaan. Lalu menghitung nilai efisiensi kebutuhan material antara data perencanaan plat konvensional dan hasil modifikasi plat cendawan. Dan dari hasil modifikasi yang didapatkan untuk kebutuhan volume beton, bahan material dan juga berat tulangan untuk pelat cendawan lebih hemat dibandingkan dengan pelat konvensional.



BAB VI

ANALISIS GEMPA

6.1 Analisis Gempa

6.1.1 Menentukan Nilai Parameter S_s dan S_I

Berdasarkan SNI 1726:2012, parameter yang digunakan untuk mengetahui S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_I (percepatan batuan dasar pada perioda satu detik) berdasarkan lokasi bangunan dan untuk lokasi bangunan yang dipakai adalah lokasi kota Yogyakarta. Penentuan nilai S_s dan S_I didapat dari *website* desain spektra Indonesia. Data yang didapatkan adalah sebagai berikut:

$$S_s = 1,254$$

$$S_I = 0,458$$

6.1.2 Menentukan Kelas Situs dan Nilai Koefisien Situs F_a dan F_v

Penentuan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik (S_s) dan perioda satu detik (S_I). Asumsi jenis tanah adalah tanah sedang yang masuk dalam kelas situs D. Berdasarkan aplikasi desain spektra Indonesia, nilai koefisien situs untuk tanah sedang sebagai berikut:

$$F_a = 1$$

$$F_v = 1,55$$

6.1.3 Menentukan Parameter S_{MS} dan S_{MI}

Nilai S_{MS} dan S_{MI} didapatkan dari hasil parameter S_S dan S_I , koefisien situs F_a dan F_v , sehingga nilai S_{MS} dan S_{MI} dapat diperoleh sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_S = 1 \times 1,254 = 1,254$$

$$S_{MI} = F_v \times S_I = 1,55 \times 0,458 = 0,7099$$

6.1.4 Menentukan S_{DS} dan S_{DI}

Berdasarkan SNI 1726:2012 untuk menentukan nilai S_{DS} dan S_{DI} harus menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,254 = 0,836$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} \times S_{MI} = \frac{2}{3} \times 0,458 = 0,4733$$

6.1.5 Menentukan Kategori Risiko (risk category) Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2012, tabel 1, fungsi bangunan sebagai kantor dikategorikan sebagai kategori risiko II.

6.1.6 Menentukan Kategori Desain Seismik

Untuk menentukan nilai KDS harus berdasarkan nilai yang didapat dari S_{DS} dan S_{DI} sesuai ketentuan yang ada dalam SNI 1726:2012. Maka nilai KDS untuk $S_{DS} = 0,836 \geq 0,50$ dan kategori risiko II, maka masuk dalam kategori desain seismik D, sedangkan untuk $S_{DI} = 0,4733 \geq 0,2$ dan kategori risiko II, masuk dalam kategori desain seismik D, sehingga kategori desain seismic yang digunakan adalah kategori desain seismik D.

6.1.7 Menentukan Sistem Struktur dan Parameter Struktur Berdasarkan

KDS

Untuk perencanaan sistem struktur Gedung perkantoran 10 lantai di Yogyakarta menggunakan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus.

Berdasarkan SNI 1726:2012, tabel 9, untuk sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus, maka bangunan yang masuk dalam kategori desain seismik D batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n tidak di batasi, serta didapat nilai R , Ω_0 , C_d adalah sebagai berikut:

Koefisien modifikasi respons, R = 8

Faktor kuat lebih sistem, Ω_0 = 3

Faktor pembesaran defleksi, C_d = 5,5

6.1.8 Menentukan Faktor Keutamaan (*importance factor*): I_e

Dalam perencanaan gempa rencana harus dikalikan dengan faktor keutamaan I_e berdasarkan kategori resiko Gedung. Bangunan yang diperoleh termasuk kategori risiko II, maka $I_e = 1,0$.

6.1.9 Desain Respon Spektrum

Perhitungan respons spektrum adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara koefisien gempa (C) dengan waktu getar struktur (T) yang nilainya didapat dari koefisien C_a (Percepatan tanah puncak, *peak ground acceleration*)

dan C_v (nilai koefisien gempa pada waktu periode struktur tanah adalah 1 detik).

Nilai C_a dan C_v ini didapat nilai sebagai berikut:

$$C_a = 1,254$$

$$C_v = 0,458$$

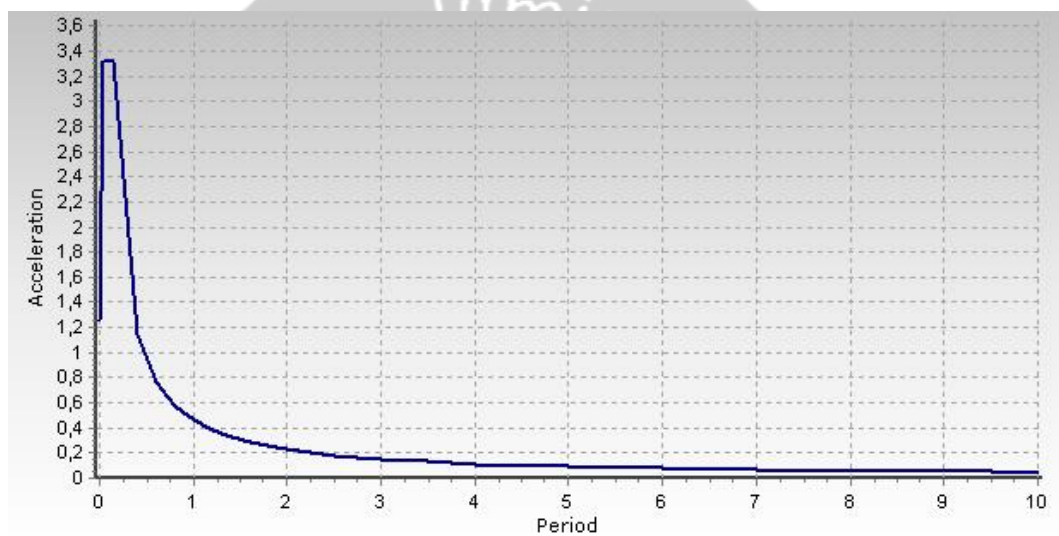
Selanjutnya nilai C_a dan C_v dimasukan ke dalam tabel yang akan digunakan untuk membuat grafik respons spektrum yang akan input ke dalam program *Seismostruct*.

