

PENGARUH KONFIGURASI DENAH BANGUNAN TERHADAP KINERJA STRUKTUR GEDUNG SRPMK BETON BERTULANG

Abdillah Mustly Hakim

¹Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya

Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T.

²Dosen Pembimbing Prodi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya

ABSTRAK

Kinerja struktur adalah tingkatan performa suatu struktur terhadap gempa rencana. Tingkatan performa struktur dapat diketahui dengan melihat tingkat kerusakan pada struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu. Dalam desain struktur kinerja biasanya kinerja struktur didesain sesuai dengan tujuan dan kegunaan saat terjadi gempa tanpa mengesampingkan keselamatan terhadap penggunaan bangunan. Dalam tahap desain struktur gedung mengacu pada peraturan SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, dan SNI 1727-2019.

Analisis dilakukan pada 3 (tiga) variasi permodelan yang dibedakan berdasarkan ketidakberaturan struktur dengan bentuk denah "T", "L" dan persegi. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan perilaku struktur dan dilakukan analisis nonlinier dengan menggunakan metode *Pushover analysis*. Dengan menerapkan peraturan yang umum digunakan yaitu ATC-40, FEMA 356, dan FEMA 440.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa permodelan struktur beraturan berbentuk persegi dengan ukuran $30m \times 30m$ lebih efisien dibandingkan model lainnya, dimana memiliki periode struktur, *Displacement* dan efek P-delta yang lebih kecil dari model lain. Serta level kinerja struktur permodelan beraturan, takberaturan "L" dan takberaturan "T" yaitu termasuk dalam kategori IO (*Immediate Occupancy*)

Kata kunci : Kinerja struktur, *pushover analysis*, konfigurasi bangunan, Periode struktur, *Displacement*, P-delta.

ABSTRACT

Structural performance is the level of performance of a structure against the design earthquake. The performance level of the structure can be determined by looking at the level of damage to the structure when it is hit by a planned earthquake with a certain return period. In structural design, the performance of the structure is usually designed in accordance with the purpose and use when an earthquake occurs without compromising the safety of the use of the building. In the design stage of the building structure, it refers to the regulations of SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, and SNI 1727-2019.

The analysis was carried out on 3 (three) variations of the model which were distinguished based on the irregularity of the structure with the shape of the "T", "L" and square plans. Furthermore, an analysis was carried out using the SAP2000 program to obtain structural behavior and a nonlinear

analysis was carried out using the Pushover analysis method. By applying the commonly used regulations, namely ATC-40, FEMA 356, and FEMA 440.

The results of this study indicate that the modeling of a rectangular regular structure with a size of 30m×30m is more efficient than other models, which have a smaller structure period, displacement and P-delta effect than other models. As well as the level of performance of the regular, irregular "L" and irregular "T" modeling structures, which are included in the IO (Immediate Occupancy) category.

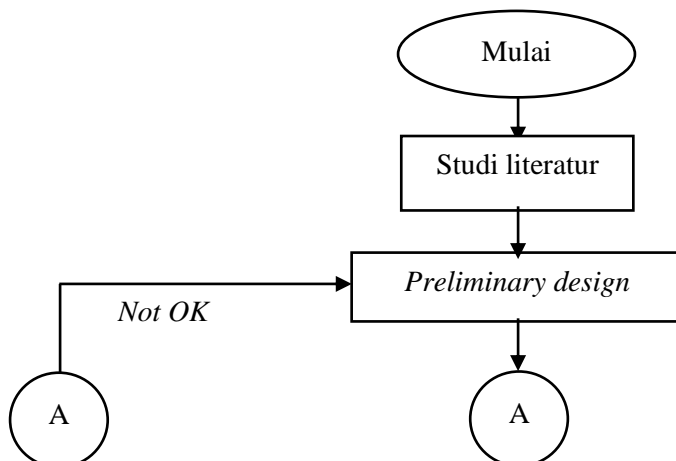
Keywords : Structure performance, pushover analysis, building configuration, Period, struktur, Displacement, P-delta.

