



## Menganalisis Pengaruh Ketidakberaturan Horizontal Torsi Terhadap Beban Gempa Pada Struktur Gedung Sistem *Flat Slab-Drop Panel*

 Harriad Akbar Syarif <sup>a,\*</sup>, Zulfikar Djauhari <sup>b</sup>, Ridwan <sup>c</sup>
<sup>a</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Pasir Pengaraian, Jl. Tuanku Tambusai Kumu Rambah Hilir, Rokan Hulu.

<sup>b,c</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru.

### INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Diajukan

Diterima dalam bentuk revisi

Diterima :

Tersedia Online :

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh ketidakberaturan horizontal torsi. Struktur gedung berada di Kota Pekanbaru dengan fungsi sebagai hotel yang terdiri dari 19 lantai dengan ketinggian 62,1 m menggunakan material beton bertulang. Struktur gedung didesain dengan pembebanan gempa rencana yang menggunakan analisis respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2012. Pemodelan struktur gedung menggunakan tipikal denah struktur yang sama. Struktur dibagi menjadi dua model, yaitu Model A (dua lantai tingkat bawah menggunakan sistem *flat slab-drop panel*) dan Model B (keseluruhan lantai tingkat menggunakan sistem *flat slab-drop panel*). Hasil penelitian menunjukkan pada simpangan perpindahan, model A sebesar 1109,35 mm dan Model B sebesar menghasilkan simpangan perpindahan 1091,4 mm. Ketidakberaturan horizontal torsi ditinjau pada masing-masing lantai tingkat berdasarkan arah X dan Y. Ketidakberaturan torsi Model A pada arah X dan Arah Y dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi. Sedangkan ketidakberaturan torsi berlebih untuk arah X lantai tingkat 13, 14 dan *pool deck* tidak dikategorikan torsi berlebih, tetapi untuk arah Y semua lantai tingkat dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi berlebih. Sedangkan untuk Model B, ketidakberaturan torsi pada arah X dan Arah Y pada setiap lantai tingkat dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi. Ketidakberaturan torsi berlebih untuk arah X lantai tingkat 8 sampai dengan tingkat *pool deck* tidak dikategorikan torsi berlebih, akan tetapi lantai tingkat *semibasement* sampai dengan tingkat 7 dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi berlebih. Untuk arah Y semua lantai tingkat dikategorikan tidak memiliki ketidakberaturan torsi berlebih. Jika dibandingkan antara Model A dan B, Model B lebih dapat menahan momen torsi berlebih dibandingkan dengan Model A. Pengaruh momen torsi tersebut disebabkan adanya eksentrisitas antara pusat massa bangunan dengan pusat rotasi bangunan.

**Kata kunci:** Beban Gempa; Ketidakberaturan Struktur; Sistem *Flat Slab-Drop Panel*; Torsi

### E-MAIL

[harriadakbarsyarif@upp.ac.id](mailto:harriadakbarsyarif@upp.ac.id)\*

[zulfikar.djauhari@lecturer.unri.ac.id](mailto:zulfikar.djauhari@lecturer.unri.ac.id)
[ridwan@eng.unri.unri.ac.id](mailto:ridwan@eng.unri.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the effect of horizontal torsion irregularity. The building structure is located in Pekanbaru City and functions as a hotel which consists of 19 floors with a height of 62.7 m using reinforced concrete material. The structure of the building is designed with an earthquake loading plan that uses response spectrum analysis based on SNI 1726-2012. Modeling of building structures using the same typical structural plan. The structure is divided into two models, namely Model A (the lower two floors use a flat slab-drop panel system) and Model B (the whole level floor uses a flat slab-drop panel system). The results showed that at the displacement deviation, Model A was 1109.35 mm and Model B was 1091.4 mm. Horizontal irregularity of torque is reviewed for each floor level based on X and Y directions. Torque irregularity Model A in X direction and Y direction is categorized as having torque irregularity. Whereas excess torque irregularity for the X direction of floors 13, 14 and pool deck is not categorized as excessive torque, but for Y direction all level floors are categorized as having excess torque irregularity. Whereas for Model B, the torque irregularity in the X direction and Y direction on each floor level is categorized as having torque irregularity. Excess torque*

*irregularity for the X direction of floors 8 levels up to pool deck levels is not categorized as excessive torque, but semibasement floors up to level 7 are categorized as having excess torque irregularities. For the Y direction all level floors are categorized as not having excess torque irregularity. When compared between Models A and B, Model B is more able to withstand excess torque moments than Model A. The effect of the torque moment is due to the eccentricity between the center of mass of the building and the center of rotation of the building.*

