

PERBANDINGAN KINERJA RANGKA TERBUKA DENGAN DAN TANPA PENGARUH *FLAT SLAB* (STUDI KASUS GEDUNG TRANSMART PEKANBARU)

Syamsul Fikri¹⁾, Zulfikar Djauhari²⁾, Reni Suryanita²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : syamsul.fikri@student.unri.ac.id

ABSTRACT

A flat slab is a building structure component that uses a portal system and a plate that is directly supported by a column with or without plate thickness at the top of the column (drop panel). Flat slabs are still rarely used in the city of Pekanbaru, because there are still many conventional plates used. To determine the performance of each structural system, it is necessary to examine the influence at the flat slab and conventional plate system to the performance of the structure of the building. The purpose of this research is to identify the effect of flat slabs on the reinforced concrete open frame structure systems and comparing them with conventional structural systems. Two models were constructed, model 1 was the original Transmart Pekanbaru Building model, while model 2 replaced the flat slab on the ground floor with a 600x400 beam. The results showed that the story drift value in model 1 was very large compared to a model 2 with a comparison value of 60,00 in the direction X and 11,50 in the direction Y. Based on story drift in model 1 and model 2, the building structure has met the requirements for the story drift permit of 0.6 on the ground floor and 0.1 on the 1st to 3rd floors. So that it can be concluded that conventional systems are better than flat slabs because beam factors greatly affect the displacement of a building structure.

Keywords: flat slab, conventional plate, story drift

1. PENDAHULUAN

Sistem struktur *flat slab* adalah struktur bangunan yang menggunakan sistem portal dan plat yang langsung didukung oleh kolom dengan atau tanpa penebalan plat di atas kolom (*drop panel*). Sistem struktur *flat slab* memiliki ciri khusus yaitu, tidak adanya balok di sepanjang garis kolom dalam (interior), sementara balok-balok tepi sepanjang garis kolom luar (eksterior) bisa jadi ada atau tidak.

Sistem struktur *flat slab* masih jarang digunakan di Kota Pekanbaru, karena masih banyak digunakannya plat konvensional, yaitu sistem struktur plat

yang didukung oleh balok. Jika dibandingkan dengan plat konvensional, sistem struktur *flat slab* memiliki kelebihan diantaranya adalah acuan - perancah yang sederhana dan ekonomis, tinggi antar lantai yang lebih rendah sehingga mengurangi efek lateral dan pekerjaan *mechanical / electrical*.

Salah satu struktur bangunan yang menggunakan sistem *flat slab* di Kota Pekanbaru adalah gedung Transmart Pekanbaru. Gedung Transmart Pekanbaru menggunakan sistem *flat slab* karena untuk mengurangi tinggi kolom pada lantai *basement* sehingga dapat mengurangi biaya penggalian.

Pada penelitian sebelumnya, Agia (2016) membandingkan *flat slab* dan plat konvensional, dengan membandingkan kebutuhan volume beton, kebutuhan berat tulangan dan kebutuhan bahan material. Sementara itu untuk perbandingan kinerja struktur belum ditinjau, maka dari itu untuk mengetahui kinerja dari masing-masing sistem struktur maka perlu ditinjau seberapa besar pengaruh dari kekuatan sistem *flat slab* maupun plat konvensional terhadap struktur bangunan dan dilakukan perbandingan antara dua sistem struktur tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Plat

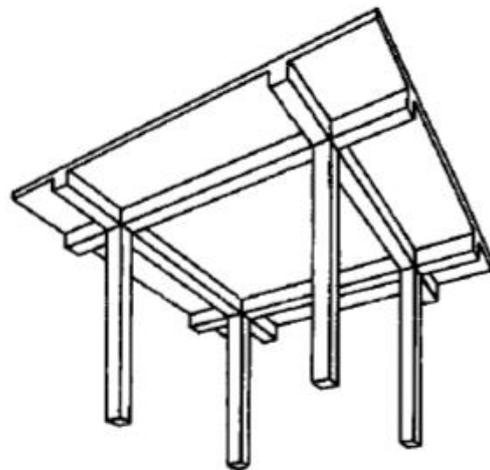
Plat adalah salah satu elemen struktur yang sifatnya lebih dominan terhadap lentur dengan bentuk yang melebar dan ketebalan yang relatif kecil (Susanti, dkk, 2016). Plat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut (Asroni, 2014).