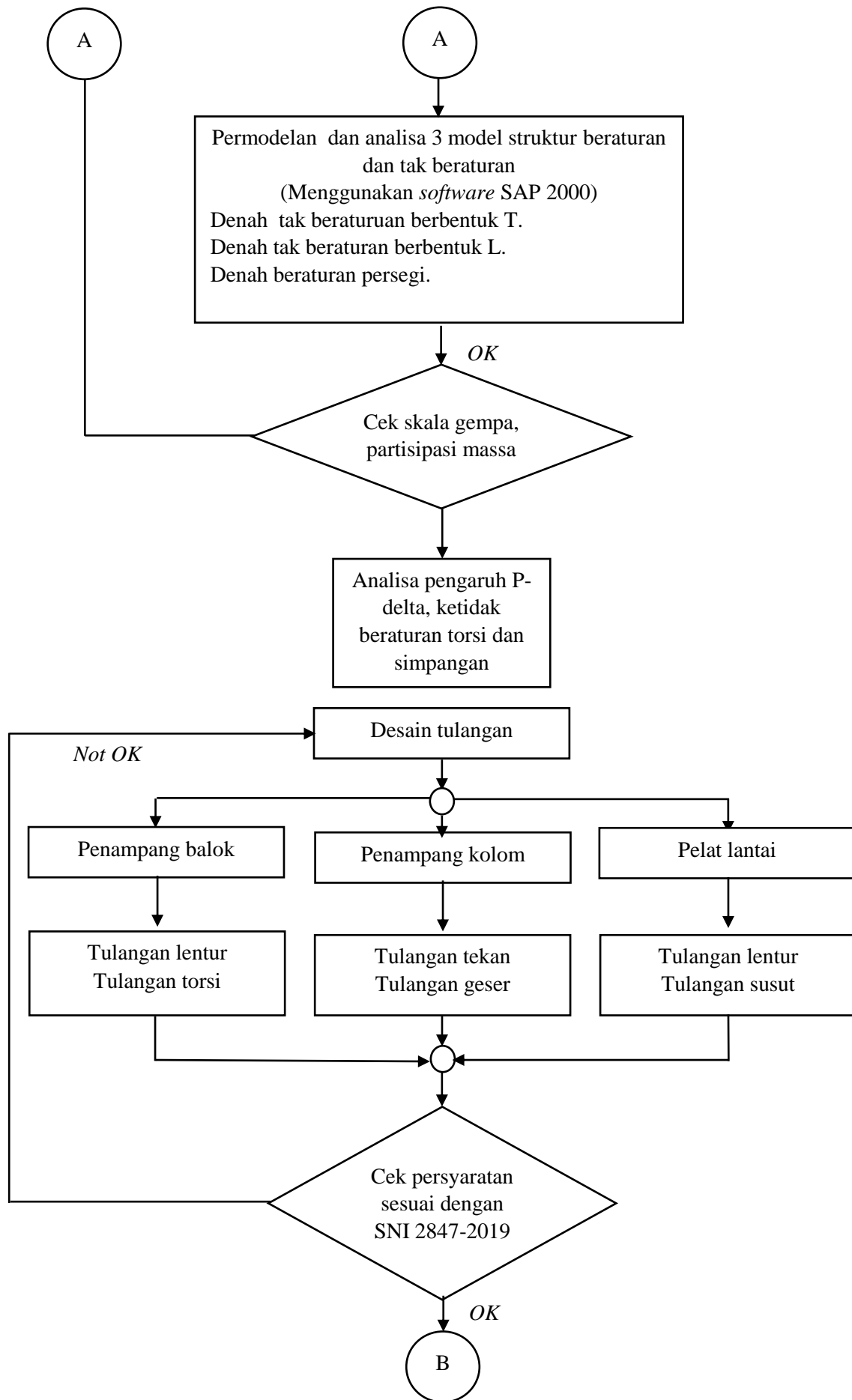
1. PENDAHULUAN

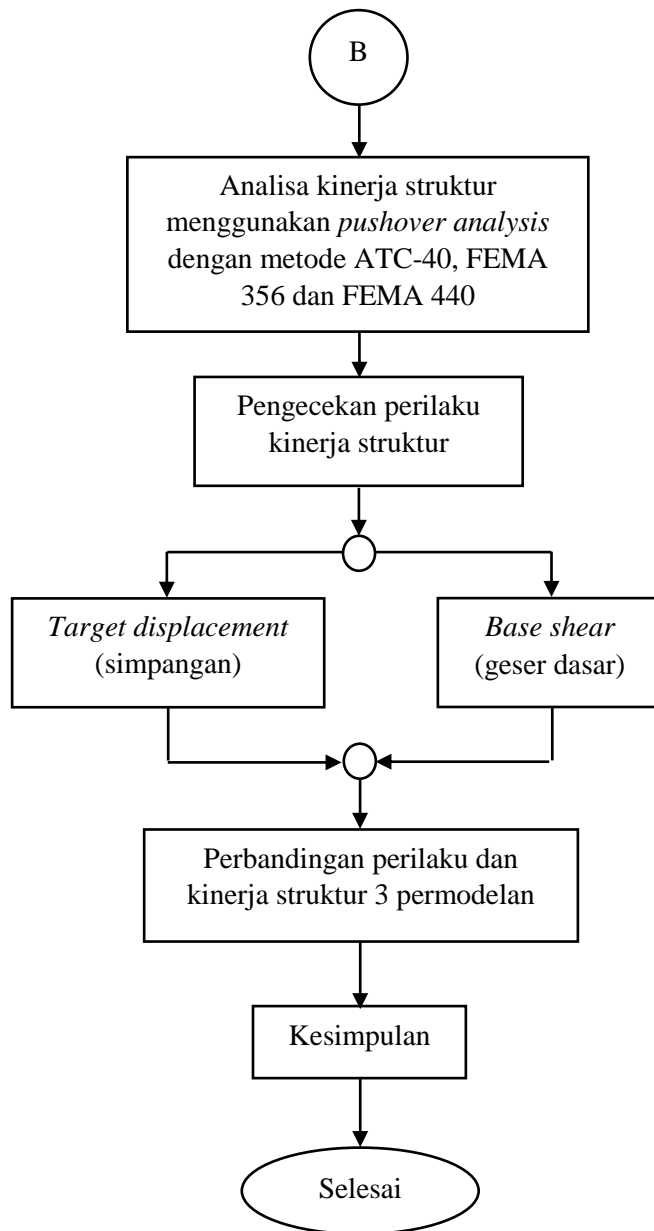
Pada saat ini pembangunan gedung bertingkat sangat di butuhkan karena sedikit nya lahan yang tersedia atau keterbatasan lahan yang tersedia di Surabaya. Bangunan bertingkat umumnya digunakan sebagai gedung-gedung perkantoran, rumah sakit, apartment, hotel, mall dan lain-lain. Dengan adanya kasus tersebut seringkali bangunan di desain tak beraturan selain adanya keterbatasan lahan juga untuk estetika bangunan tersebut. Pengaruh gaya gempa akan berbeda jika diaplikasikan terhadap bangunan beraturan dan tidak beraturan.

Pada struktur gedung dengan bentuk denah yang tidak simetris atau tidak beraturan akan beresiko runtuh terlebih dahulu diakibatkan ada konsentrasi tegangan pada daerah denah tak beraturan tersebut. Ketidak beraturan vertikal mengacu pada perubahan kekuatan, kekakuan, geometri dan massa secara tiba-tiba yang mengakibatkan distribusi gaya dan deformasi yang tidak teratur pada ketinggian bangunan, ketidakberaturan vertikal, seperti adanya perbedaan dimensi luasan per-lantai di setiap tingkatnya. Sedangkan Ketidak beraturan horizontal yang mengacu pada bentuk rencana tidak simetris atau diskontinuitas pada elemen penahan horizontal seperti terdapat bukaan, sudut masuk kembali dan perubahan torsi tak terduga dan deformasi diafragma, ketidakberaturan horizontal ditetapkan berdasarkan kepada ketidak beraturan arah sumbu xy, seperti perbedaan panjang pada arah x dan arah y dengan contoh denah yang berbentuk tidak simetris berbentuk "T", "L", dan beberapa macam bentuk tidak simetris. Kinerja struktur yang dihasilkan untuk gedung tidak beraturan akan berbeda dengan gedung beraturan untuk intensitas beban yang sama, misalnya jika dibandingkan terhadap simpangan (*displacement*), simpangan antar lantai (*drift*), *base shear*.