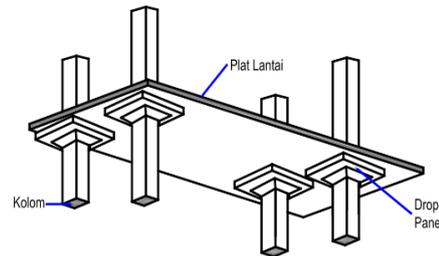
**Keyword:** Earthquake Load; Structural Irregularity; Flat Slab-Drop Panel System; Torque

## I. PENDAHULUAN

Setiap gedung terdiri dari elemen struktural (balok dan kolom) dan elemen non-struktural (partisi, plafond, pintu). Elemen struktural yang digabungkan akan menjadi satu sistem struktur yang kaku. Fungsinya adalah untuk mendukung berat sendiri, dan untuk menyalurkan gaya-gaya tersebut ke tanah, tanpa mengganggu bentuk geometri, kesatuan, dan daya layan dari struktur secara signifikan [1].

Pelat adalah struktur planar kaku yang terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya [2]. 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 [3].

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 [4]. 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.



Gambar 1. Sistem *Flat Slab* Menggunakan *Drop Panel*

Respons struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk bangunan itu sendiri. Bangunan dengan bentuk beraturan, sederhana, dan simetris akan berperilaku lebih baik terhadap gempa dibandingkan dengan bangunan yang tidak beraturan [5]. Sesuai dengan persyaratan pada Tabel 10 dan Tabel 11 pada SNI 1726-2012 Pasal 7.3.2, dilakukan pengecekan terhadap ketidakberaturan struktur horizontal dan ketidakberaturan struktur vertikal pada struktur bangunan. Masing-masing ketidakberaturan struktur yang terjadi memiliki pasal referensi masing-masing sebagai acuan untuk desain.

## II. MATERIAL DAN METODE

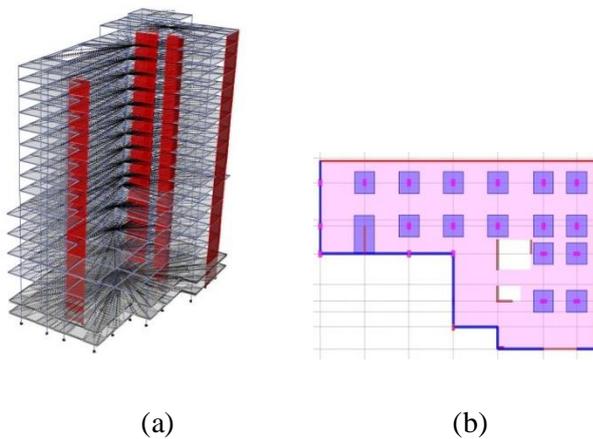
Struktur gedung terletak di Kota Pekanbaru, dibangun pada tahun 2014 dan selesai pada tahun 2016 yang berfungsi sebagai hotel. Secara umum, bangunan ini dirancang dengan material beton bertulang dengan bentuk tidak beraturan dari segi horizontal maupun vertikalnya. Gedung ini mempunyai spesifikasi yang berbeda-beda untuk setiap bagian strukturnya terutama pada sistem *flat slab*.

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	62,7 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
Mutu Baja tulangan	fy = 410 MPa

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan *software* elemen hingga dengan membuat dua pemodelan struktur. Model A merupakan struktur gedung yang memiliki dua lantai tingkat bawah (*semibasement* dan lantai tingkat dasar) yang menggunakan sistem *flat slab-drop panel*, sedangkan Model B merupakan struktur gedung yang keseluruhan setiap lantai tingkatnya menggunakan sistem *flat slab-drop panel*. Berikut denah dan gambar 3D dari model struktur gedung yang ditinjau.



Gambar 2. Pemodelan Struktur pada *Software* Elemen Hingga

(a) Pemodelan Gedung 3D ; (b) Denah Tipikal Lantai

Struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut standar ini analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan di atas, ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons spektrum[6].

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. Level gempa menggunakan peta 2% kemungkinan gempa rencana terlampaui dalam 50 tahun umur bangunan. Dalam desain struktur bangunan ini, pembebanan gempa yang digunakan untuk analisis adalah analisis respons spektrum sesuai data pengujian tanah pada lokasi struktur, yakni Pekanbaru. Parameter yang digunakan dalam analisis respons spektrum di peroleh berdasarkan data Peta Gempa *Hazard* 2017 sesuai koordinat lokasi yang diambil. Parameter – parameter yang digunakan dalam analisis respons spektrum dapat dilihat sebagai berikut.