Tabel 6.1 Respons Spektrum

Period	Response
0	1,254
0,0292	3,135
0,1461	3,135
0,4	1,145
0,6	0,7633
0,8	0,5725
1	0,458
1,2	0,3817
1,4	0,3271
1,6	0,2863
1,8	0,2544
2	0,229
2,5	0,1832
3	0,1527
3,5	0,1309
4	0,1145
4,5	0,1018
5	0,0916
5,5	0,0833
6	0,0763
6,5	0,0705
7	0,0654

Tabel 6.1 Respons Spektrum (Lanjutan)

7,5	0,0611
8	0,0572
8,5	0,0539
9	0,0509
9,5	0,0482
10	0,0458



Gambar 6.1. Grafik Respon Spektrum

6.1.10 Menentukan Periode Fundamental

Nilai perioda fundamental yang dihitung berdasarkan SNI 1726:2012

rumus formula pendekatan diperoleh:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana untuk nilai C_t dan x pada sistem rangka beton pemikul momen khusus diketahui:

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

Bangunan yang direncanakan ini memiliki tinggi, $h = 40$ m dari permukaan tanah. Maka untuk perhitungan periode fundamental adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0466 \times (40)^{0,9} \\ &= 1,2889 \text{ detik} \end{aligned}$$

Untuk nilai S_{D1} $0,4733 \geq 0,4$, maka nilai koefisien $C_u = 1,4$ sehingga:

$$\begin{aligned} T_a C_u &= 1,2889 \times 1,4 \\ &= 1,8045 \text{ detik} \end{aligned}$$

Karena nilai $T_a \geq T_a C_u$, yaitu $1,8045 \geq 1,2889$, maka untuk periode fundamental yang digunakan adalah $T = 1,2889$ detik.

6.1.11 Faktor Respon Gempa

Koefisien respons seismik ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{R} = \frac{0,836}{1} = 0,1045$$

Syarat:

$$C_{Smax} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,4733}{1,2889 \left(\frac{8}{1} \right)} = 0,0458$$

$$\begin{aligned} C_{Smin} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,436 \times 1 \end{aligned}$$

$$= 0,0361$$

Maka digunakan $C_S = 0,0458$

6.1.12 Eksponen K

Nilai yang digunakan untuk $T = 1,2889$ s, maka berdasarkan SNI 1726:2012 T terpakai $< 0,5$ maka $k = 1$ T terpakai $> 2,5$ maka $k = 2$. Karena nilai $T = 1,2889$ sehingga $0,5 < 1,2889 < 2,5$ maka didapat nilai k :

$$\begin{aligned} k &= 0,5 T + 0,75 \\ &= 0,5 (1,288) + 0,75 \\ &= 1,3945 \end{aligned}$$

6.1.13 Berat Bangunan

Berat total yang didapat berdasarkan hitungan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 6.2 Berat bangunan

Lantai	Berat (KN)
Lantai 10	8460
Lantai 9	8755
Lantai 8	8755
Lantai 7	8755
Lantai 6	8755
Lantai 5	8755
Lantai 4	8755
Lantai 3	8755

Tabel 6.2 Berat bangunan (Lanjutan)

Lantai 2	8755
Lantai 1	9043
Total	87543

6.1.14 Gaya Geser Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 menyatakan bahwa geser dasar seismik, V , dalam arah yang di tetapkan harus di tentukan sesuai dengan persamaan $V = C_s W$, maka:

$$V_{statis} = C_s \cdot W = 0,0458 \times 87543 = 4009,469 \text{ kN}$$

$$0,85V_{statis} = 0,85 \times 4009,469 = 3408,049 \text{ kN}$$

Dari analisis respons spektrum dengan program bantu *Seismostruct*, didapat gaya geser ragam sebagai berikut:

Tabel 6.3 Gaya geser gempa dinamik (kN)

	Gaya geser gempa dinamik (kN)	
	Flat Slab	Konvensional
Arah x	691,2702	1194,529
Arah y	189,1694	413,2736

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, menjelaskan apabila nilai gaya geser dasar dinamik atau *base shear* dinamik yang telah diskalakan kurang dari 85% ($V_t < 0,85 V$) dari nilai *base shear* statik maksimum maka harus dicari faktor skala yang baru dengan dikalikan $0,85 \frac{V_{statis}}{V_{dinamis}}$.

Dari hasil yang didapatkan gaya geser dinamik arah x dan y untuk kedua gedung belum memenuhi karena nilai untuk gedung yang menggunakan *flat slab* dengan *drop panel* arah x $691,2702 \text{ kN} < 3408,049 \text{ kN}$ dan untuk arah y $189,1694 < 3408,049 \text{ kN}$ dan untuk gedung yang menggunakan pelat konvensional arah x $1194,529 \text{ kN} < 3408,049 \text{ kN}$ serta untuk arah y $413,2736 \text{ kN} < 3408,049 \text{ kN}$.

Maka untuk arah x dan y akan dikalikan faktor skala:

1. Untuk gedung yang menggunakan flat slab dengan drop panel

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala} &= \frac{0,85 V_x}{V_{tx}} \geq 1 \\ &= \frac{3415,2018}{691,2702} \\ &= 4,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala} &= \frac{0,85 V_y}{V_{ty}} \geq 1 \\ &= \frac{3415,2018}{189,1694} \\ &= 18,01 \end{aligned}$$

2. Untuk gedung yang menggunakan pelat konvensional

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala} &= \frac{0,85 V_x}{V_{tx}} \geq 1 \\ &= \frac{3415,2018}{1194,529} \\ &= 2,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala} &= \frac{0,85 V_y}{V_{ty}} \geq 1 \\ &= \frac{3415,2018}{413,2736} \end{aligned}$$

$$= 8,24$$

6.1.15 Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 analisis harus dikalikan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model.

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan program *Seismostruct*, didapat nilai dari partisipasi massa pada gedung flat slab dengan drop panel dan gedung yang menggunakan pelat konvensional sebagai berikut:

Tabel 6.4 Partisipasi massa untuk Gedung menggunakan *Flat Slab* dengan *drop panel* dalam (%)

Mode	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0	75,8294	0,000	75,829
2	77,4578	0	77,458	75,829
3	0,0111	0,000031	77,469	75,829
4	0,000049	10,814	77,469	86,643
5	10,17658	0,000105	87,646	86,644
6	0,000162	0,010904	87,646	86,654
7	0,000407	4,718108	87,646	91,373
8	4,32678	0,000648	91,973	91,373
9	0,002088	2,675754	91,975	94,049
10	2,476553	0,002984	94,452	94,052

Tabel 6.5 Partisipasi massa untuk Gedung menggunakan pelat konvensional dalam (%)

Mode	UX	UY	SumUX	SumUY
1	81,1212	0,1626	81,121	0,163
2	0,1621	81,1659	81,283	81,329
3	0,000006	0,000017	81,283	81,329
4	9,5704	0,0209	90,854	81,349
5	0,0206	9,7309	90,874	91,080
6	0,000005	0,000025	90,874	91,080
7	3,6117	0,00798	94,486	91,088
8	0,0078	3,5865	94,494	94,675
9	1,9675	0,0059	96,461	94,681
10	0,0058	1,9293	96,467	96,610

Dari hasil dalam tabel 5.3 untuk gedung flat slab dengan drop panel didapatkan jumlah partisipasi massa pada node 8 yang telah melebihi 90% dan untuk tabel 5.4 gedung pelat konvensional didapatkan jumlah partisipasi massa pada node ke 5 yang telah melebihi 90%.