2. METODE PENELITIAN



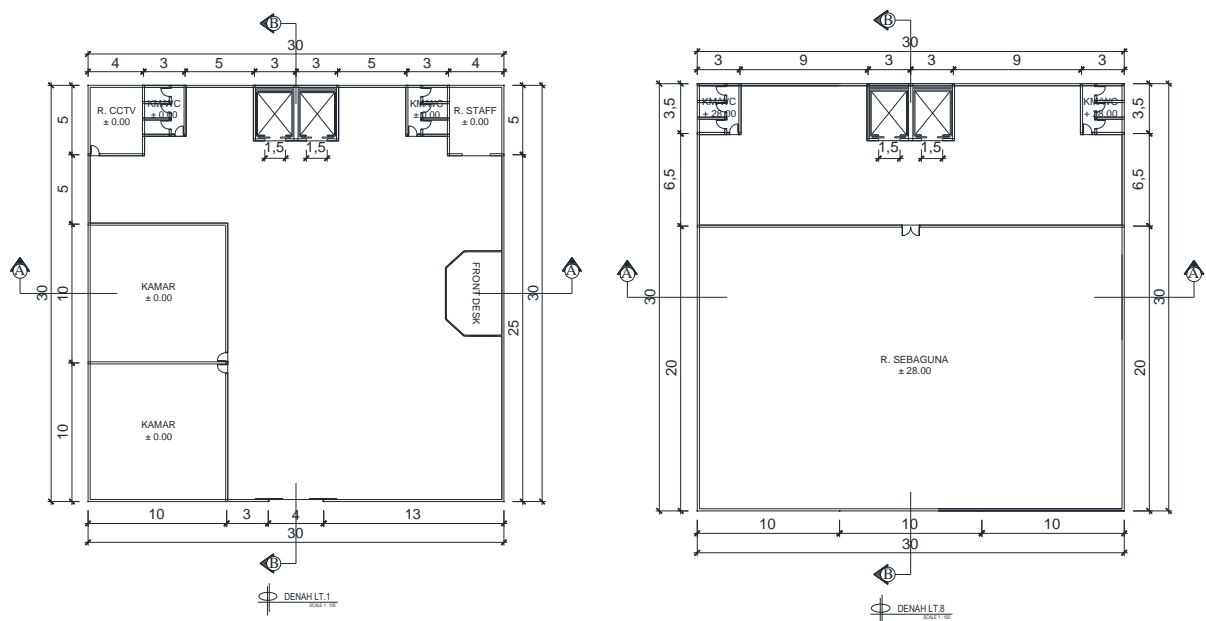


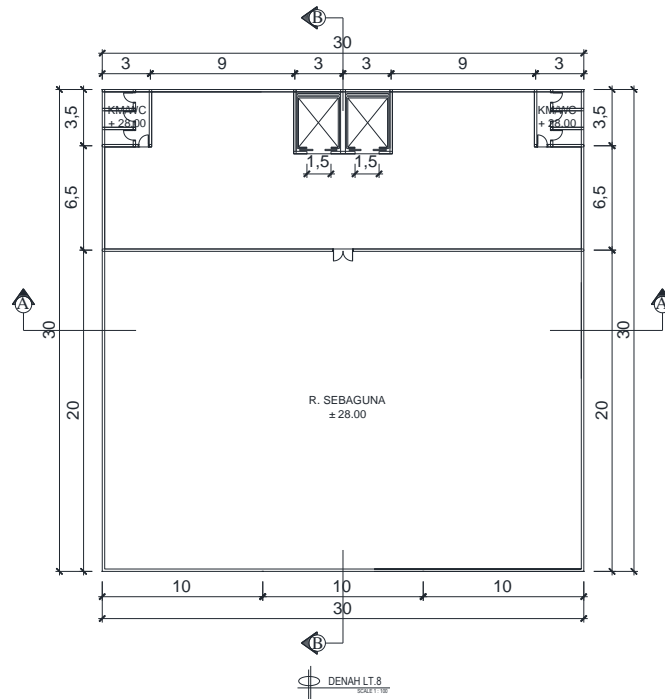


Gambar 2. 1 Diagram Alir

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 PRELIMINARY DESIGN





Gambar 2. 2 Denah bangunan beraturan

Berdasarkan hasil dari preliminary design yang dilakukan dengan mengacu pada SNI 2847:2019 mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Rekap Preliminary Desain

Elemen Struktur	Dimensi (cm)
Balok Memanjang	40/60
Balok Melintang	40/60
Kolom	60/60
Pelat Lantai	12
Pelat Atap	12

3.2 Pembebanan

Beban yang digunakan pada perencanaan gedung penelitian ini mengacu pada SNI 1727:2013 sebagai beban hidup dan beban mati mengacu pada ketentuan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (1983).

Tabel 3. 2 Beban mati pada bangunan

Jenis beban	Berat (kg/m^2)
Beton bertulang	2400
Dinding bata ½ bata	250
Plafond (termasuk rangka dan penggantung)	20
Instalasi MEP	25
Spesi	21
Keramik	24

Tabel 3. 3 Beban hidup pada bangunan

Jenis beban	Berat (kg/m^2)
Ruang staff	244,73
Toilet	254,93
Lobby	244,73
Selasar	390,55
Kamar	195,79
Dak atap	488,44
Ruang serba guna	488,44
Ruang kontrol	244,73

- **Menentukan beban geser dasar**

Tabel 3. 4 Berat Seismik

Lantai ke-	W(kg)	Tinggi (m)
8	864.896,931	32
7	924.695,893	28
6	924.695,893	24
5	924.695,893	20
4	924.695,893	16
3	924.695,893	12
2	924.695,893	8
1	821.218,77	4
Total	7.234.291,059 kg	

