

# RESPONS STRUKTUR SISTEM *FLAT SLAB-DROP PANEL* PADA GEDUNG BERTINGKAT TIDAK BERATURAN TERHADAP BEBAN GEMPA DENGAN ANALISIS RESPONS SPEKTUM

Harriad Akbar Syarif<sup>1)</sup>, Zulfikar Djauhari<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

<sup>2)</sup>Dosen Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

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

Email : [harriad.akbar@gmail.com](mailto:harriad.akbar@gmail.com)

**Abstrak**\_\_ Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons struktur meliputi, simpangan perpindahan tingkat, gaya geser dan tingkat kekakuan struktur . Struktur terdiri dari 19 lantai dengan material beton bertulang menggunakan *dual system*, pembebanan yang terdiri dari beban mati, hidup dan gempa rencana yang menggunakan analisis respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 di Kota Pekanbaru dengan fungsi sebagai hotel. Dengan tipikal denah struktur yang sama, struktur dibagi menjadi dua model, yaitu Model A (kondisi eksisting) dan Model B (sistem *flat slab-drop panel*). Simpangan perpindahan, gaya geser dan tingkat kekakuan ditinjau pada lantai tingkat *pool deck* dengan ketinggian 62,1 m dari pondasi dari masing-masing pemodelan. Hasil penelitian menunjukkan pada simpangan perpindahan tingkat, model A menghasilkan nilai simpangan perpindahan lebih besar dibandingkan Model B pada setiap lantainya. Model A menghasilkan simpangan perpindahan sebesar 1109,35 mm , sedangkan pada Model B sebesar 1091,4 mm. Hasil penelitian pada gaya geser, gaya geser Model A menghasilkan nilai lebih besar dari pada Model B pada setiap lantainya. Model A menghasilkan gaya geser sebesar 2720,93 kN sedangkan pada Model B sebesar 2491,76 kN. Hasil penelitian pada tingkat kekakuan struktur, Model B menghasilkan nilai lebih besar dari pada Model A sebesar 127.423,63 kN/m sedangkan untuk Model B sebesar 145.947,86 kN/m pada setiap lantainya. Dengan demikian, hasil analisis respons struktur yang dilakukan berupa nilai simpangan perpindahan, gaya geser dan tingkat kekakuan, Model B memiliki respons yang baik terhadap gaya gempa yang bekerja.

**Kata Kunci** : Respons Struktur, Kinerja Struktur, *Flat Slab – Drop Panel*, Simpangan perpindahan .

**Abstract**\_\_ *This research aimed to evaluate the structural response includes, structural displacement, shear force and story stiffness . The structure consists of 19 stories with reinforced concrete materials using dual systems, loading consisting of dead load, life load and earthquake load plans that use spectrum response analysis based on SNI 1726-2012 in Pekanbaru City with the function as a hotel. With the same typical structure plan, the structure is divided into two models, namely Model A (existing condition) and Model B (flat slab-drop panel system). Displacement, shear force and stiffness level are reviewed on the pool deck level floor with a height of 62.1 m from the foundation of each model. The results showed that at the displacement, model A produces a greater displacement value than Model B on each floor. Model A displacement value of 1109,35 mm while in Model B is 1091,4 mm. The results of the study on shear force, shear force Model A a value greater than Model B on each floor. Model A shear force value of 2720,93 kN while in Model B is 2491,76 kN. The result of structural stiffness, Model B a value greater than Model A of 127.423,63 kN /m while Model B is 145.947,86 kN / m on each floor. Therefore, the results of structural response analysis carried out in the form of displacement values, shear force and stiffness, Model B has a good response to the earthquake forces.*

**Keyword** : Structure Response, structural performance, *Flat Slab – Drop Panel*, Displacement.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar belakang

Perkembangan konstruksi di Indonesia sudah sangat maju, antara lain penggunaan sistem *flat slab* sebagai struktur utama. Sistem *flat slab* memungkinkan ketinggian struktur yang minimum, fleksibel dalam pemasangan saluran utilitas dan perpipaan (Navyashree & Sahana, 2014). Dengan ketinggian antar lantai yang minimum tinggi kolom-kolom dan pemakaian partisi relatif berkurang. Akan tetapi jika bangunan dengan sistem *flat slab* ini mengalami pembebanan horizontal, bagian pertemuan kolom dan pelat dipaksa untuk menahan momen lentur yang cukup besar sehingga menjadikan titik tersebut merupakan sumber kelemahan struktur. Dengan alasan itu, pada ujung kolom diberi penebalan (*drop panel*) untuk meminimalisir konsentrasi tegangan akibat gaya geser (*punching shear*) yang terjadi pada sistem *flat slab* tersebut (Tilva, Vyas, & Thaker, 2011).