6.1.16 Simpangan antar lantai

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.12.1, untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin Δ_a / ρ untuk semua tingkat. Untuk struktur dengan kategori resiko II, simpangan antar lantai ditentukan menjadi $0,020 h_{sx}$. Faktor redundansi digunakan 1,0 yang didasarkan pada SNI 1726:2012 pasal 7.3.4.2.

Contoh perhitungan simpangan antar lantai

Akibat gaya EQX arah x

$$h_{sx} = 4000 \text{ mm}$$

$$I_e = 1$$

$$C_d = 5,5$$

$$\delta_{x \text{ lt4}} = 35,4$$

$$\delta_{x \text{ lt3}} = 25,4$$

$$\Delta_e = 35,4 - 25,4 = 10$$

$$\text{Simpangan lantai 4} = \frac{C_d \times \Delta_e}{I_e} = \frac{5,5 \times 10}{1} = 55$$

$$\text{Simpangan lantai 4} = \frac{0,020 \times h_{sx}}{\rho} = \frac{0,020 \times 4000}{1,3} = 61,538$$

Tabel 6.6 Simpangan antar lantai arah x

Lantai	h_{sx} (mm)	Defleksi elastik (mm)		Δ_e		Simpangan Lantai $C_d \Delta_e / I_e$		Simpan gan Ijin Δ_a / ρ
		Flat Slab	Konven- sional	Flat Slab	Konven- sional	Flat Slab	Konven- sional	
Lantai 10	4000	74,1	37,8	2,7	0,6	14,85	3,3	61,538
Lantai 9	4000	71,4	37,2	4,6	2,1	25,3	11,55	61,538
Lantai 8	4000	66,8	35,1	4,9	2,7	26,95	14,85	61,538
Lantai 7	4000	61,9	32,4	8,8	3,4	48,4	18,7	61,538
Lantai 6	4000	53,1	29	7,4	6	40,7	33	61,538
Lantai 5	4000	45,7	23	10,3	2,4	56,65	13,2	61,538

Tabel 6.6 Simpangan antar lantai arah x (Lanjutan)

Lantai 4	4000	35,4	20,6	10	6,5	55	35,75	61,538
Lantai 3	4000	25,4	14,1	10,8	3,8	59,4	20,9	61,538
Lantai 2	4000	14,6	10,3	8,7	7	47,85	38,5	61,538
Lantai 1	4000	5,9	3,3	5,9	3,3	32,45	18,15	61,538

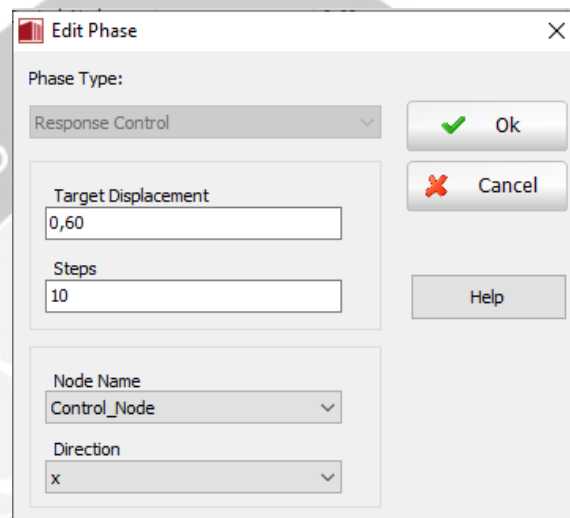
Tabel 6.7 Simpangan antar lantai arah y

Lantai	h_{sx} (mm)	Defleksi elastik (mm)		Δ_e		Simpangan Lantai $Cd \Delta_e / I_e$		Simpan gan Ijin Δ_a / ρ
		Flat Slab	Konven- sional	Flat Slab	Konven- sional	Flat Slab	Konven- sional	
Lantai 10	4000	71,4	13,6	8,9	0,8	48,95	4,4	61,538
Lantai 9	4000	62,5	12,8	4,9	0,9	26,95	4,95	61,538
Lantai 8	4000	57,6	11,9	7	0,3	38,5	1,65	61,538
Lantai 7	4000	50,6	11,6	7,8	0,8	42,9	4,4	61,538
Lantai 6	4000	42,8	10,8	9,2	1,5	50,6	8,25	61,538
Lantai 5	4000	33,6	9,3	7,7	1,1	42,35	6,05	61,538
Lantai 4	4000	25,9	8,2	8,5	1,9	46,75	10,45	61,538
Lantai 3	4000	17,4	6,3	8,3	1,6	45,65	8,8	61,538
Lantai 2	4000	9,1	4,7	1,3	0,3	7,15	1,65	61,538
Lantai 1	4000	7,8	4,4	7,8	4,4	42,9	24,2	61,538

6.2 Sendi Plastis

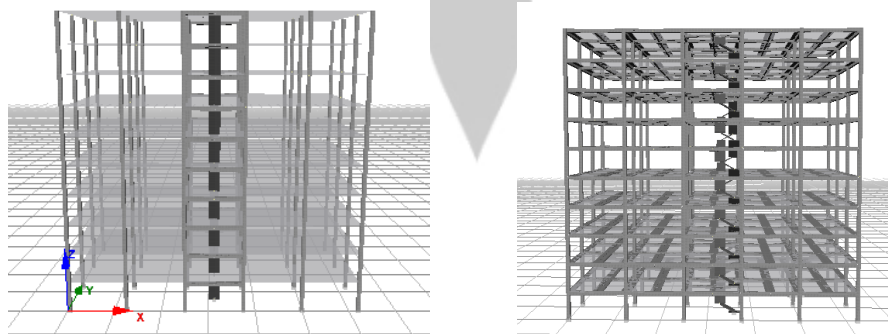
Sendi plastis merupakan suatu kondisi dimana terjadi rotasi secara terus menerus akibat adanya penambahan beban pada struktur tersebut dan pada kondisi ini nilai momen tidak mengalami perubahan. Sendi Plastis ini ditinjau

menggunakan program bantu *Seismostruct* yang dilakukan untuk kedua gedung yang akan diteliti dari perilaku strukturnya serta melihat performa dari sistem flat slab dengan drop panel jika dibandingkan dengan sistem konvensional. Target perpindahan yang digunakan untuk kedua gedung sama yakni sebesar 60 cm berdasarkan *trial and error*.



