

**Analisis Perubahan Respon Struktur Rumah Sakit UII Terhadap Beban Gempa Akibat
Peta Gempa 2010 dan Peta Gempa 2017 Berdasarkan SNI 1726:2012**
(*Analysis of Structural Response Changes of UII's Hospital Due Earthquake Load Againsts 2010
Hazard's Map and 2017 Based on SNI 1726:2012*)

Wizdan Faisal H, M. Ibnu Syamsi, Yoga Aprianto H.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang sering mengalami gempa bumi karena letaknya yang berada di pertemuan lempeng tektonik dunia, seringnya terjadi gempa bumi mengakibatkan penyebaran wilayah gempa dan meningkatnya percepatan pada permukaan tanah, sehingga untuk mengatasi hal itu dilakukan pengembangan peta gempa 2010 menjadi peta gempa 2017 sebagai acuan dalam perencanaan struktur. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan pada struktur Rumah Sakit UII yang direncanakan berdasarkan peta gempa 2010 untuk mengetahui respon struktur terhadap gempa akibat pengembangan peta gempa 2017 dengan menggunakan analisis respon spektrum sebagai metode penelitian. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan gaya geser dasar terhadap peta gempa 2017 sebesar 9,075% pada sumbu X dan 9,467% pada sumbu Y, sehingga nilai gaya geser dasar pada sumbu x menjadi 27.908,829 kNm dan pada sumbu y menjadi 28,256.136 kNm, peningkatan gaya geser mengakibatkan peningkatan pada simpangan, dimana simpangan mengalami peningkatan rata-rata sebesar 9,084% terhadap sumbu x dan 9,504% terhadap sumbu y, peningkatan terbesar terjadi pada joint 2 hingga sampai pada kondisi kritis, dimana nilai simpangan yang terjadi mencapai 0,95%, mendekati batas izin yang hanya 1% dari tinggi lantai. Namun demikian respon struktur masih dinyatakan aman karena simpangan yang terjadi tidak melewati batas izin yang disyaratkan. Respon lainnya terjadi pada elemen struktur seperti pada kolom yang mengalami peningkatan gaya dalam, namun peningkatannya tidak signifikan sehingga tidak memerlukan perkuatan. Berbeda dengan balok yang membutuhkan perkuatan karena dinyatakan tidak mampu menerima beban yang terjadi.

Kata kunci: gempa, peta gempa, respon spektrum.

Abstrak

Indonesia is the country that suffers earthquakes due to its location which is located at the confluence of tectonic plates of the world's earthquakes occur, often resulting in the spread of the earthquake area and increased acceleration on the surface of the soil, so to overcoming it is done developing map earthquake 2010 be 2017 earthquake map as a reference in planning structure. In this research was conducted modeling on the structure of the planned UII's Hospital based on a map of earthquake 2010 to find out response structure against earthquakes due to the development of a map of earthquake response analysis using 2017 spectrum as a method research. Results of the study showed an increase in the basic styles of sliding towards 2017 earthquake map of 9.075% on X axis and Y axis 9.467%, so that the value of the basic styles of sliding on the x-axis into 27.908,829 kNm and on the y axis be 28.256,136 kNm, increased sliding style resulted in an increase in junction, where the Byway has increased an average of 9,084% against the x axis and y axis% against 9,504, the greatest improvement occurred at a joint 2 to arrive at critical conditions, where the value of the The Byway going reach 0,95%, approaching the limit the permissions that only 1% of the height of the floor. However, the structure of response is still stated to be safe because of the Byway that occurs not over the limit the permissions that are required. Other response occurs on elements in a column-like structures that are experiencing the style in, but its increase is not significant so that it does not require the addition of reinforcement. Unlike the beams which require the addition of reinforcement bending due to the increase in moment and the addition of reinforcement due to the increased shear reinforcement.

Key words: earthquake, earthquake's map, spectral response.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang letaknya berada diantara lempeng tektonik dunia yang diantaranya, lempeng Indo Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia, karena letaknya itu Indonesia menjadi salah satu negara yang sering mengalami

gempa bumi. Seringnya gempa bumi mengakibatkan perluasan area gempa dan percepatan permukaan tanah.