$$V = C_s \times \sum W = 0,081 \times 7.234.291,059 = 585.977,576 \text{ kg}$$

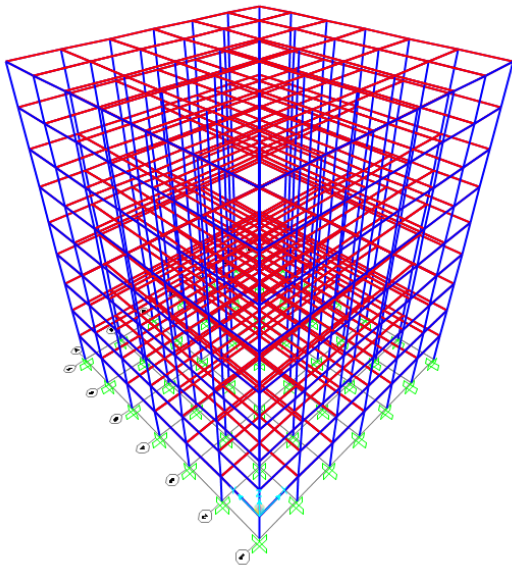
- **Perhitungan gaya gempa**

$$F_x = C_v \times V$$

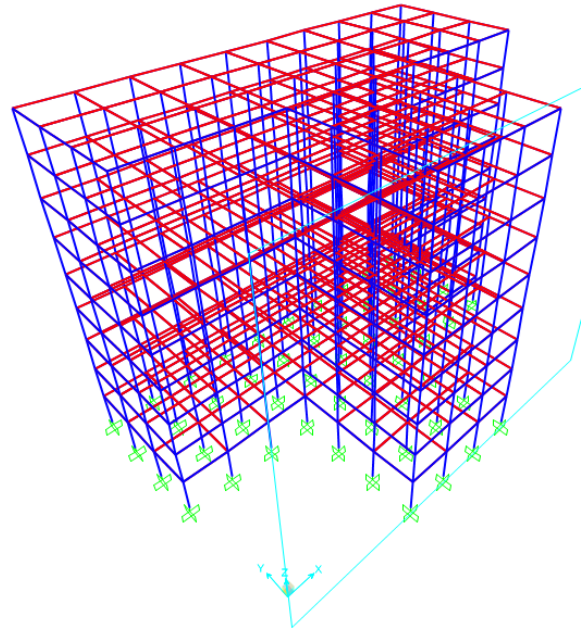
$$C_{vx} = (W \times H^k) / (\sum W \times H^k)$$

Tabel 3. 5 Perhitungan Gaya gempa

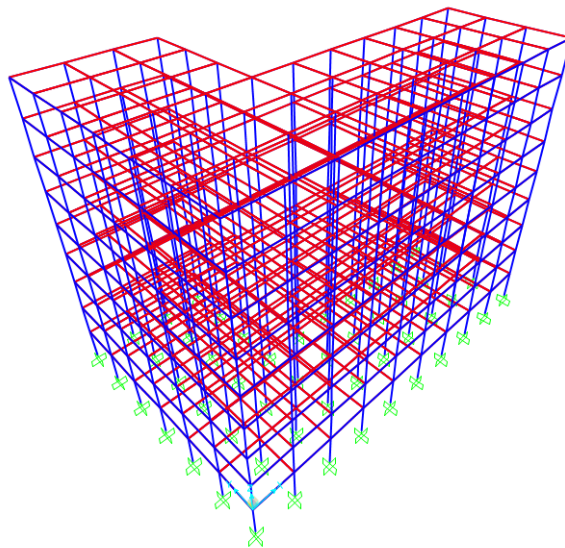
Lantai ke-	W (kg)	Tinggi (h)	$W \times H^k$	C_{vx}	F_x
8	864.896,931	32	1.145.200,435	0,127	74.419,152
7	924.695,893	28	1.211.207,996	0,134	78.520,995
6	924.695,893	24	1.196.178,63	0,132	77.349,04
5	924.695,893	20	1.178.643,209	0,13	76.177,085
4	924.695,893	16	1.157.531,044	0,128	75.005,13
3	924.695,893	12	1.130.869,809	0,125	73.247,197
2	924.695,893	8	1.094.332,299	0,121	70.903,287
1	821.218,77	4	918.810,028	0,102	59.769,713
Total	7.234.291,059		9.032.773,45		



Gambar 2. 4 Gedung model Beraturan



Gambar 2. 5 Gedung model takberaturan "T"



Gambar 2. 6 Gedung model takberaturan "L"

- HASIL GRAFIK DAN TABEL ANALISA PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR

Tabel 3. 6 Tabel perbandingan Base Shear

Perbandingan Base Reaction			
V statik	Beraturan	Takberaturan "L"	Takberaturan "T"
Arah X	IFX	IFX	IFX
585.977,576	723.317,98	748.966,88	832.217,48
Arah Y	IFY	IFY	IFY
585.977,576	723.310,54	743.543,57	806.239,2

Tabel 3. 7 Tabel perbandingan Periode

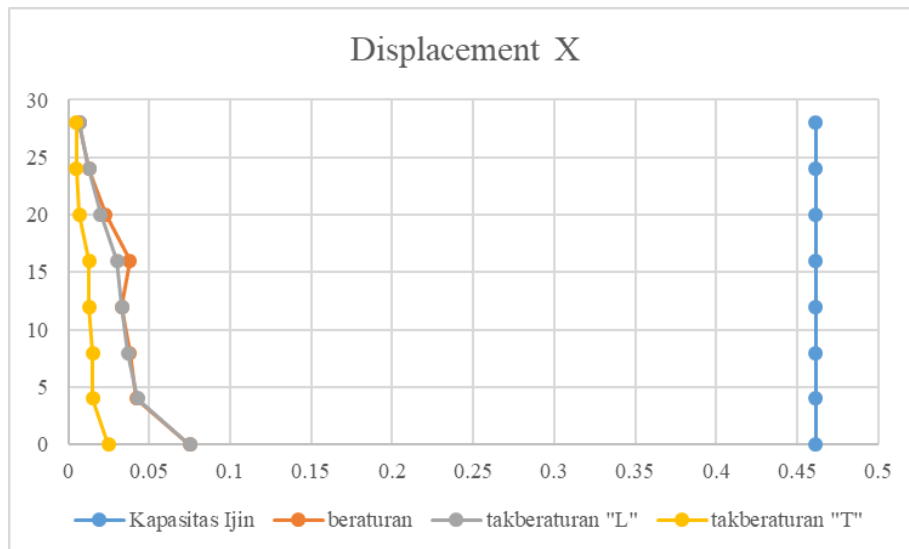
Perbandingan Periode			
Step	Beraturan	Takberaturan "L"	Takberaturan "T"
1	3.336504	3.490448	3.484418
2	3.33523	3.375806	3.374906
3	2.286081	2.783976	2.607481
4	1.626765	1.985766	1.778898
5	1.097182	1.530397	1.639757
6	1.096925	1.141496	1.349607
7	1.077688	1.123835	1.137167
8	1.076722	1.114508	1.105918
9	0.899232	1.10588	0.994239
10	0.800204	1.02901	0.974294
11	0.785278	0.898857	0.88032
12	0.71878	0.847713	0.848289