Sistem plat beton bertulang terdiri dari beberapa sistem struktur, dimana faktor ekonomi dan perkembangan metode konstruksi yang digunakan menjadi faktor yang berpengaruh dalam menentukan sistem struktur yang akan digunakan (Munawar, 2014). Masing-masing sistem plat memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pemilihan berbagai sistem plat ini disesuaikan dengan tujuan dari struktur yang diinginkan. Sistem plat terdiri dari sistem plat konvensional, sistem *waffle slab* (pelat berusuk dua arah), sistem *flat plate* dan sistem *flat slab*.

2.1.1. Plat Konvensional

Plat konvensional adalah plat yang ditumpu oleh balok sebelum kemudian

beban dari plat tersebut ditransfer ke kolom atau fondasi (Syamsi, 2015). Sistem plat konvensional seperti yang terlihat pada Gambar 1 terdiri dari lantai (*slab*) menerus yang ditumpu oleh balok-balok monolit, yang umumnya ditempatkan pada jarak 3-6 meter. Sistem ini kokoh dan sering dipakai untuk menunjang sistem plat lantai yang tidak beraturan (Rahayu dan Kusumaningrum, 2014).

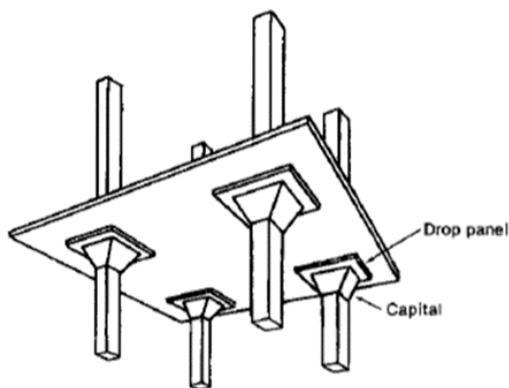


Gambar 1. Plat Konvensional (MacGregor, 1997)

2.1.2. Flat Slab

Flat slab atau plat cendawan adalah pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom dan diperkuat dengan mempertebal plat di sekeliling kolom (*drop panel*), dan dengan penebalan kolom di bawah plat (kepala kolom). Sistem *flat slab* ini memiliki ciri khusus yaitu tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam (interior), namun balok tepi luar (eksterior) boleh jadi ada atau tidak disesuaikan dengan kebutuhan. Sehingga otomatis hal ini akan mengurangi ketinggian bangunan dan memperbesar tinggi bebas antar lantai (Nawy, 1990). Hal ini membuat struktur *flat slab* menjadi efisien dan ekonomis dari segi material dan pelaksanaan serta

lebih indah jika ditinjau dari segi estetikanya sehingga menjadi salah satu alternatif paling disukai dan banyak digunakan oleh para perancang di negara-negara maju serta mulai dikembangkan dan dicoba oleh negara-negara berkembang.



Gambar 2. Sistem *Flat Slab*
(MacGregor, 1997)

Menurut Soedarsono dalam penelitian Munawar (2014) penggunaan sistem *flat slab* pada struktur bangunan mempunyai kelebihan-kelebihan bila dibandingkan dengan sistem *flat plate* dan balok biasa konvensional, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Fleksibilitas terhadap tata ruang,
- b. Waktu pengerjaan yang relatif lebih pendek,
- c. Kemudahan dalam pemasangan instalasi *mechanical* dan elektrik,
- d. Menghemat tinggi bangunan,
- e. Pemakaian tulangan plat bisa dengan tulangan fabrikasi.