Partono dkk. (2015) mengembangkan peta rawan gempa pada wilayah Semarang dengan melakukan penelitian perhitungan *hazard*

gempa, analisis kondisi tanah dan analisis tingkat resiko gempa, hasil menunjukkan wilayah Semarang bagian selatan mengalami guncangan yang paling besar dibandingkan untuk Semarang bagian tengah ataupun utara. Pengembangan juga dilakukan untuk wilayah Jakarta oleh Delfebriyadi dkk. (2017), dengan melakukan studi mikro zonasi dan analisis respon dinamik dengan *software* NERA, dimana pengembangannya menyimpulkan bahwa kelas tanah dari suatu situs percepatan permukaan tanah akan mempengaruhi frekuensi gelombang gempa.

Akibat pengembangan peta tersebut Arfiandi (2013) melakukan penelitian implikasi penggunaan peta gempa 2010 pada struktur bangunan empat lantai yang direncanakan dibangun berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 1726:201X dari peta gempa 2010. Didapati dari penelitian tersebut adanya peningkatan dan penurunan nilai gaya geser sesuai dengan jenis tanahnya, serupa dengan penelitian diatas, dilakukan penelitian pada struktur rumah sakit UII yang dibangun berdasarkan peta gempa 2010 terhadap pengembangan peta gempa 2017, tujuannya adalah untuk mengetahui respon struktur yang ditunjukkan oleh peningkatan gaya geser dan simpangan, serta respon elemen struktur terhadap kebutuhan tulangan.

Rifa'i dkk. (2014) melakukan penelitian pada struktur hotel untuk mengetahui respon struktur terhadap gempa dengan metode analisis statik dan dinamik yang dimodelkan menggunakan *software* ETABS sesuai SNI 1726:2012. Diperoleh displacement maksimal arah X senilai 0,0465m dan arah Y senilai 0.0634m, sedangkan untuk drift ratio didapati nilai maksimal untuk arah X senilai 0.00077 dan untuk arah Y senilai 0.00103. Hal serupa dilakukan Purnomo dkk. (2014) pada hotel berbeda, hasilnya menunjukkan displacement maksimal arah X sebesar 0,0573 dan arah Y sebesar 0,557 sedangkan nilai drift stori arah X yang diperoleh adalah 0,0018 dan 0,0017 untuk arah Y. Sedangkan Haryanto dkk. (2015) melakukan penelitian serupa dengan metode *push over*. Hasilnya menunjukkan peningkatan gaya geser dasar sebesar 1,48%, *displacement* sebesar 19,61% dan penurunan daktilitas sebesar 43,14%. Oleh karenanya respon ketiga struktur hotel tersebut dinyatakan aman dan

memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2012 dan berada pada level Immediate Occupancy jika ditinjau berdasarkan peraturan ATC-40

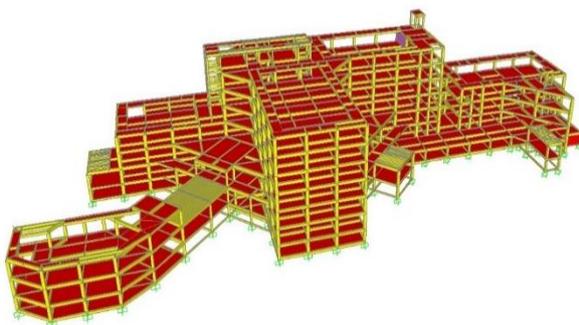
Refani dkk. (2016) meninjau struktur tingkat tinggi yang terbengkalai selama lebih dari 15 tahun untuk mengetahui kelayakan dan responnya terhadap beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012. Didapati hasil yang menunjukkan respon struktur yang cukup baik karena direncanakan secara baik dengan memiliki faktor keamanan pada dimensi dan penulangan yang sangat tinggi. Sedangkan Soelarso dan Baehaki (2017) melakukan penelitian evaluasi simpangan pada struktur akibat penambahan lantai, penelitian dilakukan dengan analisis respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2012. Diperoleh nilai gaya geser arah X sebesar 1.549,45kN dan untuk arah Y sebesar 1.581,06kN, serta simpangan pada arah X adalah 298,65 mm dan arah Y adalah 249,59 mm, sedangkan simpangan izinnnya adalah 186 mm. sehingga disimpulkan bahwa struktur tidak mampu menerima beban yang ada, karenanya perlu edilakukan evaluasi kembali agar didapatkan struktur bangunan yang menjamin keamanan.