Tabel 3. 8 Perbandingan antara simpangan

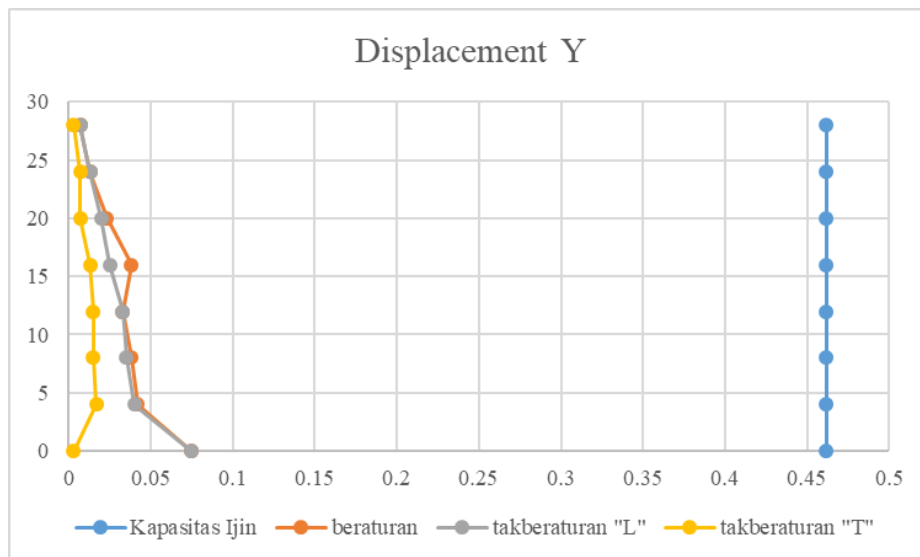
Perbandingan Simpangan								
Beraturan			Takberaturan "L"			Takberaturan "T"		
Joint	U1	U2	Joint	U1	U2	Joint	U1	U2
493	0.030015	0.030015	12	0.029779	0.02809	311	0.01046	0.01086
494	0.04709	0.04709	14	0.046919	0.044166	321	0.016608	0.017373
495	0.062334	0.062334	15	0.062259	0.05854	331	0.022297	0.023439
496	0.075498	0.075498	16	0.07553	0.070975	341	0.027342	0.028856
497	0.086419	0.086419	17	0.086552	0.081319	351	0.031601	0.03347
498	0.094789	0.094789	18	0.095017	0.089286	361	0.034951	0.037146
499	0.100177	0.100177	19	0.100519	0.094471	371	0.037288	0.039772
500	0.102624	0.102624	20	0.103182	0.096896	381	0.038602	0.041353

Tabel 3. 9 Tabel perbandingan Simpangan antar lantai

Perbandingan Simpangan Antar Lantai							
Lantai	Batas ijin (mm)	Beraturan		Takberaturan "L"		Takberaturan "T"	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
1	46,154	0,075	0,075	0,075	0,075	0,025	0,003
2	46,154	0,042	0,042	0,043	0,04	0,015	0,017
3	46,154	0,038	0,038	0,037	0,035	0,015	0,015
4	46,154	0,033	0,033	0,033	0,033	0,013	0,015
5	46,154	0,028	0,028	0,03	0,025	0,013	0,013
6	46,154	0,023	0,023	0,02	0,02	0,007	0,007
7	46,154	0,013	0,013	0,013	0,013	0,005	0,007
8	46,154	0,007	0,007	0,007	0,007	0,005	0,003



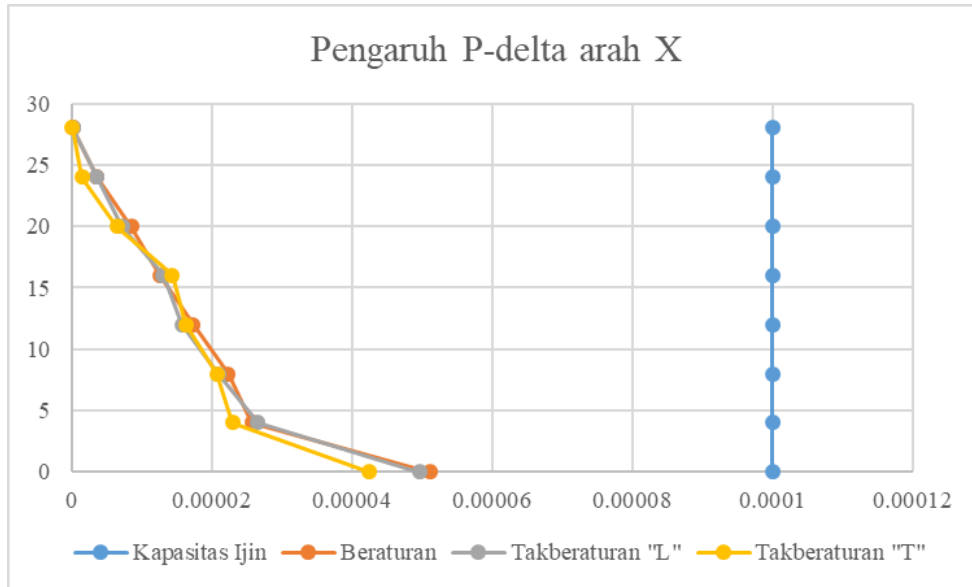
Gambar 3. 1 Grafik perbandingan Displacement arah X gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"



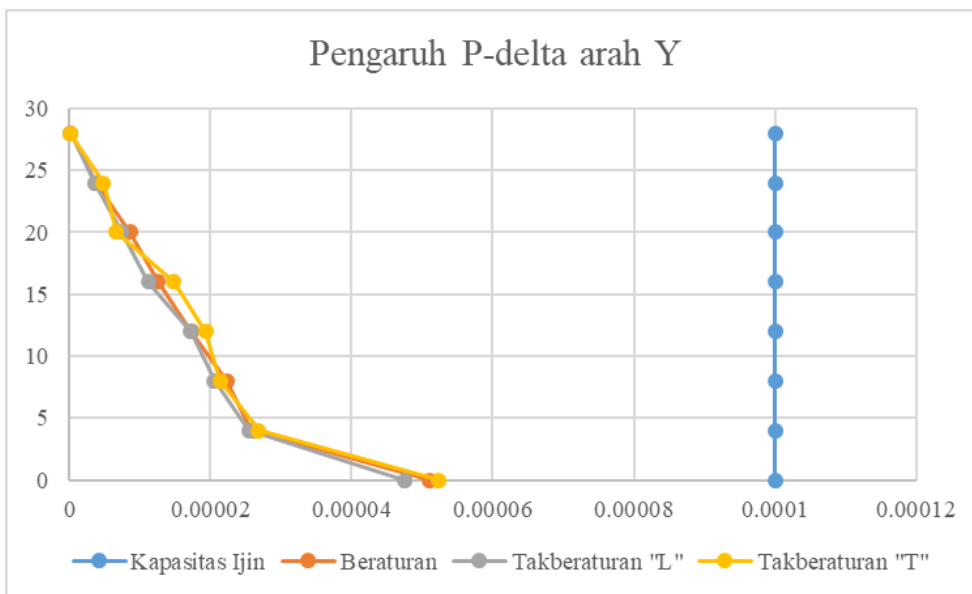
Gambar 3. 2 Grafik perbandingan Displacement arah Y gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"