Pada struktur dengan sistem *flat slab*, pelat lantai merupakan posisi penting di dalam sistem struktur bangunan. Pelat lantai merupakan komponen struktur bangunan yang langsung menerima beban gravitasi dan beban pelat itu sendiri yang kemudian akan diteruskan ke kolom (Yolanda, 2017). Gaya-gaya pada pelat dipikul oleh kolom yang akan menjadi elemen tekan pada kolom tersebut. Pelat selain menahan gravitasi juga bertugas menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur. Kegagalan pelat akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur utama seperti kolom yang berhubungan langsung pada pelat lantai.

### B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi kinerja struktur dengan analisis respons spektrum yang dilihat berdasarkan *displacement*, *story drift* dan *base shear*.
2. Mengetahui level kinerja dari setiap struktur yang menggunakan sistem balok dan *flat slab-drop panel*
3. Merekomendasikan sistem *flat slab* menggunakan *drop panel* pada struktur gedung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Struktur

Setiap gedung terdiri dari elemen struktural (seperti balok dan kolom) dan elemen non-struktural (seperti partisi, *plafond*, pintu). Elemen–elemen struktural apabila digabungkan akan menjadi satu sistem struktur yang kaku (Budiono & Wicaksono, 2016). Fungsinya adalah untuk mendukung berat sendiri dan beban luar, dan untuk menyalurkan gaya-gaya tersebut ke tanah, tanpa mengganggu bentuk geometri, kesatuan, dan daya layan dari struktur secara signifikan.

### B. Pelat Lantai

Pelat adalah struktur planar kaku yang terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya (Russell, 2015). Apabila ditinjau berdasarkan sistem struktur, maka struktur pelat dapat dikategorikan sebagai struktur kontinum, karena perbandingan dimensi ketebalan dengan panjang bentang yang relatif berbeda jauh satu dengan yang lain. Sedangkan apabila ditinjau dari segi statika, maka kondisi batas tepi (*boundary condition*) dari pelat dapat menumpu bebas (*free*), bertumpu sederhana (*simple supported*) dan terjepit (*fixed*) (Abdel-aziz, 2016). Untuk merencanakan pelat beton bertulang perlu mempertimbangkan faktor pembebanan dan ukuran serta syarat-syarat dari peraturan yang ada.

Selain itu, Beban yang dipikul oleh pelat dapat berupa beban statik dan beban dinamik yang pada umumnya bekerja tegak lurus arah bidang pelat tersebut (Islam, Ali, & Tahir, 2017).

### **C. Drop Panel**

Struktur *flat slab* merupakan sistem struktur gedung dengan elemen utama berupa kolom dan pelat (tanpa balok). Kelebihan *flat slab* meliputi acuan perancah yang sederhana dan ekonomis, tinggi lantai yang lebih rendah sehingga mengurangi efek beban lateral dan pekerjaan mekanikal/ elektrik (Wang, 2016). Akan tetapi, timbul suatu masalah yang terdapat pada pertemuan kolom dan pelat. Pada titik pertemuan tersebut terjadi konsentrasi tegangan akibat gaya geser (*punching shear*). Untuk menghindari hal tersebut, dimensi ujung kolom diperbesar dengan penambahan penebalan (*drop panel*). Penebalan yang dilakukan untuk meminimalisir kegagalan yang terjadi pada sistem *flat slab*. Sehingga perencanaan *drop panel* menjadi perhatian khusus didalam meneruskan beban yang bekerja pada pelat.

## **D. Pembebanan Struktur**

### **D.1. Beban Mati**

Beban mati (*dead load*) adalah berat seluruh komponen elemen struktural bangunan yang terdiri atas pelat, balok, kolom dan dinding geser. Semua metode untuk menghitung beban mati adalah untuk menghitung elemen didasarkan atas peninjauan berat suatu material yang terlibat berdasarkan volume elemen tersebut (SNI 1727, 2013).