1. Data Bangunan
  - a. Lokasi : Kota Pekanbaru
  - b. Jenis bangunan : Hotel
  - c. Jenis tanah : Tanah Lunak
  - d. Jumlah tingkat : 19
  - e. Tinggi bangunan : 68,5 m
2. Faktor Reduksi (R) : 6
3. Faktor Keutamaan Bangunan (I) : 1,25
4. Percepatan Respons Spektral  
Periode Pendek,  $S_s$  : 0,35
5. Percepatan Respons Spektral  
Periode 1 detik,  $S_1$  : 0,24
6. Kategori Resiko : Tipe III

Berdasarkan SNI 1726-2012, struktur bangunan gedung diklasifikasikan sebagai gedung beraturan dan tidak beraturan. Klasifikasi tersebut didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung. Secara khusus pada penelitian ini hanya membatasi masalah ketidakberaturan struktur dalam arah horizontal torsi seperti dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Ketidakberaturan Horizontal Struktur

No	Tipe Dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 13 12.2.2	D, E dan F B, C, D, E dan F C, D, E dan F dan F D, E, dan F B, C, D, E dan F

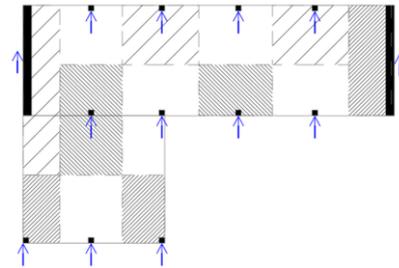
di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku.

1b	Ketidakberaturan torsi berlebihan	7.3.3.1 7.3.3.4	E dan F D
	didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata dikedua ujung struktur.	7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 13 12.2.2	B, C dan D C dan D C dan D D B, C dan D

Dalam analisis struktur gedung terhadap beban gempa biasanya digunakan asumsi lantai yang sangat kaku tak terhingga sehingga distribusi beban yang diterima tiap kolom sebanding dengan kekakuan dan jarak terhadap pusat massa. Saat beban gempa bekerja lantai diafragma akan mengalami tegangan tarik, tekan dan geser sesuai kekakuan dan distribusi massa. Tegangan akan cukup berpengaruh jika terdapat kekakuan lateral kolom yang selisih besar dibanding lainnya seperti adanya dinding geser. [8]. Secara analisa diafragma dapat ditinjau sebagai elemen tegangan bidang (*plane stress*) dengan ditumpu oleh kekakuan transversal kolom dan dinding geser, beban yang bekerja adalah *distributed area loads* untuk massa lantai, *line loads* untuk massa dinding dan *concentrated load* untuk massa terpusat [9].

Dalam analisis lantai diafragma, seharusnya kekakuan balok/*drop panel* diabaikan sehingga tegangan hanya diterima oleh pelat diafragma. Hal ini ditujukan untuk menjaga konsistensi perhitungan pada desain balok/*drop panel* itu sendiri karena hanya di desain menerima lentur/geser sumbu major serta torsi. Hasil analisis lantai diafragma dengan FEM yang terutama ditinjau adalah terhadap tegangan tarik, yang mana ini akan membutuhkan penulangan khusus

*tension chord diaphragm*[10]. Sedangkan yang lainnya adalah tegangan tekan dan geser yang mana biasanya sudah memenuhi karena dimensi dari lebar diafragma yang besar.



Gambar 3. Distribusi Beban Gempa pada Lantai dengan Asumsi Diafragma Fleksibel.

Diafragma merupakan pelat lantai yang menstabilkan dan menyalurkan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh gempa antara sistem lantai dan sistem vertikal penahan gaya gempa, seperti kolom dan dinding struktural. Diafragma didesain sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa untuk setiap bangunan dengan Kategori Desain Seismik (KDS) B, C, D, E, hingga F berdasarkan SNI 1726-2012.

Berikut penjelasan mengenai pengecekan ketidakberaturan horizontal yang telah dilakukan.

1. Ketidakberaturan Torsi (Tipe 1a)  
Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur.
2. Ketidakberaturan Torsi berlebihan (Tipe 1b)  
Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata dikedua ujung struktur.

Persyaratan ketidakberaturan torsi menurut SNI 1726-2012 sebagai berikut.