Tabel 3. 10 Tabel perbandingan pengaruh P-Delta

Perbandingan Pengaruh P-delta							
Lantai	θ_{max}	Beraturan		Takberaturan "L"		Takberaturan "T"	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
1	0,1	5.11E-05	5.11E-05	4.96E-05	4.75E-05	4.25E-05	5.24E-05
2	0,1	2.58E-05	2.58E-05	2.66E-05	2.54E-05	2.30E-05	2.68E-05
3	0,1	2.23E-05	2.23E-05	2.10E-05	2.05E-05	2.08E-05	2.14E-05
4	0,1	1.73E-05	1.73E-05	1.58E-05	1.72E-05	1.63E-05	1.93E-05
5	0,1	1.26E-05	1.26E-05	1.31E-05	1.12E-05	1.44E-05	1.48E-05
6	0,1	8.55E-06	8.55E-06	7.26E-06	7.37E-06	6.53E-06	6.68E-06
7	0,1	3.69E-06	3.69E-06	3.61E-06	3.64E-06	1.55E-06	4.79E-06
8	0,1	1.86E-07	1.86E-07	1.95E-07	1.80E-07	1.55E-07	9.42E-08



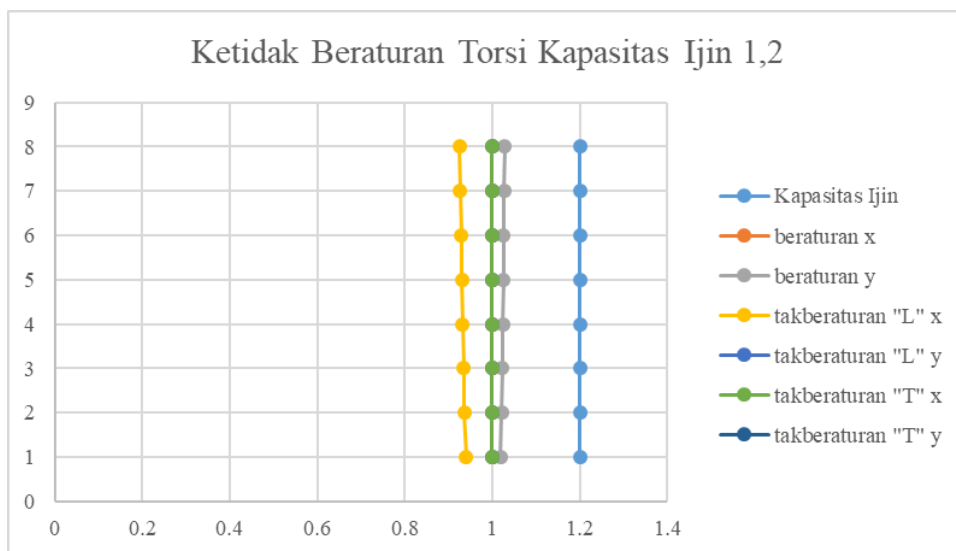
Gambar 3. 3 Grafik perbandingan P-Delta arah X gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"



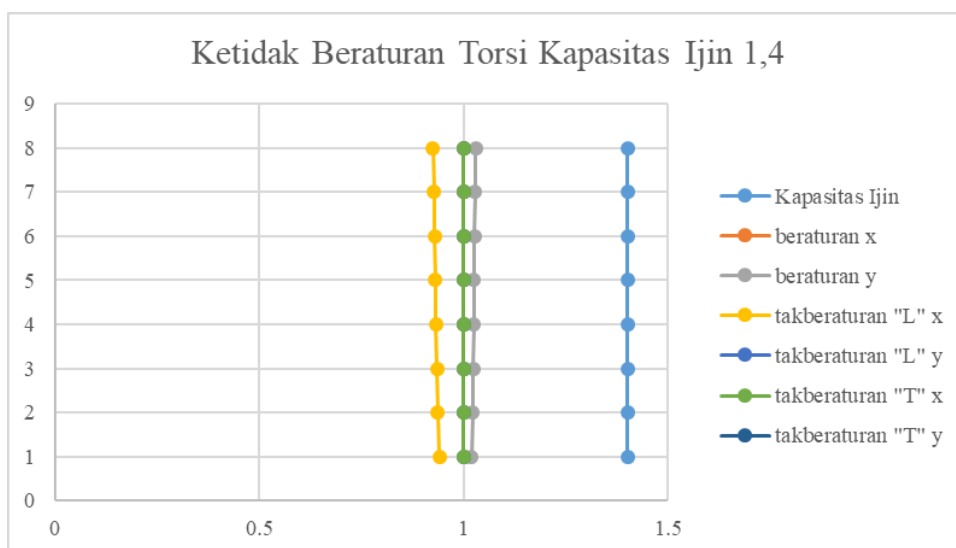
Gambar 3. 4 Grafik perbandingan P-Delta arah Y gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"