Gambar 6.2. Target Displacement

Untuk hasil visualisasi yang didapatkan ada 10 *output* dari setiap gedung berupa:

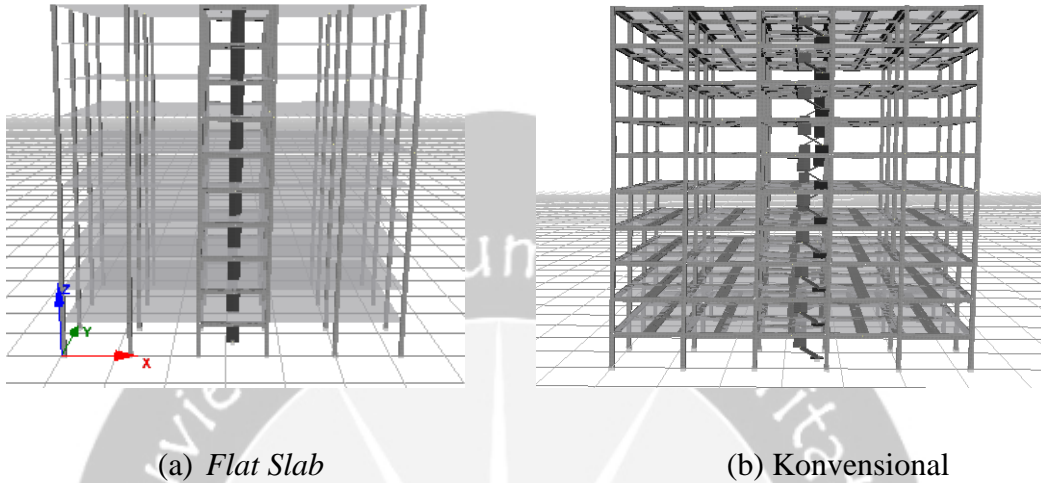


(a) *Flat Slab*

(b) Konvensional

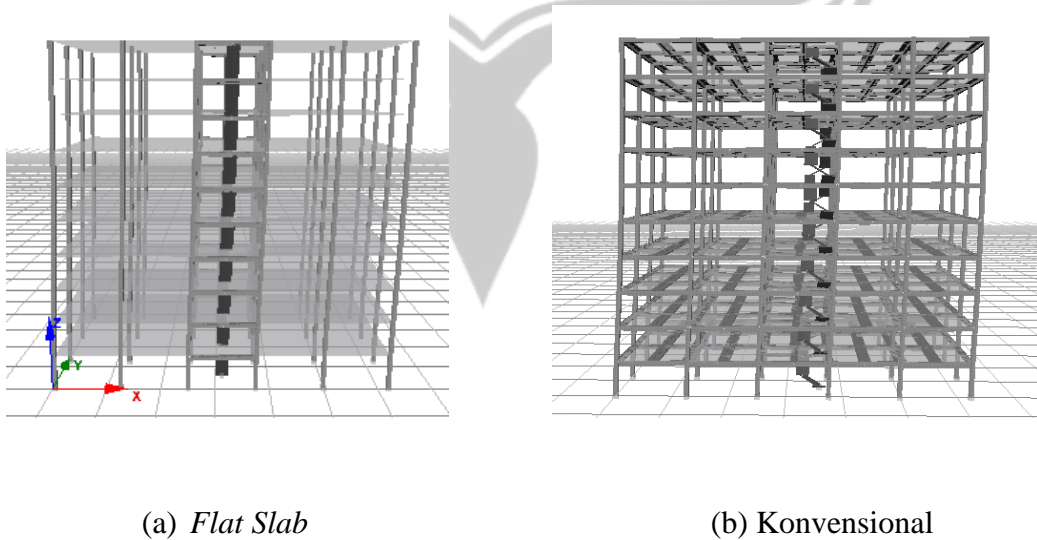
Gambar 6.3. hasil *Output* no.1

Hasil diatas adalah hasil dari *output* pertama, dimana gedung belum diberikan beban dan bentuk gedung masih belum berubah.



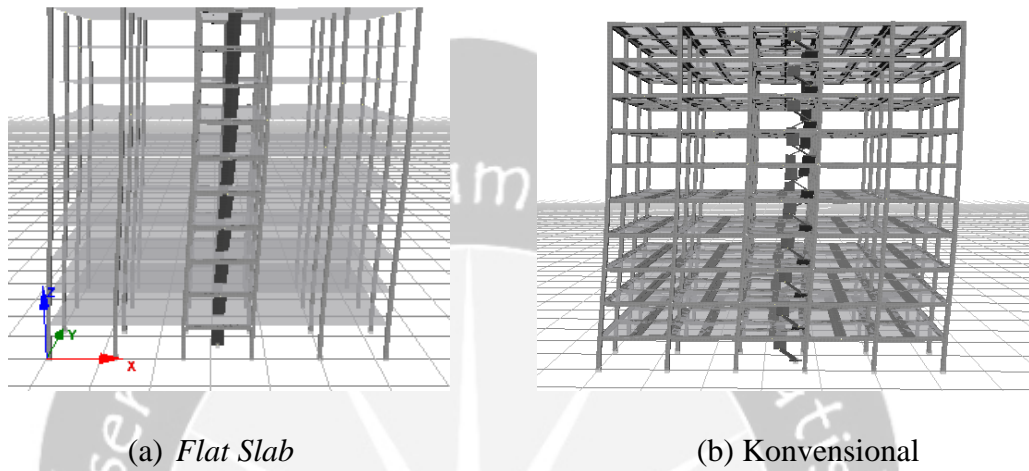
Gambar 6.4. hasil *Output* no.2

Hasil diatas adalah hasil dari *output* kedua, gedung sudah mulai ada perubahan namun belum terlalu signifikan.