Dalam penelitian Agia (2016) didapatkan hasil penelitian yaitu kebutuhan volume beton hasil perencanaan ulang plat cendawan lebih hemat bila dibandingkan dengan plat konvensional, dengan nilai banding 0,71. Kebutuhan berat tulangan hasil perencanaan ulang plat cendawan lebih hemat dan cukup signifikan bila

dibandingkan dengan dengan plat konvensional, dengan nilai banding 0,19. Kebutuhan bahan material secara keseluruhan (volume beton dan berat tulangan) hasil perencanaan ulang plat cendawan lebih hemat bila dibandingkan dengan plat konvensional.

Namun sistem struktur *flat slab* ini mempunyai kelemahan utama berupa risiko keruntuhan *punching shear* yang sering terjadi di daerah sekitar sambungan plat-kolom. Transfer beban gravitasi dari plat ke kolom menyebabkan daerah hubungan plat-kolom menerima tegangan geser yang tinggi. Ketika struktur menerima beban lateral siklis, intensitas tegangan geser ini akan semakin meningkat akibat terjadi *unbalanced moment* di daerah hubungan plat-kolom (Kurniawan, 2014).

Untuk menahan gaya geser pada sistem struktur *flat slab* dapat digunakan salah satu atau kedua hal berikut (Purnama, 2017):

- a. *Drop Panel*
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.
- b. Kepala Panel (*Column Capital*)
Column capital yaitu pembesaran dimensi kolom yang bertujuan untuk mengurangi konsentrasi tegangan pada bidang kontak antara plat dan kolom.

2.2. Simpangan Antar Lantai (*Interstory Drift*)

Simpangan (*drift*) adalah perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkat bangunan (*horizontal story to story deflection*) (Anggara,

2018). 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 Tabel 16 SNI 1726-2012.

Tabel 1. Simpangan Antar Lantai Ijin, Δ_a (SNI 1726-2012)

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.	$0,025h_{xx}$	$0,020h_{xx}$	$0,015h_{xx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{xx}$	$0,010h_{xx}$	$0,010h_{xx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{xx}$	$0,007h_{xx}$	$0,007h_{xx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{xx}$	$0,015h_{xx}$	$0,010h_{xx}$

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. Gedung Transmart Pekanbaru

3.1. Data Umum

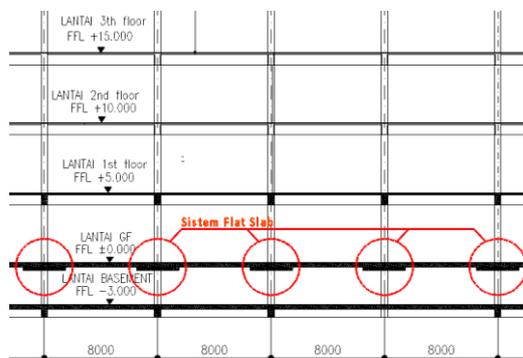
- Nama Gedung : Transmart Pekanbaru
- Lokasi : Jalan Soekarno – Hatta No.11 Kota Pekanbaru, Riau

- Fungsi : Pusat perbelanjaan, restoran, wahana bermain dan bioskop

3.2. Data Teknis

- Struktur Gedung : Beton Bertulang
- Jumlah Lantai : 4 Lantai
- Tinggi Bangunan : 37,348 m
- Lebar Bangunan : 72 m
- Panjang Bangunan : 96 m
- Tinggi Tiap Lantai
 - Lantai Dasar : 3 meter
 - Lantai 1 – Lantai 3 : 5 meter

3.3. Data Struktur



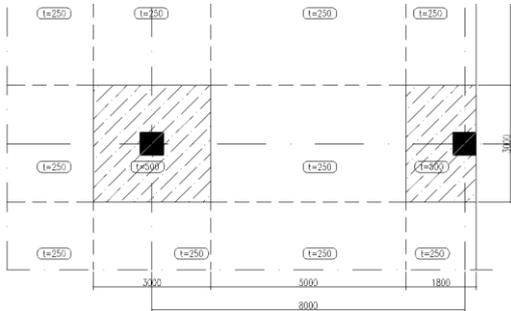
Gambar 4. Sistem *Flat Slab* pada Lantai Dasar (PT. Sumaraja Indah, 2016)