1.  $\delta_{maks} \times A_x < 1,2 \delta_{rata-rata}$ , struktur tidak terdapat ketidakberaturan torsi.
2.  $1,2 \delta_{rata-rata} < \delta_{maks} \times A_x < 1,2 \delta_{rata-rata}$ , struktur memiliki ketidakberaturan torsi.
3.  $\delta_{maks} \times A_x > 1,4 \delta_{rata-rata}$ , struktur memiliki ketidakberaturan torsi berlebih.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk bangunan itu sendiri. Bangunan dengan bentuk beraturan, sederhana, dan simetris akan berperilaku lebih baik terhadap gempa dibandingkan dengan bangunan yang tidak beraturan [5]. Sesuai dengan persyaratan pada Tabel 10 dan Tabel 11 pada SNI 1726-2012 Pasal 7.3.2, dilakukan pengecekan terhadap ketidakberaturan struktur horizontal dan ketidakberaturan struktur vertikal pada struktur bangunan. Masing-masing ketidakberaturan struktur yang terjadi memiliki pasal referensi masing-masing sebagai acuan untuk desain.

Tabel 3. Ketidakberaturan Torsi Tipe 1a dan 1b Arah X Model A

Lantai	<i>Displacement</i> (mm)	$\Delta_{max}$ (mm)	$\Delta_{avg}$ (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$ (mm)	Status Torsi 1a	Status Torsi 1b
<i>POOL DECK</i>	2	996,9	726,7	1,372	Ada	Tidak
LT. 14	67,5	978,4	707,7	1,383	Ada	Tidak
LT. 13	55,8	940,8	676	1,392	Ada	Tidak
LT. 12	51,6	895,3	639,4	1,400	Ada	Ada
LT. 11	51,3	843,7	598,9	1,409	Ada	Ada
LT. 10	36,7	787	555,2	1,418	Ada	Ada
LT. 9	49,9	725,8	508,8	1,426	Ada	Ada
LT. 8	68,6	661	461,2	1,433	Ada	Ada
LT. 7	72,6	592,8	412,9	1,436	Ada	Ada
LT. 6	111,8	521,9	362,1	1,441	Ada	Ada
LT. 5	123,2	460,4	314,1	1,466	Ada	Ada
LT. 4	122,5	350,7	237,5	1,477	Ada	Ada
LT. 3	112,7	241,2	162,3	1,486	Ada	Ada
LT. 2	10,4	140,4	93,6	1,500	Ada	Ada
LT.	133	146,4	80,4	1,821	Ada	Ada
DASAR						
<i>SEMI BASEM</i>	13,4	12,6	8,4	1,500	Ada	Ada
<i>ENT</i>						

Tabel 4. Ketidakberaturan Torsi Tipe 1a dan 1b Arah - Y Model A

Lantai	<i>Displacement</i> (mm)	$\Delta_{max}$ (mm)	$\Delta_{avg}$ (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$ (mm)	Status Torsi 1a	Status Torsi 1b
<i>POOL DECK</i>	35,4	852,2	577,8	1,475	Ada	Ada
LT. 14	53,4	818,2	554,7	1,475	Ada	Ada
LT. 13	58,2	767,4	521,5	1,472	Ada	Ada
LT. 12	60,6	712,3	485,8	1,466	Ada	Ada
LT. 11	62,5	655,3	448,7	1,460	Ada	Ada
LT. 10	64,9	596,8	410,3	1,455	Ada	Ada

LT. 9	67,5	537	370,8	1,448	Ada	Ada
LT. 8	70,1	476,2	330,1	1,443	Ada	Ada
LT. 7	72,2	414,6	288,9	1,435	Ada	Ada
LT. 6	61,4	353,2	247,4	1,428	Ada	Ada
LT. 5	104,8	303	213,1	1,422	Ada	Ada
LT. 4	101,2	220,7	156,5	1,410	Ada	Ada
LT. 3	90,5	145	102,9	1,409	Ada	Ada
LT. 2	81,7	81	57,2	1,416	Ada	Ada
LT.	28,4	79,2	43,1	1,838	Ada	Ada
DASAR						
<i>SEMI BASEME</i>	11	6,7	4,7	1,426	Ada	Ada
<i>NT</i>						

Menurut Tabel 3 dan 4, status torsi 1a adalah ketidakberaturan torsi sedangkan status torsi 1b adalah ketidakberaturan torsi berlebih. Hasil yang didapat bahwasanya untuk Model A, ketidakberaturan torsi pada arah X dan Arah Y pada setiap lantai tingkat dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi. Sedangkan ketidakberaturan torsi berlebih untuk arah X lantai tingkat 13, 14 dan *pool deck* tidak dikategorikan torsi berlebih, tetapi untuk arah Y semua lantai tingkat dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi berlebih.