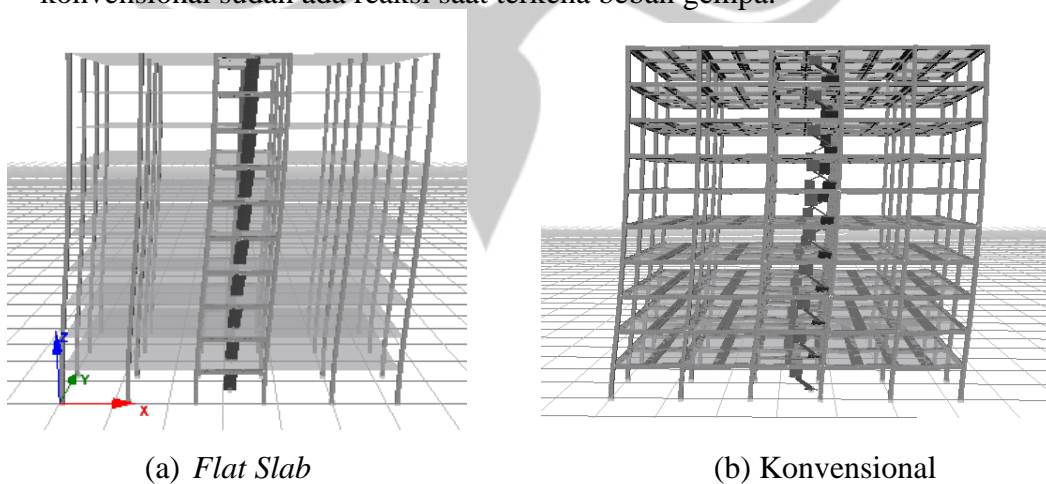
Gambar 6.5. hasil *Output* no.3

Hasil diatas adalah hasil dari *output* ketiga, terlihat bahwa baik gedung yang menggunakan *flat slab* ataupun gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah ada reaksi saat terkena beban gempa.



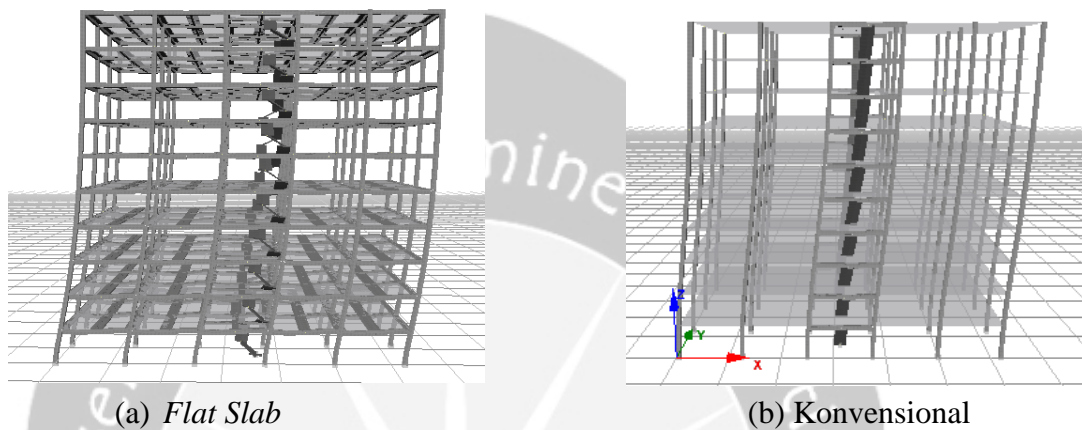
Gambar 6.6. hasil *Output* no.4

Hasil diatas adalah hasil dari *output* keempat, terlihat bahwa baik gedung yang menggunakan *flat slab* ataupun gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah ada reaksi saat terkena beban gempa.



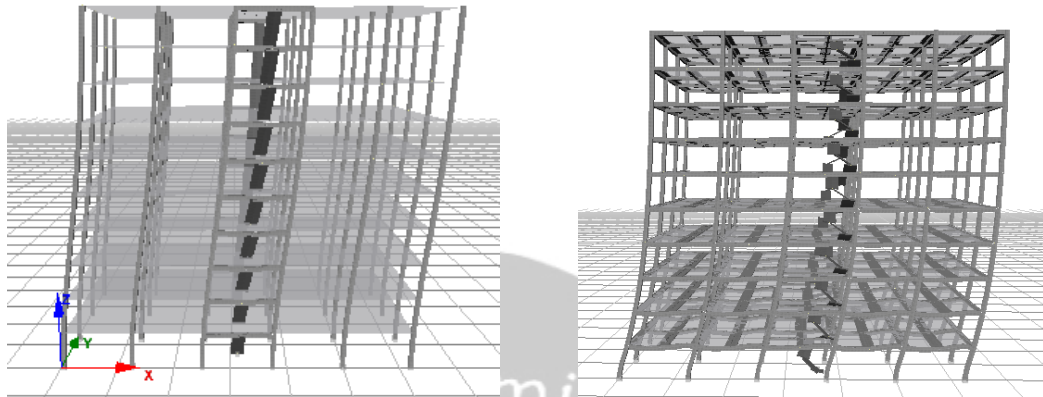
Gambar 6.7. hasil *Output* no.5

Hasil diatas adalah hasil dari *output* kelima, terlihat bahwa baik gedung yang menggunakan *flat slab* ataupun gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah ada reaksi saat terkena beban gempa dan untuk gedung yang menggunakan *flat slab* sudah mulai terlihat adanya torsi.



Gambar 6.8. hasil *Output* no.6

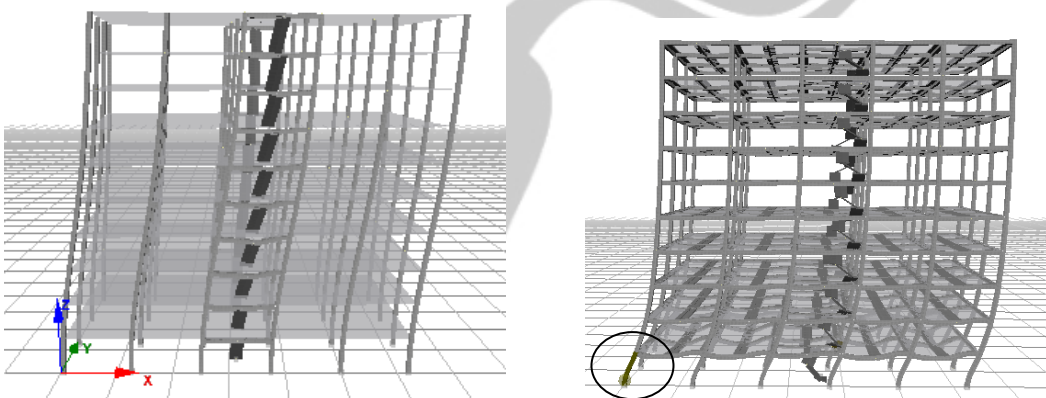
Hasil diatas adalah hasil dari *output* keenam, terlihat bahwa baik gedung yang menggunakan *flat slab* ataupun gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah ada reaksi saat terkena beban gempa dan untuk gedung yang menggunakan *flat slab* dan juga gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah terlihat adanya torsi.