Dimensi elemen struktur yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Spesifikasi Beton
 - Berat Jenis Beton : 2400 kg/m^3
 - Modulus Elastisitas, E_c : $23452,95 \text{ MPa}$
 - Angka Poisson, ν : 0,2
 - Modulus Geser, G : $9772,06 \text{ MPa}$
 - Kuat Tekan Beton, f_c' : $24,9 \text{ MPa}$
- Spesifikasi Tulangan
 - Berat Jenis Tulangan : 7850 kg/m^3
 - Modulus Elastisitas : 200000 MPa
 - Tegangan leleh : 250 MPa

c. Spesifikasi *Flat Slab*

- 1) Dimensi *drop panel* : 3 m x 3 m
- 2) Tebal *drop panel* + plat lantai : 250 cm + 250 cm = 500 cm



Gambar 5. Detail *Flat Slab* (PT). Sumaraja Indah, 2016)

3.4. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 bangunan gedung Transmart Pekanbaru yang berfungsi sebagai pusat perbelanjaan (*mall*) termasuk ke dalam kategori risiko II dan memiliki nilai faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,0.

Beban gempa yang digunakan adalah berupa catatan respon spektrum. Penyesuaian skala yang digunakan ditentukan berdasarkan standar perencanaan ketahanan gempa SNI 1726-2012 dengan kondisi tanah sedang dengan wilayah gempa yaitu Kota Pekanbaru. Data beban gempa dinamik *response spectrum* dengan karakteristik tanah sedang di Kota Pekanbaru.

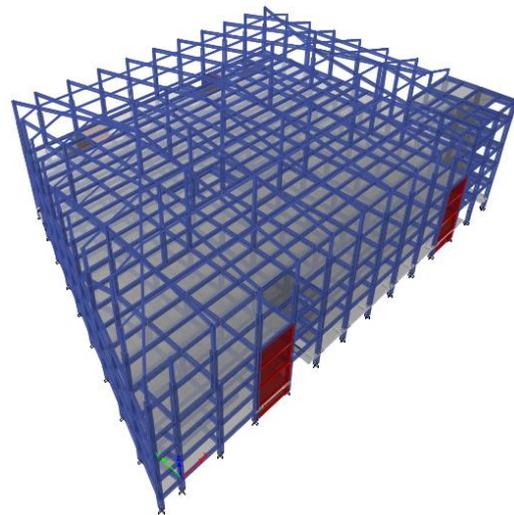
3.5. Permodelan Struktur

Penelitian ini dilakukan dengan membuat 2 model struktur bangunan sesuai dengan data gedung Transmart Pekanbaru dengan menggunakan *software* ETABS v16.2.0. Struktur gedung yang akan dimodelkan yaitu model 1 (*flat slab*) dan Model 2 (plat konvensional). Permodelan rangka terbuka umumnya plat dijadikan sebagai beban pada balok, tetapi dalam penelitian ini plat tidak dijadikan beban

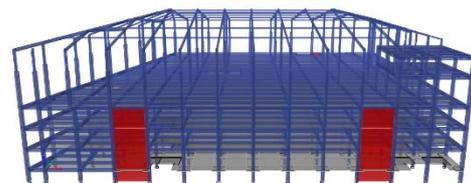
melainkan juga ikut dimodelkan sebagai elemen struktur. Sehingga elemen struktur pada permodelan ini yaitu kolom, balok, dan juga plat. Beban pada permodelan ini yaitu beban mati, beban hidup dan beban gempa.