### **D.2. Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban yang letaknya dapat berubah atau berpindah, beban tersebut dapat ada ataupun tidak ada. Beban hidup pada perencana struktur adalah beban

manusia, barang-barang, beban angin, ataupun mesin-mesin yang sedang bekerja pada struktur (SNI 1727, 2013). Walaupun beban hidup ini dapat ada atau tidak, beban hidup harus tetap menjadi perhatian dalam perencanaan karena beban tersebut bekerja perlahan-lahan dalam struktur.

### **D.3. Beban Gempa**

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik (Alharras, 2015). Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa bumi yang di alami selama periode waktu.

Indonesia merupakan yang rawan terjadi gempa. Hal ini disebabkan lokasi Indonesia yang terletak pada pertemuan lempeng tektonik utama, yaitu lempeng *Eurasia Indo-Australia*, Pasifik, dan Filipina (Irsyam dkk., 2010). Gempa yang terjadi belakangan ini membuktikan bahwa masih banyak bangunan gedung yang mengalami kerusakan ringan hingga berat bahkan sampai runtuh sehingga menimbulkan korban jiwa. Dikarenakan gempa bumi tidak dapat dicegah dan sulit diramalkan kapan dan dimana terjadinya (Yolanda, 2017)

## **E. Analisis Gempa Rencana**

Perencanaan bangunan gempa di indonesia melalui 2 tahap :

### 1. Analisis statik struktur

Metode analisis statik pada perancangan struktur bangunan terhadap pengaruh beban gempa pada prinsipnya adalah menggantikan gaya-gaya

horizontal yang bekerja pada struktur akibat pergerakan tanah dengan gaya-gaya statis yang ekuivalen, dengan tujuan penyederhanaan dan kemudahan didalam perhitungan. Metode ini disebut Metode Gaya Lateral Ekuivalen (*Equivalent Lateral Force Method*).

## 2. Analisis respons dinamis

Analisis dinamik adalah analisis struktur yang membagi gaya geser gempa di seluruh tingkat, yang diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik terbagi menjadi 2 (Anggen, 2014), yaitu.

- 1) Analisis ragam respons spektrum yakni total respons didapat melalui superposisi dari respons masing-masing ragam getar.
- 2) Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis yakni pada model struktur diterapkan percepatan gempa dari input berupa akselerogram dan respons struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Struktur gedung yang tidak beraturan yang tidak memenuhi struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung tersebut harus ditentukan melalui analisis respons dinamik 3 dimensi. Untuk mencegah terjadinya respons struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, paling tidak gerak ragam pertama (fundamental) harus dominan dalam translasi (SNI-1726-2012, Pasal 7.1.1).

## E.1. Spektrum gempa

Respons spektrum merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan. Definisi respons spektrum adalah respons maksimum dari suatu sistem struktur *Single Degree of Freedom* (SDOF) baik percepatan, kecepatan dan perpindahan akibat struktur tersebut dibebani oleh gaya luar tertentu. Absis dari respons spektrum adalah periode alami sistem struktur dan ordinat dari respons spektrum adalah respons maksimum. Kurva respons spektrum akan memperlihatkan simpangan relatif maksimum ( $S_d$ ), kecepatan relatif maksimum ( $S_v$ ) dan percepatan total maksimum ( $S_a$ ) (Hariyanto, 2011).

Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 1726, 2012). Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan Metode Analisis Dinamik Respons Spektrum. Dengan demikian, jika suatu beban mempunyai perubahan intensitas yang bervariasi secara cepat terhadap waktu, maka beban tersebut disebut sebagai beban dinamik (*dynamic load*) (SNI 1727, 2013).

## E.2. Arah pembebanan seismik

Arah penerapan gaya seismik yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang akan menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarangan terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektivitas 30% (SNI 1726-2012, Pasal 7.5.3.a).