(a) *Flat Slab*

(b) Konvensional

Gambar 6.9. hasil *Output* no.7

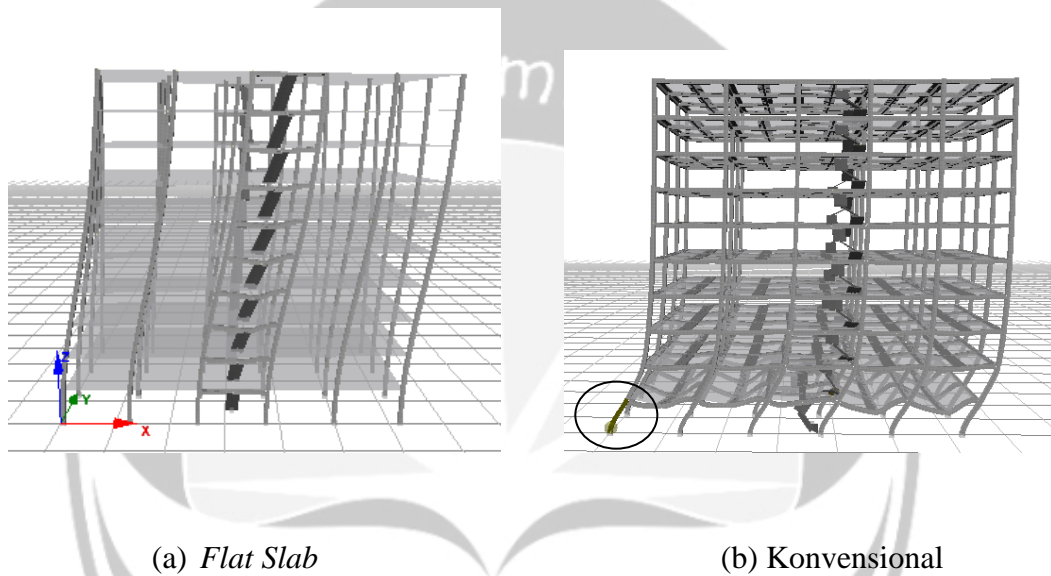
Hasil diatas adalah hasil dari *output* ketujuh, gedung yang menggunakan *flat slab* ataupun gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah ada reaksi saat terkena beban gempa dan untuk gedung yang menggunakan *flat slab* dan juga gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah terlihat adanya torsi.

(a) *Flat Slab*

(b) Konvensional

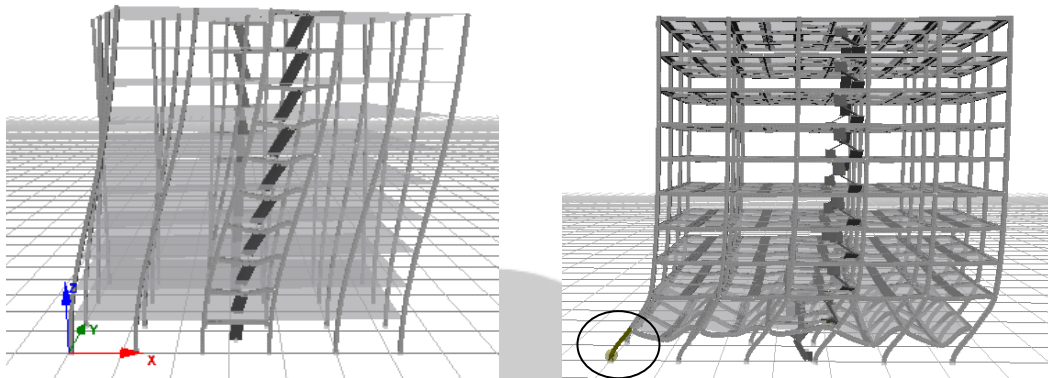
Gambar 6.10. hasil *Output* no.8

Hasil diatas adalah hasil dari *output* kedelapan, terlihat bahwa baik gedung yang menggunakan *flat slab* ataupun gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah terkena torsi. Untuk gedung yang menggunakan pelat konvensional mulai terkena sendi plastis pada kolom lantai 1 seperti yang ada di lingkaran.



Gambar 6.11. hasil *Output* no.9

Hasil diatas adalah hasil dari *output* kesembilan, terlihat bahwa baik gedung yang menggunakan *flat slab* ataupun gedung yang menggunakan pelat konvensional sudah terkena torsi. Untuk gedung yang menggunakan pelat konvensional mulai terkena sendi plastis pada kolom lantai 1 seperti yang ada di lingkaran dan pelat lantai dari lantai satu sudah hampir runtuh.

(a) *Flat Slab*

(b) Konvensional

Gambar 6.12. hasil Output no.10

Hasil diatas adalah hasil dari *output* terakhir, dimana perubahan dari kedua gedung sudah jelas terlihat dan untuk gedung yang menggunakan *flat slab* terjadi torsi yang lebih signifikan daripada gedung yang menggunakan pelat konvensional dan struktur dari *flat slab* tidak terkena sendi plastis. Untuk pelat konvensional terlihat ada titik pada kolom yang terkena sendi plastis dan pelat lantai pada lantai pertama runtuh menandakan bahwa target *displacement* yang digunakan sudah pada limitnya.