Tantra dkk. (2016) memodelkan bangunan tiga lantai dan tujuh lantai yang direncanakan dengan peraturan perencanaan SNI 1726-2002 dan SNI 1726:2012 untuk mengetahui perbandingan respon struktur akibat adanya peraturan baru, pemodelan dilakukan untuk sistem rangka pemikul momen khusus, menengah dan biasa (SRPMK, SRPMM, SRPMB), menggunakan *software* SAP2000. dengan meninjau pada drift ratio dan pola keruntuhan beam side away mechanism. Hasilnya menunjukkan bangunan tujuh lantai yang didesain berdasarkan peraturan SNI dapat bekerja baik untuk level gempa 225 dan 500 tahun namun tidak untuk level 2500 tahun. Pada bangunan tiga lantai didapati strukturnya tidak mampu menerima setiap beban yang diberikan. Sedangkan tinjauan berdasarkan beam side away mechanism menyimpulkan bahwa bangunan tujuh lantai menunjukkan respon yang baik untuk level gempa 72, dan 225 tahun, namun tidak baik untuk level gempa diatasnya, dan untuk bangunan tiga lantai didapati bahwa strukturnya menunjukkan respon baik pada level gempa 72 tahun, namun tidak baik untuk level diatasnya.

Budiono dan Wicaksono (2016) meninjau perilaku struktur akibat ketidakberaturan gaya vertikal dan ketidakberaturan massa. dengan memodelkan struktur bangunan 20 lantai dengan ketidakberaturan yang berbeda, yaitu ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak berlebih, ketidakberaturan massa, dan kombinasi keduanya yang ditempatkan pada ketinggian berbeda, seperti pada bagian bawah, tengah dan atas struktur, lalu dianalisis dengan metode push over. Hasil penelitian menunjukkan perilaku struktur akibat ketidakberaturan masa tidak memberikan dampak yang terlalu besar, sedangkan untuk perilaku struktur akibat ketidakberaturan vertikal kekakuan lunak berlebih dan ketidakberaturan kombinasi mengalami penyimpangan yang sangat besar dan tingkat keamanan yang sangat rendah, terutama pada bagian bawah struktur bangunan (soft story). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu ada pada penyebab terjadinya peningkatan, dimana peningkatan pada penelitian ini didapat akibat pengembangan peta gempa 2017

2. Pemodelan

Penelitian dilakukan dengan memodelkan struktur pada *software* SAP2000 dengan pertimbangan sebagai berikut: (1) balok dan kolom merupakan elemen satu dimensi, (2) plat lantai, bordes, dan *shear wall* merupakan bentuk elemen *shell*, (3) digunakan tumpuan jepit. (4) ditambahkan pembebanan struktur dengan estimasi 100% untuk beban mati dan 50% untuk beban hidup, (5) kekakuan pemodelan struktur mencapai 90%.