Tabel 3. 11 Tabel perbandingan Torsi

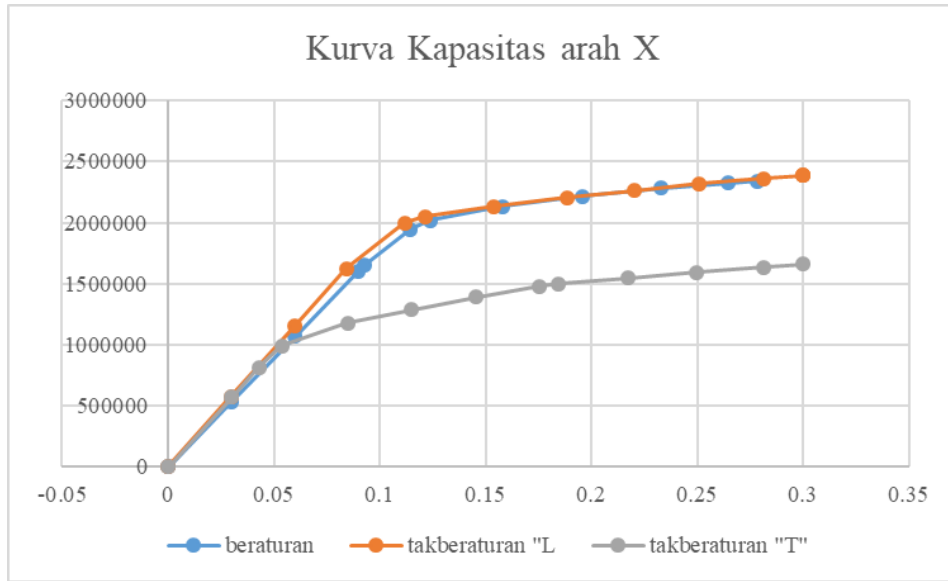
Perbandingan Torsi							
kapasitas ijin		beraturan		Takberaturan "L"		Takberaturan "T"	
		x	y	x	y	x	y
1.2	1.4	1	1	1.02885176	0.92488462	1	1
1.2	1.4	1	1	1.02721871	0.92711794	1	1
1.2	1.4	1	1	1.02619017	0.92890137	1	1
1.2	1.4	1	1	1.02529111	0.93054046	1	1
1.2	1.4	1	1	1.02434393	0.93223177	1	1
1.2	1.4	1	1	1.02324779	0.93413651	1	1
1.2	1.4	1	1	1.02177748	0.93650407	1	1
1.2	1.4	1	1	1.01921793	0.93996788	1	1



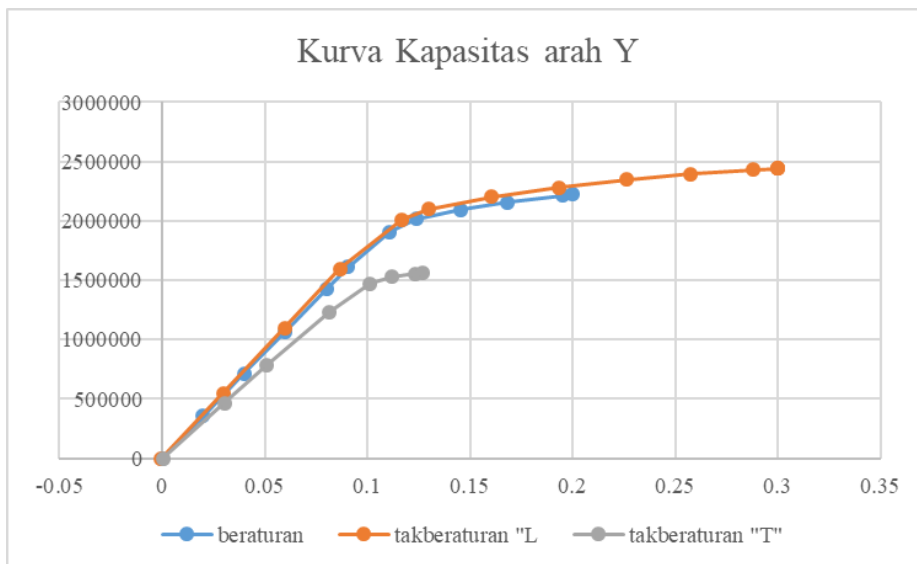
Gambar 3. 5 Grafik perbandingan Torsi dengan kapasitas ijin 1,2



Gambar 3. 6 Grafik perbandingan Torsi dengan kapasitas ijin 1,4



Gambar 3. 7 Grafik perbandingan Kurva kapasitas arah X gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"



Gambar 3. 8 Grafik perbandingan Kurva kapasitas arah Y gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"

Tabel 3. 12 Tabel perbandingan ATC-40

Perbandingan <i>Drift Ratio</i> ATC-40					
Beraturan		Takberaturan "L"		Takberaturan "T"	
Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
0,001375	0,001375	0,00803	0,00803	0,00309	0,00318

Tabel 3. 13 Tabel perbandingan FEMA-356

Perbandingan <i>Performance point</i> FEMA-356					
Beraturan		Takberaturan "L"		Takberaturan "T"	
Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
0,00894	0,00872	0,00881	0,009	0,00369	0,00378

Tabel 3. 14 Tabel perbandingan FEMA-440

Perbandingan <i>Performance point</i> FEMA-440					
Beraturan		Takberaturan "L"		Takberaturan "T"	
Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
0,00894	0,00875	0,013	0,009	0,00369	0,00378

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian "Pengaruh Konfigurasi Denah Bangunan Denah Terhadap Kinerja Struktur Gedung SRPMK beton Bertulang" didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa pada SAP2000 sebelum nya telah di dapatkan nilai periode pada bangunan beraturan sebesar 3,365s pada bangunan takberaturan "L" sebesar 3,490s dan pada bangunan takberaturan "T" sebesar 3,484s maka dari ketiga data tersebut didapatkan nilai maksimumnya yaitu sebesar 3,490s pada bangunan takberaturan berbentuk "L". Sesuai dari hasil analisa SAP2000 juga menghasilkan nilai simpangan dan simpangan antar lantai dari ketiga permodelan tersebut, angka terbesar simpangan dan simpangan antar lantai terletak pada bangunan berbentuk "L" dengan nilai simpangan pada arah X yaitu 0,103182 mm.
2. Dari hasil analisa SAP2000 hasil perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa nilai θ pada lantai 1 sebesar 0,018 pada arah X dan Y, Hal ini membuktikan bahwa pada lantai 1 dalam ke-tiga permodelan tersebut nilai θ pada gedung beraturan nilai nya paling kecil sehingga pada denah beraturan yang paling optimal dalam menerima pengaruh P-delta. Sedangkan untuk ketidakberaturan torsi hasil dari analisa tersebut dalam menunjukkan bahwa ke-tiga gedung permodelan dalam kapasitas ijin 1,2 dan 1,4 tidak ada yg melewati batasan tersebut yang artinya masih mampu menahan ketidakberaturan torsi tersebut, namun nilai terkecil terletak pada gedung takberaturan "T" arah X yang sebesar 1 yang menunjukkan pada arah X gedung model "T" lebih mampu menahan ketidakberaturan torsi.
1. Berdasarkan pengaruh gaya beban lateral didapatkan nilai *Displacement* dan *Base shear* pada gedung beraturan, arah X sebesar 0,103 mm pada *Displacement* dan pada *Base shear* sebesar 723.317m98 kgf dan untuk arah Y sebesar 0,103 mm pada *Displacement* dan pada *Base shear* sebesar 723.310,54 kgf. Pada gedung takberaturan berbentuk "L" arah X sebesar 0,103 mm pada *Displacement* dan pada *Base shear* sebesar 748.966,88 kgf dan untuk arah Y sebesar 0,094 mm pada *Displacement* dan pada *Base shear* sebesar 743.543,57 kgf. Pada gedung takberaturan berbentuk "T" arah X sebesar 0,038 mm pada *Displacement* dan pada *Base shear* sebesar 832.217,48 kgf dan untuk arah Y sebesar 0,041 mm pada *Displacement* dan pada *Base shear* sebesar 806.239,2kgf.
3. Dari hasil analisa *Pushover Analysis* berdasarkan ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440, dapat diketahui bahwa *drift ratio* analisa *Pushover* didapatkan nilai maksimum pada gedung beraturan yang terjadi pada gempa arah X dan Y mempunyai nilai lebih kecil dari 0,01 menurut ATC-40 di dapatkan kategori IO (*Immediate Occupancy*), sedangkan menurut FEMA-356 dan FEMA-440 mempunyai nilai yg lebih kecil dari 0,5 maka gedung termasuk dalam kategori IO (*Immediate Occupancy*). Pada gedung takberaturan "L" yang terjadi pada gempa arah X dan Y mempunyai nilai lebih kecil dari 0,01 menurut ATC-40 didapatkan kategori IO (*Immediate Occupancy*), sedangkan menurut FEMA-356 dan FEMA-440 mempunyai nilai yang lebih kecil dari 0,5 maka gedung termasuk dalam kategori IO (*Immediate Occupancy*). Pada gedung takberaturan "T" yang terjadi pada gempa arah X dan Y mempunyai nilai lebih kecil dari 0,01 menurut ATC-40 didapatkan kategori IO (*Immediate Occupancy*), sedangkan menurut FEMA-356 dan FEMA-440