6.3 Level Kinerja Struktur

FEMA 273 mengelompokkan level kinerja struktur dalam 4 bagian yaitu:

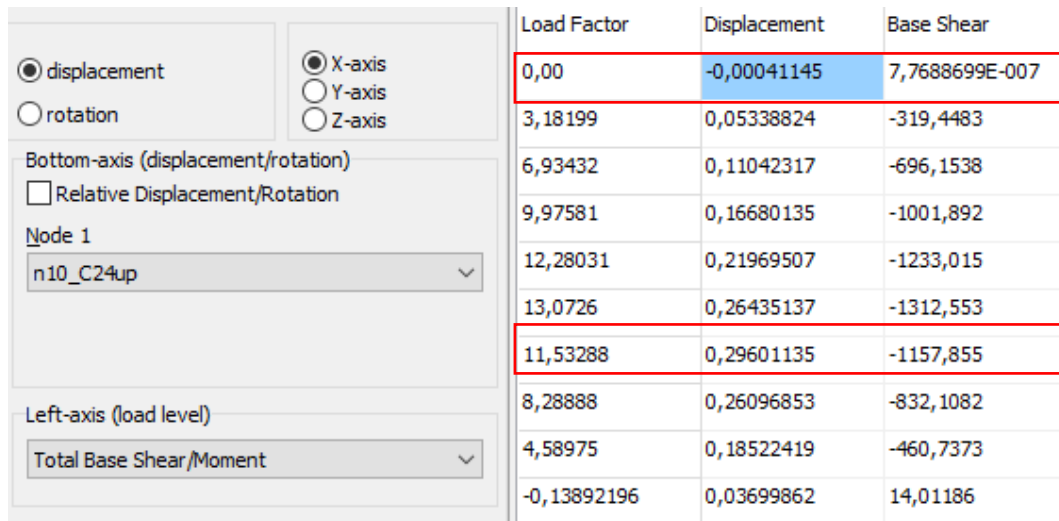
1. Operasional: tidak terjadi kerusakan yang berarti pada struktur dan non struktur artinya bangunan masih dapat berfungsi.
2. IO (*Immediate Occpancy*): Kerusakan struktur setelah terjadi gempa bumi sangat sedikit (kerusakan minor) dan bisa diabaikan. Kekuatan dan

kekakuan struktur bangunan hampir sama dengan kondisi saat belum terjadi gempa.

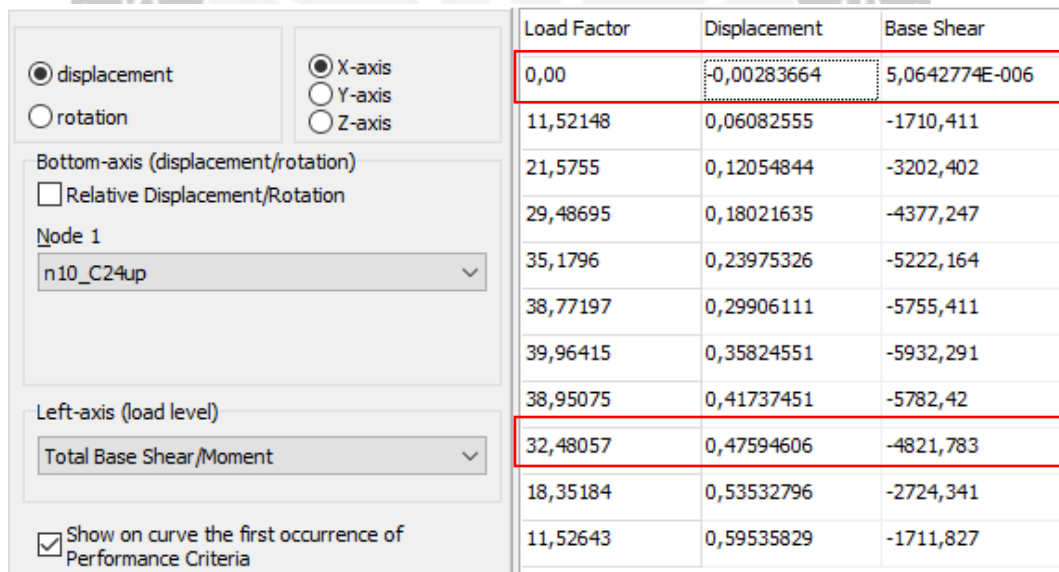
3. LS (*Life Safety*): Keadaan kerusakan setelah gempa bumi terhadap struktur yang penting sudah terjadi. Tetapi komponen utamanya tidak rusak dan runtuh sehingga korban jiwa yang timbul hanya sedikit. Bangunan dapat digunakan kembali setelah dilakukan perbaikan.
4. CP (*Collapse Prevention*): Setelah terjadi gempa, terjadi kerusakan parah pada bangunan struktural maupun non struktural. Kerusakan besar yang terjadi berpotensi menurunkan kekakuan dan kekuatan bangunan serta menyebabkan bangunan tersebut berpotensi runtuh. Kemungkinan terjadinya korban jiwa sangat besar. Dalam ATC 40 disebut SS (*Structural Ability*).

Tabel 6.8 Batasan Simpangan pada Level Kinerja Struktur

Batas Simpangan Maksimum	Level Kinerja			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan total Maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33
Simpangan Non Elastis Total Maksimum	0,005	0,005-0,015	<i>No limit</i>	<i>No limit</i>



Gambar 6.13. Pendistribusian Displacement Arah X C24 Lantai 10 untuk level kinerja struktur gedung *Flat Slab* dengan *Drop Panel*



Gambar 6.14. Pendistribusian Displacement Arah X C24 Lantai 10 untuk level kinerja struktur gedung Pelat Konvensional

Dari gambar 6.12, terlihat bahwa titik kinerja struktur pada gedung *flat slab* dengan *drop panel displacement* arah x adalah 0,00041145 dalam meter dan untuk gaya geser dasarnya adalah 0,000007 kN. Maka menurut ATC40, level kinerja strukturnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Maksimum Drift: } \frac{d}{h} = \frac{0,00041145}{40} = 0,000070916 < 0,01$$

Level kinerja bangunan: *Immediate Occupancy (IO)*

$$\text{Maksimum Drift: } \frac{d-\text{leleh pertama}}{h} = \frac{0,00041145-0,47594606}{40} = 0,0000102863$$

Level kinerja bangunan: *Damage Control (DC)*

Dari gambar 6.13, terlihat bahwa titik kinerja struktur pada gedung yang menggunakan pelat konvensional *displacement* arah x adalah 0,00283664 dalam meter dan untuk gaya geser dasarnya adalah 0,000005 kN. Maka menurut ATC 40, level kinerja strukturnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Maksimum Drift: } \frac{d}{h} = \frac{0,00283664}{40} = 0,000070916 < 0,01$$

Level kinerja bangunan: *Immediate Occupancy (IO)*

$$\text{Maksimum Drift: } \frac{d-\text{leleh pertama}}{h} = \frac{0,00283-0,060825}{40} = 0,00653$$

Level kinerja bangunan: *Immediate Occupancy (IO)*

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari perhitungan yang didapatkan pada bab-bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil perencanaan struktur gedung menggunakan Flat Slab dengan drop panel dan gedung menggunakan pelat konvensional didapatkan data-data perencanaan sebagai berikut:

- Mutu Beton = 30 MPa
- Mutu Baja = 420 MPa
- Jumlah Lantai = 10 Lantai
- Ketinggian Tiap Lantai = 4 m
- Tinggi Total Gedung = 40 m
- Tebal Flat Slab = 250 mm
- Tulangan *Flat Slab* Arah Sumbu X
 - Tumpuan Jalur Kolom = ϕ 16-50 mm (atas)
 - = ϕ 16-100 mm (bawah)
 - Lapangan Jalur Kolom = ϕ 16-50 mm (atas)
 - = ϕ 16-100 mm (bawah)
 - Tumpuan Jalur Tengah = ϕ 16-100 mm (atas)
 - = ϕ 16-50 mm (bawah)

Lapangan Jalur Tengah = ϕ 16-100 mm (atas)
 = ϕ 16-50 mm (bawah)

- Tulangan *Flat Slab* Arah Sumbu Y

Tumpuan Jalur Kolom = ϕ 16-50 mm (atas)
 = ϕ 16-100 mm (bawah)

Lapangan Jalur Kolom = ϕ 16-50 mm (atas)
 = ϕ 16-100 mm (bawah)

Tumpuan Jalur Tengah = ϕ 16-100 mm (atas)
 = ϕ 16-50 mm (bawah)

Lapangan Jalur Tengah = ϕ 16-100 mm (atas)
 = ϕ 16-50 mm (bawah)

- Tebal Drop Panel = 150 mm
- Ukuran Drop Panel = 3000 mm x 3000 mm
- Tebal Pelat Konvensional = 150 mm
- Tulangan Arah X = P8-150 mm (Tulangan Pokok)
 = P8-100 mm (Tulangan Susut)
- Tulangan Arah Y = P8-150 mm (Tulangan Pokok)
 = P8-100 mm (Tulangan Susut)
- Balok Induk = 300 mm x 500 mm
- Balok Anak 1 = 250 mm x 400 mm

- Balok Anak 2 = 250 mm x 350 mm
 - Kolom = 500 mm x 500 mm
 - Pelat Tangga = 150 mm
2. Perbandingan dari segi defleksi dan simpangan struktur untuk kedua gedung yaitu dari hasil analisis yang didapatkan untuk arah x dan y, defleksi untuk gedung yang menggunakan sistem *flat slab* dengan *drop panel* lebih besar dibandingkan dengan gedung yang menggunakan sistem konvensional. Itu dikarenakan sistem *flat slab* yang tidak menggunakan balok dan tidak kaku mempengaruhi struktur serta pembebanan dari bangunan tersebut sehingga nilai defleksinya kecil. Sedangkan pelat konvensional menggunakan balok yang dapat menambah gaya dan pembebanan sehingga mengurangi nilai defleksi dari bangunan itu sendiri.
3. Perbandingan dari Sendi Plastis kedua gedung adalah:
- *Flat Slab* dengan *Drop Panel*
Target perpindahan sebesar 60 cm untuk gedung yang menggunakan *flat slab* dengan *drop panel* belum membuat gedung runtuh dan terkena sendi plastis, namun untuk gedung yang menggunakan *flat slab* dengan *drop panel* ini menimbulkan gaya torsi yang besar.
 - Pelat Konvensional
Target perpindahan sebesar 60 cm untuk gedung yang menggunakan pelat konvensional adalah *limit* dari gedung sehingga gedung dapat terkena sendi plastis pada daerah kolom, dan juga mengakibatkan pelat lantai 1 gedung runtuh.

4. Pada penelitian sebelumnya dikatakan bahwa sistem *flat slab* lebih menguntungkan dari pelat konvensional dari segi kebutuhan volume dan bahan material namun dari segi struktur lebih menguntungkan memakai sistem pelat konvensional dari pada sistem *flat slab* ditinjau dari *displacement*, dan defleksi dari kedua gedung.
5. Level kinerja simpangan total maksimum struktur untuk kedua bangunan yaitu *flat slab* dengan *drop panel* dan pelat konvensional *immediate occupancy*
6. Level kinerja simpangan total maksimum inelastik struktur untuk kedua bangunan yaitu *flat slab* dengan *drop panel* dan pelat konvensional *Damage Control*

7.2 Saran

Berikut saran penulis dari penyusun Tugas Akhir yang berjudul “Studi komparatif sistem *flat slab* dengan *drop panel* dan sistem pelat konvensional pada gedung beton bertulang 10 lantai” yaitu jika ingin menggunakan *software Seismostruct* disarankan untuk meneliti gedung maksimal 20 lantai karena itu adalah batasan dari *software* ini. Serta gunakanlah alat pendukung seperti laptop yang memiliki spesifikasi yang mumpuni.

Daftar Pustaka

Agia, Vinca Rosea.2016. "*Efisiensi Penggunaan Plat Cendawan Terhadap Plat Konvensional Pada Gedung Pascasarjana Ums*". Thesis. Magister Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.s

Anonim, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)*, 1987, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

ATC-40.1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. California: Seismic Safety Commission State of California*

Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 1727:2013 "*Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain*", ". Jakarta: BSN

Badan Standardisasi Nasional.2013. SNI-2847-2013 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standardisasi Nasional.2012. SNI-1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum

FEMA273.1997.NEHRP *Guidelines and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building. Virginia. American Society of Civil Engineers*

Ginsar, I. M. dan Lumantarna, B. 2007. *Seismic Performance Evaluation of Building with Pushover Analysis*. Jurusan Teknik Sipil. FTSP. Universitas Kristen Petra. Surabaya.

Gunadi. R, Budiono. B, Imran. I, dan Sofwan. A. 2012. *Studi Eksperimental Perilaku Hubungan Pelat – Kolom Terhadap Kombinasi Beban Gravitasi dan Lateral Siklis*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 19, No. 3, (2012)

Irawan dkk., 2018 *Desain Modifikasi Gedung Fave Hotel Cilacap Menggunakan Metode Flat Slab*. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 7, No. 2, (2018)

Nawy, E. G.. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Erlangga, Jakarta.

Seismosoft [2018] “*Seismostruct . v2018 computer program for static and dynamic nonlinier analysis of framed structures*”, available from <https://seismosoft.com/products/seismostruct/> <<akses 4 desember 2019>>

Wang, C.K. & Salmon, C.G., 1986, *Design Beton Bertulang*, Edisi Keempat Erlangga, Jakarta.

Wibowo, Purwanto, E., & Yanto, D. 2010. Menentukan Level Kinerja Struktur Beton Bertulang Pasca Gempa. *Media Teknik Sipil* , 49-54.