### E.3. Kinerja Struktur

Analisis statik nonlinier adalah prosedur analisis untuk menentukan kinerja struktur. Tujuan kinerja struktur adalah pencapaian level kinerja struktur yang ditentukan oleh deformasi struktur dibawah beban gempa yang ditentukan oleh maksimum perpindahan struktur dan elemen struktur yang dapat diterima dengan besaran beban gempa kuat yang ditinjau. Metode yang dipakai pada umumnya adalah metode dinamik riwayat waktu nonlinier (*Nonlinier Time Histoty Analysis*) dan metode analisis statik nonlinier. Metode yang digunakan adalah metode analisis statik non linier yang dinilai lebih sederhana, yang mencari perpotongan antara kurva kapasitas spektra (*capacity spectrum method*, CSM) dan kurva respons spektra tereduksi untuk mengestimasi perpindahan maksimum. Pengerjaan metode analisis statik nonlinier ini didasari oleh peraturan ATC-40 dan FEMA 356.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Perencanaan Struktur

Bangunan ini terletak di Kota Pekanbaru, dibangun pada tahun 2014 dan selesai pada tahun 2016 yang berfungsi sebagai hotel dan plaza. Secara umum, bangunan ini dirancang dengan material beton bertulang dengan bentuk tidak beraturan dari segi horizontal maupun vertikalnya.

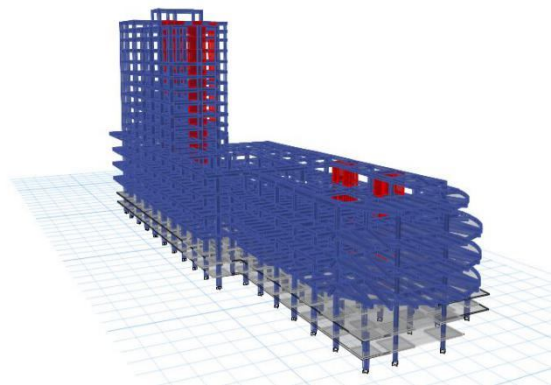
Tabel 1. Data Umum Struktur

Kriteria	Gedung
Sistem struktur	<i>Dual System Wall-frame</i> ;Beton bertulang
Fungsi gedung	Hotel
Jumlah lantai	19 lantai
Tinggi maksimum gedung	68,5 m
Jumlah lantai <i>basement</i>	2
Luas total gedung	28.050 m <sup>2</sup>

Mutu Material Beton	fc' Kolom, Dinding Geser = 35 MPa ; Balok, <i>Drop Panel</i> , Pelat Lantai = 30 MPa
Baja tulangan	fy = 400 MPa

### B. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan *software* elemen hingga untuk analisis gaya dalam, pengecekan persyaratan struktur, analisis respons spektrum, pengecekan kriteria desain struktur tahan gempa. Sedangkan menganalisis pelat digunakan *software* elemen hingga khusus analisis pelat untuk pemodelan sistem *flat slab-drop panel* dengan menganalisis tulangan yang dibutuhkan berdasarkan tingkat keamanannya pada struktur. Berikut denah dan gambar 3D dari model struktur gedung yang ditinjau.



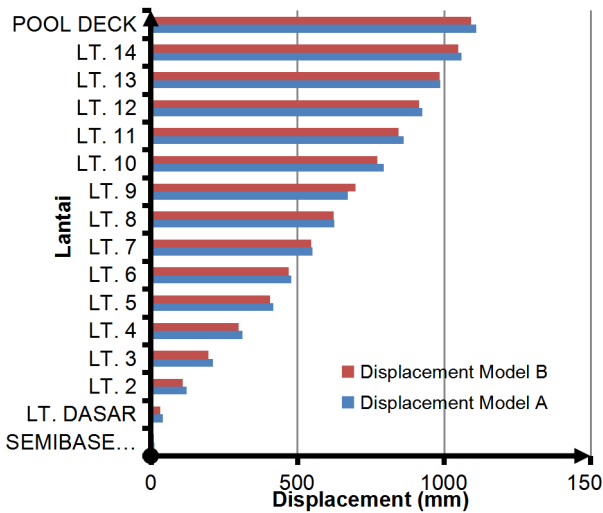
Gambar 1. Pemodelan Struktur Pada *Software* Elemen Hingga

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Simpangan perpindahan tingkat (*displacement*)

Dalam proses perencanaan struktur simpangan lateral lantai tingkat (*displacement*) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen-elemen non struktural, serta untuk menjamin kenyamanan pengguna bangunan (Munawar, 2014). Dari Gambar 2, nilai *displacement* Model B lebih kecil dibandingkan dengan model A. Dengan kata

lain, Model B jauh memiliki stabilitas dan dapat mencegah kerusakan elemen-elemen struktur terutama yang diakibatkan oleh gempa.