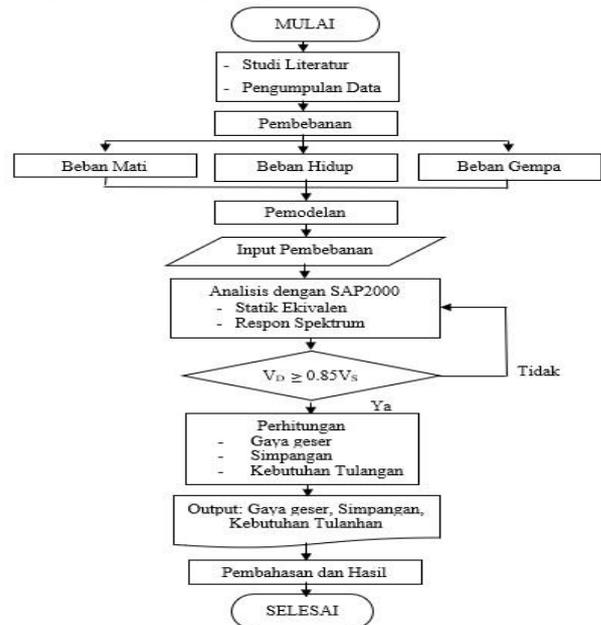


Gambar 1. Pemodelan struktur rumah sakit UII

3. Metode Penelitian

Diagram Alir

Penelitian dilakukan dengan mengikuti diagram alir supaya pembahasan tidak meluas.



Gambar 2. Diagram alir

Desain Respon Spektrum

a. Parameter F_a dan F_v

Nilai parameter F_a dan F_v didapatkan dari peta gempa, kemudian digunakan untuk merencanakan desain respon spektrum.

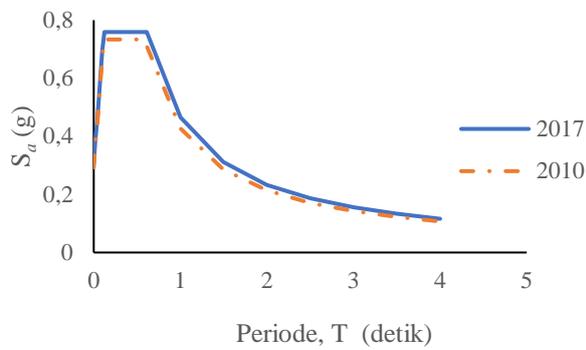
Tabel 1. Parameter F_a dan F_v

Kelas	Peta	Parameter Gempa			
		S _s	F _a	S ₁	F _v
SD	2010	1,0	1,1	0,4	1,6
SD	2017	1,1	1,035	0,45	1,55

b. Desain respon spektrum

Tabel 2. Desain Respon Spektrum

Peta Gempa	Desain Respon spektrum					
	T < T ₀		T ₀ ≤ T ≤ T _s		T > T _s	
	T	S _a	T	S _a	T	S _a
2010	0	0,293	0,116	0,733	1	0,4267
	0,02	0,369	0,2	0,733	1,5	0,285
	0,04	0,445	0,3	0,733	2	0,214
	0,06	0,521	0,4	0,733	2,5	0,171
	0,08	0,596	0,5	0,733	3	0,143
	0,1	0,671	0,582	0,733	3,5	0,122
2017	0	0,304	0,122	0,759	1	0,465
	0,02	0,382	0,2	0,759	1,5	0,311
	0,04	0,461	0,3	0,759	2	0,233
	0,06	0,538	0,4	0,759	2,5	0,186
	0,08	0,617	0,5	0,759	3	0,155
	0,1	0,695	0,613	0,759	3,5	0,133



Gambar 3. Grafik desain respon spektrum

4. Hasil dan Pembahasan Gaya Geser Dasar

Nilai gaya geser respon spektrum (V_d) yang diperoleh harus lebih besar dari 85% gaya geser dasar statik (V_s), seperti terlihat pada Tabel 3.