Pengaruh gaya gempa akan berbeda jika diaplikasikan terhadap bangunan beraturan dan tidak beraturan. Kinerja struktur yang dihasilkan untuk gedung tidak beraturan akan berbeda dengan gedung beraturan untuk intensitas beban yang sama, misalnya jika dibandingkan terhadap simpangan (*displacement*) dan simpangan antar lantai (*drift*) Dilihat dari denah tipikal lantai tingkat atas sepertiga struktur Model A, arah X memiliki panjang lebih besar dibandingkan arah Y sehingga kemungkinan besar terjadi torsi berlebih pada arah X.

Tabel 5. Ketidakberaturan Torsi Tipe 1a dan 1b Arah - X Model B

Lantai	<i>Displacement</i> (mm)	$\Delta_{max}$ (mm)	$\Delta_{avg}$ (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$ (mm)	Status Torsi 1a	Status Torsi 1b
<i>POOL DECK</i>	30,4	1166,1	878,3	1,328	Ada	Tidak
LT. 14	53,5	1135,7	847,2	1,341	Ada	Tidak
LT. 13	61,5	1082,2	800,4	1,352	Ada	Tidak
LT. 12	67,5	1020,7	749,3	1,362	Ada	Tidak
LT. 11	72,6	953,2	695,9	1,370	Ada	Tidak
LT. 10	76,5	880,6	640,9	1,374	Ada	Tidak
LT. 9	79,4	804,1	581,6	1,383	Ada	Tidak

LT. 8	81,9	724,7	519,3	1,396	Ada	Tidak
LT. 7	84	642,8	456,3	1,409	Ada	Ada
LT. 6	19,4	558,8	392,8	1,423	Ada	Ada
LT. 5	141,1	487,4	339,9	1,434	Ada	Ada
LT. 4	139,2	360,9	249,4	1,447	Ada	Ada
LT. 3	122,1	234,3	161,8	1,448	Ada	Ada
LT. 2	101,9	123,9	86,3	1,436	Ada	Ada
LT. DASAR	24,8	33	23,4	1,410	Ada	Ada
SEMI	10,3	9,7	6,8	1,426	Ada	Ada
BASEM						
ENT						

Tabel 6. Ketidakberaturan Torsi Tipe 1a dan 1b Arah - Y Model B

Lantai	Displacement (mm)	$\Delta_{max}$ (mm)	$\Delta_{avg}$ (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$ (mm)	Status Torsi 1a	Status Torsi 1b
POOL DECK	43,2	899	643,5	1,397	Ada	Tidak
LT. 14	64,2	858,9	614,5	1,398	Ada	Tidak
LT. 13	69,3	799,7	573,7	1,394	Ada	Tidak
LT. 12	71,1	736,1	530,2	1,388	Ada	Tidak
LT. 11	72,2	671	485,5	1,382	Ada	Tidak
LT. 10	73,3	605,2	439,9	1,376	Ada	Tidak
LT. 9	74,7	539,1	393,6	1,370	Ada	Tidak
LT. 8	76	472,9	346,9	1,363	Ada	Tidak
LT. 7	77	407,1	300,2	1,356	Ada	Tidak
LT. 6	64,6	342,5	253,8	1,349	Ada	Tidak
LT. 5	107,7	290,6	216	1,345	Ada	Tidak
LT. 4	102,1	207,5	154,8	1,340	Ada	Tidak
LT. 3	88,8	132,9	99,1	1,341	Ada	Tidak
LT. 2	74,9	71,4	52,7	1,355	Ada	Tidak
LT. DASAR	23	19,9	14,5	1,372	Ada	Tidak
SEMI	9,3	5,7	4,1	1,390	Ada	Tidak
BASEM						
ENT						

Menurut Tabel 5 dan 6, status torsi 1a adalah ketidakberaturan torsi sedangkan status torsi 1b adalah ketidakberaturan torsi berlebih. Hasil yang didapat

bahwasanya untuk Model B, ketidakberaturan torsi pada arah X dan Arah Y pada setiap lantai tingkat dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi. Sedangkan ketidakberaturan torsi berlebih untuk arah X lantai tingkat 8 sampai dengan tingkat *pool deck* tidak dikategorikan torsi berlebih, akan tetapi lantai tingkat *semibasement* sampai dengan tingkat 7 dikategorikan memiliki ketidakberaturan torsi berlebih. Untuk arah Y semua lantai tingkat dikategorikan tidak memiliki ketidakberaturan torsi berlebih.