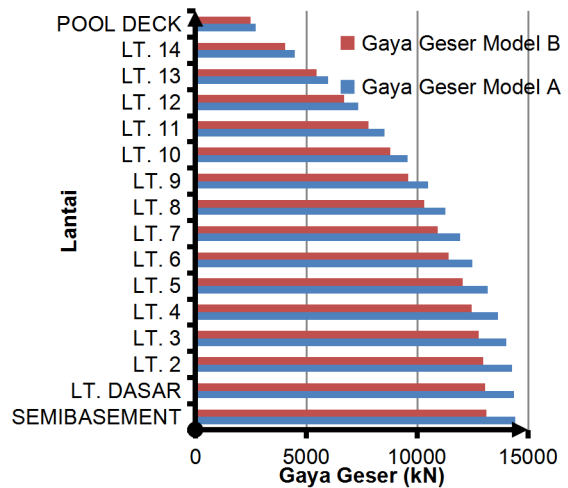


Gambar 2. Hasil Analisis Simpangan Perpindahan Tingkat Model Struktur

Pada Gambar 2, dapat disimpulkan analisis nilai *displacement* untuk Model A maksimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 1109,35 mm dan nilai *displacement* minimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 11 mm. Sementara itu, hasil analisis untuk Model B, nilai *displacement* maksimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 1091,4 mm dan nilai *displacement* minimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 9,3 mm.

### B. Gaya geser struktur

Nilai maksimum gaya geser yang yang terjadi terletak pada bagian lantai bawah struktur. Ini mengidentifikasi bahwa lantai bagian bawah lebih besar menerima gaya gempa yang bekerja. Dengan kemampuan lantai bagian bawah lebih besar, diharapkan lantai di atasnya mendapatkan gaya gempa yang lebih kecil dari lantai dibawahnya. Sehingga struktur keseluruhan akan dapat menahan gaya gempa yang terjadi.

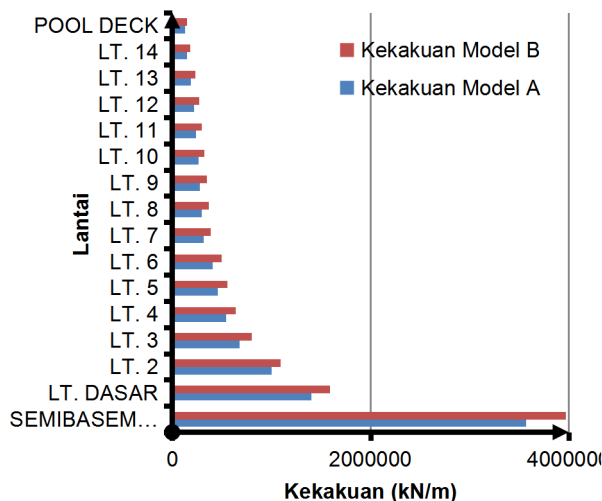


Gambar 3. Hasil Analisis Gaya Geser Model Struktur

Pada Gambar 3, dapat disimpulkan analisis nilai gaya geser untuk Model A maksimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 14403,62 kN dan nilai gaya geser minimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 2720,93 kN. Sementara itu, hasil analisis untuk Model B, nilai gaya geser maksimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 13099,86 kN dan nilai gaya geser minimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 2491,76 kN.

### C. Tingkat kekakuan struktur

Nilai tingkat kekakuan berbanding terbalik dengan nilai *displacement*. Semakin tinggi nilai tingkat kekakuan sehingga nilai *displacement* semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin rendah tingkat kekakuan, maka semakin tinggi *displacement* yang akan terjadi (Pratama, Budi, & Wibowo, 2014). Dari Gambar 4, nilai tingkat kekakuan Model A lebih kecil dari pada Model B. Dan dari hasil itu memperkuat nilai *displacement* setiap model struktur, bahwasanya nilai tingkat kekakuan berbanding terbalik dengan nilai *displacement* adalah benar.