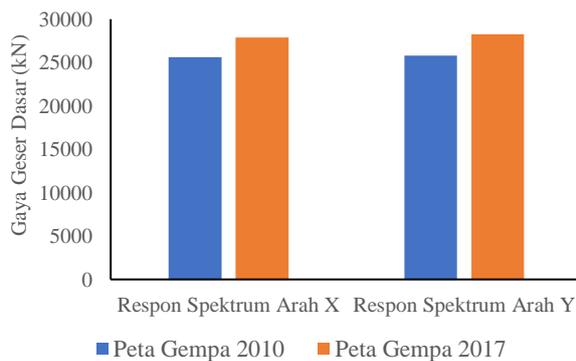
Tabel 3. Nilai gaya geser dasar

Beban Gempa	$V_{s, \text{statik}}$ (V_s) (kN)	$V_{d, \text{dinamik}}$ (V_d) (kN)	Sf_a	Sf_b	V_d baru (kN)
RS10 x	30107,264	12029,685	1,851	3,936	25586,79
RS10 y	30364,591	11366,105	1,851	4,203	25812,42
RS17 x	32834,931	12790,481	1,851	4,038	27908,83
RS17 y	33246,654	11366,105	1,851	4,601	28256,14

RS : Respon spektrum

Sf_a : Faktor skala awal

Sf_b : Faktor skala baru $Sf_a \times 0,85 (V_s/V_d)$, apabila ratio $V_d / V_s < 0,85$



Gambar 4. Grafik peningkatan gaya geser

a. Simpangan yang terjadi pada *Joint 1*

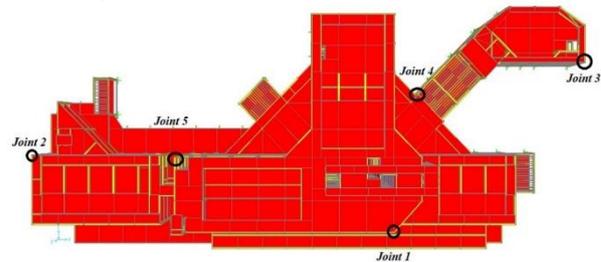
Tabel 4. Simpangan akibat respon spektrum pada *Joint 1*

Lantai	Elv (m)	Δ Akibat RS Arah X (mm)				Δ Akibat RS Arah Y (mm)				Δ Izin (mm)
		2010		2017		2010		2017		
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
L.A	24	198	64,8	217	71,1	64,7	193	70,8	212	240
L. 5	20	169	53,4	186	58,6	54,8	161	60,0	175	200
L. 4	16	132	40,3	145	44,2	42,5	123	46,5	135	160
L. 3	12	89,2	26,2	97,9	28,8	29,1	83,3	31,9	91,2	120
L. 2	8	53,3	13,8	58,5	15,1	18,8	45,9	20,6	50,2	80
L. 1	4	24,5	5,6	26,9	6,1	8,9	18,8	9,8	20,6	40
L.D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Terjadi peningkatan gaya geser dasar akibat pengembangan peta gempa 2017 sebesar 9,075% terhadap arah X dan sebesar 9,467% terhadap arah Y, peningkatan terjadi karena pengembangan area gempa dan percepatan pada permukaan tanah (arfiandi, 2013).

Simpangan

Simpangan yang terjadi pada struktur ditinjau pada beberapa *joint* yang ditentukan, yang dianggap mengalami simpangan yang paling besar, *joint* tinjauan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Joint* tinjauan untuk simpangan

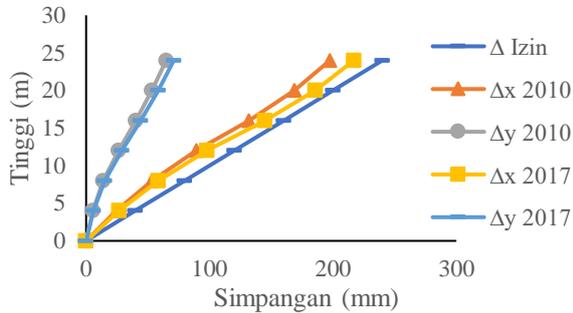
Keterangan : *Joint 1* adalah kolom K4
 : *Joint 2* adalah kolom K1
 : *Joint 3* adalah kolom K22
 : *Joint 4* adalah kolom K11
 : *Joint 5* adalah kolom K6

Analisis simpangan dilakukan untuk mengetahui batas izin dan respon dari suatu struktur, sehingga apabila respon struktur melebihi batas izin yang ditentukan maka perlu dilakukan evaluasi agar struktur mampu menerima beban yang terjadi (Soelarso dan Baehaki 2017), Nilai dari simpangan yang terjadi ditampilkan dalam bentuk Tabel, sedangkan respon simpangan yang terjadi ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara tinggi dengan simpangan.