mempunyai nilai yang lebih kecil dari 0,5 maka gedung termasuk dalam kategori IO (*Immediate Occupancy*).

5. DAFTAR PUSTAKA

Abd-el-rahim,H., dkk. Influence of structural irregularity in plan floor shape on seismic response of buildings. Jurnal analisa struktur tersedia di:

https://www.researchgate.net/publication/263090166_Influence_of_Structural_Irregularity_in_Plan_Floor_Shape_on_Seismic_Response_of_Buildings/link/53d52aec0cf2a7fbb2ea562e/download

[diakses pada tanggal 21 November 2020]

Ahmed,M., dkk. Irregularity effects in the seismic performance of L-shaped multi-story buildings. Jurnal analisa struktur tersedia di :

https://www.researchgate.net/publication/320506650_Seismic_performance_of_L-shaped_multi-storey_buildings_with_moment-resisting_frames/link/5b3c8a71aca27207850aaa4c/download

[diakses pada tanggal 21 November 2020]

Asneindra,M. Analisis perbandingan kinerja struktur gedung tak beraturan akibat beban gempa SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-201X. Jurnal analisa struktur tersedia di :

<https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/download/23870/15580> [diakses pada tanggal 19 Oktober 2020]

Febriana,A., dkk. Analisis *pushover* untuk *performance based design* (studi kasus gedung B program teknologi informasi dan ilmu komputer Universitas Brawijaya). Jurnal analisa struktur tersedia di :

<http://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/348/309> [diakses pada tanggal 16 November 2020]

Haryono,S. kajian penggunaan *Nonlinear static pushover analysis* dengan metode ATC-40, FEMA 356, FEMA 440 dan perilaku seismik *Inelastic time history analysis* untuk evaluasi kinerja struktur bangunan pasca gempa. Jurnal analisa struktur tersedia di :

<http://ejournal.utp.ac.id/index.php/JTSA/article/view/129/118>

[diakses pada tanggal 9 November 2020]

Ivan,L., dkk. Analisis dinamik perilaku gedung dengan ketidakberaturan massa pada masing-masing tingkat terhadap beban gempa. Jurnal analisa struktur tersedia di :

<https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/5836/3882> [diakses pada tanggal 21 Oktober 2020]

Lesmana,Y. 2020. *Handbook prosedur analisa beban gempa struktur bangunan gedung berdasarkan SNI 1726-2019*. Makassar : Penerbit Nas Pustaka.

Lesmana,Y. 2020. *Handbook desain struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847-2019*. Makassar : Penerbit Nas Pustaka.

Lesmana, Y. 2021. *Handbook analisa dan desain struktur tahan gempa beton bertulang (SRPMB, SRPMM & SRPMK)*. Makassar : Penerbit Nas Pustaka.

Masbudi, dkk. Evaluasi struktur gedung dengan analisis *pushover* (studi kasus: Gedung bedah sentral terpadu rumah sakit bethesda Yogyakarta). Jurnal analisa struktur tersedia di : <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/37236/24463>
[diakses pada tanggal 16 November 2020]

Pradono, M. Kajian kerentanan gempa bumi gedung bertingkat dengan bentuk beraturan dan tidak beraturan. Jurnal analisa struktur tersedia di : https://www.researchgate.net/publication/334184579_Kajian_Kerentanan_Gempabumi_Gedung_Bertingkat_Dengan_Bentuk_Beraturan_Dan_Tidak_Beraturan
[diakses pada tanggal 21 Oktober 2020]

Pruba, H. Analisis kinerja struktur pada bangunan bertingkat beraturan dan tidak beraturan horizontal sesuai SNI 03-1726-2012. Jurnal analisa struktur tersedia di : <https://media.neliti.com/media/publications/212167-analisis-kinerja-struktur-pada-bangunan.pdf>
[diakses pada tanggal 21 Oktober 2020]

Putra, P., dkk. Evaluasi kinerja struktur gedung 2 tingkat beton bertulang dengan atap baja ringan menggunakan analisis statik *pushover*. Jurnal analisa struktur tersedia di : <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/30380/18577>
[diakses pada tanggal 2 November 2020]

Raja, S., dkk. Studiea on effect of structural irregularities on seismic performance of reinforced concrete building. Jurnal analisa struktur tersedia di : https://www.researchgate.net/publication/320347156_Studies_on_Effect_of_Structural_Irregularities_on_Seismic_Performance_of_Reinforced_Concrete_Building/link/59df4a20aca27258f7d7793c/download
[diakses pada tanggal 21 November 2020]

Ramadhan, M. Pengaruh struktur bangunan gedung bertingkat ketidakberaturan horizontal terhadap beban gempa. Jurnal analisa struktur tersedia di : <https://osf.io/preprints/inarxiv/87dpf/> [diakses pada tanggal 2 November 2020]