Pada Gambar 4, dapat disimpulkan analisis nilai tingkat kekakuan untuk Model A maksimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 3570777 kN/m dan nilai tingkat kekakuan minimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 127423,63 kN/m. Sementara itu, hasil analisis untuk Model B, nilai tingkat kekakuan maksimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 3971933,8 kN/m dan nilai tingkat kekakuan terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 145947,86 kN/m.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai respons struktur sistem *flat slab-drop panel*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis nilai *displacement* untuk Model A maksimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 1109,35 mm dan nilai *displacement* minimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 11 mm, sedangkan untuk Model B, maksimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 1091,4 mm dan nilai *displacement* minimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 9,3 mm.
2. Analisis nilai gaya geser untuk Model A maksimum terjadi pada lantai *semibasement*

sebesar 14403,62 kN dan nilai gaya geser minimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 2720,93 kN, sedangkan untuk Model B, maksimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 13099,86 kN dan nilai gaya geser minimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 2491,76 kN.

3. Analisis nilai tingkat kekakuan untuk Model A maksimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 3570777 kN/m dan nilai tingkat kekakuan minimum terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 127423,63 kN/m, sedangkan untuk Model B, maksimum terjadi pada lantai *semibasement* sebesar 3971933,8 kN/m dan nilai tingkat kekakuan terjadi pada lantai *pool deck* sebesar 145947,86 kN/m.
4. Berdasarkan lantai tingkat struktur dari tingkat bawah ke atas, nilai *displacement* berbanding terbalik dengan nilai gaya geser yang terjadi, tetapi berbanding lurus dengan nilai dari kekakuan pada setiap lantai.
5. Hasil keseluruhan analisis respons struktur yang dilakukan berupa nilai *displacement*, gaya geser dan tingkat kekakuan, Model B yang menggunakan sistem *flat slab-drop panel* memiliki respons yang baik terhadap gaya gempa yang bekerja.

### B. Saran

1. Perlu adanya penelitian tambahan mengenai sistem pelat lantai lainnya, seperti sistem *waffle*, kolom kapital, dan *flat plate*.
2. Melakukan penelitian mengenai perilaku khusus *drop panel*.
3. Melakukan penelitian dengan menambahkan perhitungan struktur bawah dan pengaruhnya terhadap klasifikasi tanah yang ada.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini adalah :

1. Kepada kedua orang tua penulis, Bapak Ahmad Syarif, SE dan Ibu Dra. Nuraini serta adik Muqti Randy Syarif, SE
2. Bapak Dr. Zulfikar Djauhari, MT dan Bapak Dr. Ridwan, MT selaku pembimbing penelitian. Serta Ibu Dr. Reni Suryanita, MT, Ibu Dr. Monita Olivia, M.Sc, dan Bapak Dr. Muhammad Ikhsan, M.Sc selaku dosen penguji
3. Seluruh Bapak dan Ibu dosen serta teman-teman mahasiswa Magister Teknik Sipil Angkatan 2016 ganjil, yang telah bersama-sama membantu dalam proses perkuliahan dan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, R., Zahed, S., & Farhan, M. *Analysis and Design of Commercial Building with Flat Slab*. 2015.
- Halvonik, J., & Fillo, L. *The Maximum Punching Shear Resistence of Flat Slabs*. *Procedia Engineering*, 65, 376–381. 2013.
- Munawar, M. C. 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. *Jurnal Teknik Sipil Untang Surabaya*, 7(1), 83–92. 2014.
- Navyashree, K., & Sahana, T. S. *Use of Flat Slabs in Multi-Storey Commercial Building Situated in High Sismic Zone*. *International Journal of Research in Engineering and Technology IJRET*, 3(8), 439–451. 2014.
- Pratama, F., Budi, A. S., & Wibowo. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Time History Pada Tinjauan Drift dan Displacement

Menggunakan *Softwere* ETABS. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret*. 2014.

- Purba, H. L. Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan Universitas Sriwijaya*, 2(4), 710–717. 2014.
- SNI 1726. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. 2012.
- SNI 1727. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. 2013.