3.5.1. Model 1

Permodelan struktur bangunan untuk Model 1, dengan elemen struktur berupa kolom, balok, dan plat/*flat slab*. Permodelan untuk Model 1 dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Model 1 (Tampak Atas)

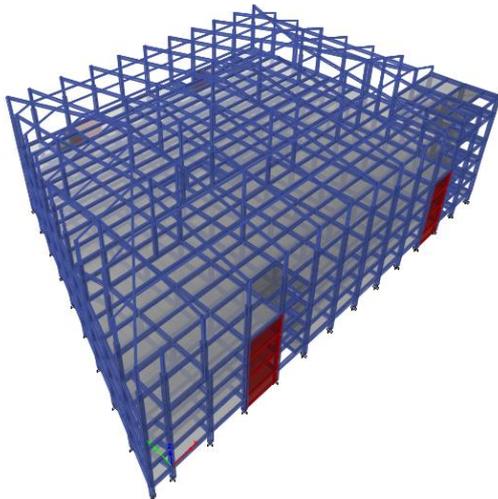


Gambar 7. Model 1 (Tampak Samping)

3.5.2. Model 2

Permodelan struktur bangunan untuk Model 2 sama dengan Model 1, tetapi pada lantai dasar sistem *flat slab* akan digantikan dengan sistem konvensional. Pendesainan balok pada permodelan ini ditentukan dengan memperhatikan aspek kekuatan dan fungsi dari bangunan. Berdasarkan aspek tersebut, maka dari segi fungsi

bangunan selain sebagai fungsi utilitas juga difungsikan sebagai jalur pemasokan atau transportasi pergudangan, sehingga ditentukan tinggi dari balok yang akan digunakan adalah 400mm. Pemilihan dimensi balok berdasarkan aspek kekuatan dibutuhkan bantuan program ETABS, pemilihan balok dihentikan sampai balok tidak mengalami *overstress*. Dimensi balok yang digunakan sebagai asumsi pertama adalah balok 400 x 400, setelah ditinjau menggunakan program ETABS balok tersebut mengalami *overstress*, sehingga untuk memenuhi aspek fungsi bangunan maka balok yang dipilih lebarnya lebih besar dimensinya dibandingkan dengan tingginya, maka dilakukan asumsi selanjutnya dengan menambah lebar dari balok hingga didapatkan dimensi sebesar 600 x 400 dan dimensi ini yang akan digunakan pada permodelan 2 ini.



Gambar 8. Model 2 (Tampak Atas)



Gambar 9. Model 2 (Tampak Samping)

3.6. Tahapan Analisis

Analisis dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Pengumpulan data struktur bangunan gedung Transmart Pekanbaru.
- Permodelan Struktur Bangunan, Model 1 (*flat slab*) dan Model 2 (plat konvensional).
- Pembebanan.
- Analisis Hasil Kinerja Struktur Bangunan Model 1 (*flat slab*) dan Model 2 (plat konvensional), dengan beberapa kinerja struktur yang dikaji yaitu perpindahan, simpangan antar tingkat, gaya geser, kekakuan dan momen guling.
- Pembahasan hasil perbandingan kinerja struktur antara Model 1 dengan Model 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simpangan antar tingkat (*interstory drift*) adalah perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkat pada bangunan.

Menurut SNI 1726-2012 simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi batas simpangan antar tingkat ijin (Δ_a), sesuai dengan Tabel 1 struktur bangunan termasuk ke dalam kategori risiko kelas II sehingga ditentukan batas simpangan antar tingkat ijin (Δ_a) yaitu $0,020h$ dengan h sebagai tinggi bangunan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Gambar 10 dan Gambar 11.