Struktur Model B merupakan struktur yang menggunakan sistem keseluruhan perkuatan *flat-slab drop panel*. Jika dibandingkan dengan Model A yang menggunakan sistem flat slab-drop panel (dua lantai tingkat) dan selebihnya menggunakan perkuatan sistem balok-kolom, Model B lebih dapat menahan momen torsi berlebih dibandingkan dengan Model A. Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah timbulnya momen torsi pada elemen bangunan. Pengaruh momen torsi tersebut disebabkan adanya eksentrisitas antara pusat massa bangunan dengan pusat rotasi bangunan[11]

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai pengaruh ketidakberaturan horizontal torsi terhadap beban gempa pada struktur gedung sistem *flat slab-drop panel*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketidakberaturan horizontal struktur Model A terdapat pada ketidakberaturan torsi (tipe 1a) dan ketidakberaturan torsi berlebih (tipe 1b) yang ditinjau dari arah X dan arah Y. Pada arah X, tipe 1a terjadi pada seluruh lantai tingkat sedangkan untuk tipe 1b terjadi pada 3 lantai bagian atas pada struktur yaitu lantai tingkat 13, 14 dan *pool deck*. Pada arah Y, tipe 1a dan 1b terjadi pada seluruh lantai tingkat struktur.
2. Ketidakberaturan horizontal struktur Model B (sistem *flat slab-drop panel*) terdapat pada ketidakberaturan torsi (tipe 1a) dan ketidakberaturan torsi berlebih (1b) yang ditinjau dari arah X dan arah Y. Untuk arah X, tipe 1a terjadi pada seluruh lantai sedangkan tipe 1b terjadi pada setengah bagian lantai dari bawah, lantai tingkat *semibasement* – 7. Pada arah Y, tipe 1a terjadi pada seluruh lantai tingkat sedangkan tipe 1b tidak ada satupun lantai tingkat terjadi ketidakberaturan

3. 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.

### UCAPAN TERIMAKASIH

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

1. 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 dalam melakukan penelitian.
3. Seluruh Bapak dan Ibu civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Budiono and E. B. Wicaksono, "Perilaku Struktur Bangunan dengan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lunak Berlebihan dan Massa Terhadap Beban Gempa," *J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 23, no. 2, pp. 113–126, 2016.
- [2] J. Russell, "Progressive Collapse of Reinforced Concrete Flat Slab structures .," 2015.
- [3] M. R. Islam, A. Ali, and M. E. Tahir, "Study on the Concentration of Moment at Slab-column Joints Due to Presence of Shear Walls in Different Positions," *J. Civil, Constr. Environ. Eng.*, vol. 2, no. 5, pp. 140–146, 2017.
- [4] G. G. Wang, "Performance of Reinforced Concrete Flat Slabs Exposed to Fire," 2016.
- [5] M. Tarigan *et al.*, "Perbandingan Respon Struktur Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam Akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen dan Time History," *J. Tek. Sipil Univ. Sumatra Utara*, 2015.
- [6] P. Risdanareni, Tavio, and A. Subekti, "Analisis Pengaruh Variasi Hubungan Tegangan Regangan Beton dan Bentang Bangunan Terhadap Kinerja Struktur Rangka Tiga Dimensi dengan Metode Nonlinear Statik Pushover," *J. Insitut Teknol. Bandung*, pp. 61–67, 2017.
- [7] SNI 1726, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung," *Badan Standar Nas. Indones.*, 2012.
- [8] R. Suryanita, H. Maizir, and H. Jingga, "Prediction of Structural Response due to

- Earthquake Load using Artificial Neural Networks," *Int. Conf. "Engineering Technol. Comput. Basic Appl. Sci.*, 2016.
- [9] B. Budiono and M. Kristalya, *Desain dan Evaluasi Gedung 38 Lantai Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Sistem Ganda Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Struktural Khusus*. 2017.
- [10] R. Suryanita, H. Maizir, and H. Jingga, "Prediction of Structural Response Based on Ground Acceleration using Artificial Neural," *Int. J. Technol. Eng. Stud.*, vol. 3, no. 2, pp. 74–83, 2017.
- [11] D. D. Joshi and P. B. Murnal, "Performance of Flat Slab Structure Using Pushover Analysis," *J. Mech. Civ. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 41–44, 2013.