Tabel 2. Simpangan Antar Tingkat (*Interstory Drift*) (Arah X)

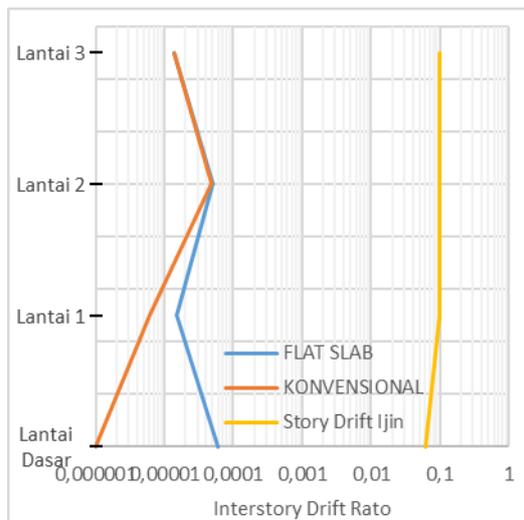
Lantai	Elevasi (m)	Model		Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)	Ket.
		Model 1 Flat Slab	Model 2 Konvensional		
Lantai 3	+15	0,000014	0,000014	0,10	Memenuhi
Lantai 2	+10	0,000050	0,000049	0,10	Memenuhi
Lantai 1	+5	0,000015	0,000006	0,10	Memenuhi
Lantai Dasar	± 0	0,000060	0,000001	0,06	Memenuhi
Basement	-3	0	0	0	Memenuhi

Tabel 3. Simpangan Antar Tingkat (*Interstory Drift*) (Arah Y)

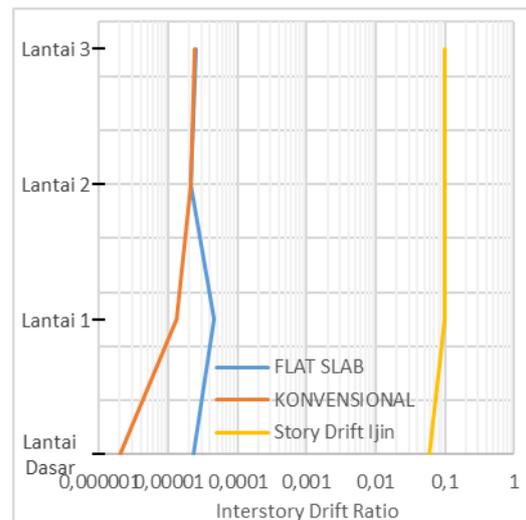
Lantai	Elevasi (m)	Model		Simpangan Antar Tingkat Ijin (Δa)	Ket.
		Model 1 Flat Slab	Model 2 Konvensional		
Lantai 3	+15	0,000025	0,000024	0,10	Memenuhi
Lantai 2	+10	0,000021	0,000021	0,10	Memenuhi
Lantai 1	+5	0,000046	0,000013	0,10	Memenuhi
Lantai Dasar	± 0	0,000023	0,000002	0,06	Memenuhi
Basement	-3	0	0	0	Memenuhi

Tabel 4. Perbandingan *Flat Slab* dan Konvensional pada Lantai Dasar

Kinerja Struktur	Arah	Model		Selisih (5)=(3)-(4)	Perbandingan (6)=(3)/(4)
		Model 1 Flat Slab	Model 2 Plat Konvensional		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Simpangan antar tingkat	X	0,000060	0,000001	0,000059	60,00
	Y	0,000023	0,000002	0,000021	11,50



Gambar 10. Simpangan Antar Tingkat (*Interstory Drift*) (Arah X)



Gambar 11. Simpangan Antar Tingkat (*Interstory Drift*) (Arah Y)

Berdasarkan Gambar 10 dan 11 sebenarnya dari segi kuantitas besaran simpangan tidak jauh beda, hanya saja karena disajikan dalam bentuk grafik logaritmik terkesan itu bedanya jauh. Digunakannya grafik logaritmik yaitu untuk memperlihatkan perbedaan flat slab dengan konvensional, kalau disajikan dalam bentuk grafik biasa perbedaan tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan. Berdasarkan data diatas dapat dilihat nilai simpangan antar tingkat untuk sistem struktur *flat slab* dan sistem konvensional baik arah X maupun arah Y memenuhi syarat simpangan antar tingkat yang diizinkan dalam SNI 1726-2012.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dilakukan terhadap analisis perbandingan kinerja rangka terbuka dengan dan tanpa pengaruh *flat slab*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan simpangan antar tingkat, nilai simpangan antar tingkat pada model 1 (*flat slab*) sangat besar dibandingkan dengan model 2 (plat konvensional) dengan nilai perbandingan sebesar 60,00 pada arah X dan sebesar 11,50 pada arah Y, akan tetapi jika ditinjau dari selisih nilai perpindahan antara model 1 dan model 2 hanya memiliki selisih yang kecil yaitu hanya memiliki selisih nilai 0,000059 pada arah X dan 0,000021 pada arah Y.
- b. Berdasarkan simpangan antar tingkat baik model 1 maupun model 2, struktur bangunan telah memenuhi syarat batas simpangan antar tingkat ijin sebesar 0,6 pada lantai dasar dan 0,1 pada lantai 1 sampai lantai 3.

- c. Dari hasil analisis perbandingan antara *flat slab* dengan konvensional didapatkan kinerja struktur pada *flat slab* dan plat konvensional memiliki nilai yang hampir mendekati. Oleh karena itu, baik *flat slab* maupun plat konvensional memiliki kekuatan yang hampir sama, sehingga pemilihan penggunaan sistem struktur *flat slab* atau plat konvensional dapat dilihat dari fungsi dari lantai pada bangunan.

5.2. Saran

Adapun beberapa saran apabila dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu sebagai berikut:

- a. Untuk perbandingan dengan sistem struktur *flat slab* dapat juga menggunakan sistem struktur lainnya, seperti *waffle slab* dan *flat plate*.
- b. Untuk pengembangan lebih lanjut, struktur bangunan yang ditinjau dapat divariasikan dengan menambah tinggi dan jumlah lantai dari struktur bangunan.
- c. Untuk mengetahui pengaruh gempa pada sistem struktur *flat slab* dapat dicoba dengan menggunakan respons spektrum gempa pada daerah yang rawan terhadap gempa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agia, V. R. (2016). *Efisiensi Penggunaan Plat Cendawan Terhadap Plat Konvensional Pada Gedung Pascasarjana UMS*.
- Anggara, W. P. (2018). *Pengaruh Persentase Coakan Pada Denah Bangunan Struktur Flatslab Terhadap Gaya Geser Dan Simpangan*, 1(1), 1–9.
- Asroni, A. (2014). *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*.

- Program Studi Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Surakarta.
- Kurniawan, R. (2014). *Studi Eksperimental Perilaku Siklis Flat Sab Beton Mutu Sangat Tinggi*, 21(2), 139–146.
- MacGregor, J. G. (1997). *Reinforcement Concrete Mechanics and Design*. United State.
- Munawar, M. C. (2014). *Kajian Struktur Bangunan Gedung Politeknik Perkapalan ITS Dengan Sistem Plat Dan Balok Biasa Konvensional Dibandingkan Sistem Struktur Flat Slab Dengan Drop Panel Ditinjau Dari Estetika, Biaya Dan Waktu*, 7(1), 83–92.
- Nawy, E. G. (1990). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama.
- Purnama, A. C. (2017). *Modifikasi Perencanaan Gedung Amaris Hotel Madiun Dengan Menggunakan Metode Flat Slab Dan Shear Wall*.
- Rahayu, S. S., & Kusumaningrum, J. (2014). *Perhitungan Penulangan Dan Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Lantai L3 As K-L/1-3 Pada Corewall Cw1b Proyek Pembangunan Apartemen The Great Saladdin Mansion*, 8(04).
- SNI 1726-2012. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- Susanti, E., Youlanda, N. A., & Winaya, A. (2016). *Studi Perbandingan Pelat Berusuk Dua Arah (Waffle Slab) Dan Pelat Konvensional*, 20, 25–36.
- Syamsi, M. I. (2015). *Perbandingan Analisis Two Way Slab With Beam dengan Flat Slab (Studi Kasus: Coal Yard PLTU Kalimantan Barat)*, 18(2), 168–175.