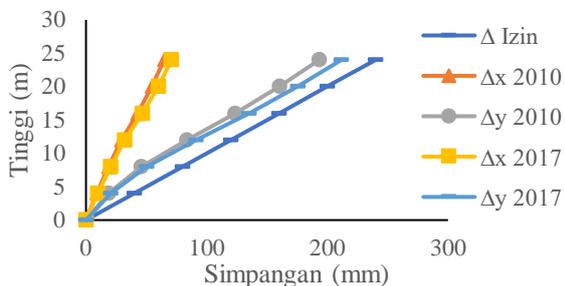
b. Simpangan yang terjadi pada *joint 3*

Tabel 5. Simpangan akibat respon spektrum pada *joint 3*

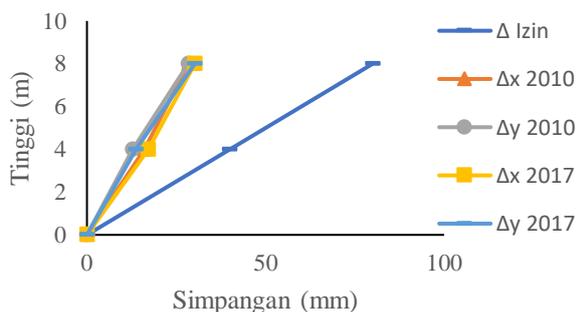
Lantai	Elv (m)	Δ Akibat RS Arah X (mm)				Δ Akibat RS Arah Y (mm)				Δ Izin (mm)
		2010		2017		2010		2017		
		X	ΔY	ΔX	ΔY	X	ΔY	ΔX	ΔY	
L. 2	8	28,4	28,4	30,2	30,2	28,7	34,6	31,4	37,9	80
L. 1	4	16,2	12,8	17,2	13,6	16,0	15,7	17,5	17,2	40
L.D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



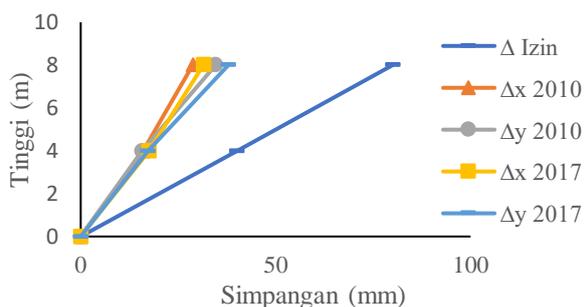
Gambar 6 Grafik simpangan akibat respon spektrum arah X pada *Joint 1*



Gambar 7. Grafik simpangan akibat respon spektrum arah Y pada *Joint 1*



Gambar 8. Grafik simpangan akibat respon spektrum arah X pada *Joint 3*



Gambar 9. Grafik simpangan akibat respon spektrum arah Y pada *Joint 3*

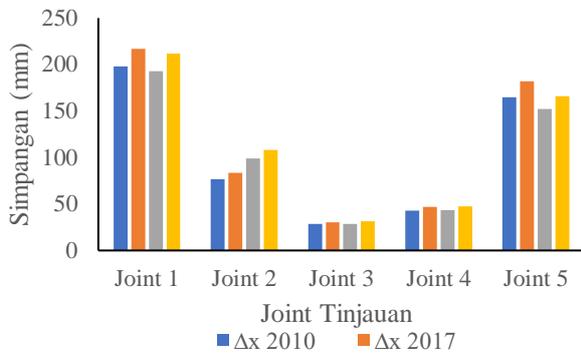
Simpangan yang terjadi menunjukkan hasil berbeda, seperti terlihat pada *joint 1* yang mengalami simpangan tertinggi mencapai 217 mm sedangkan *joint 3* mengalami simpangan terendah yaitu 37,9 mm terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5., hal tersebut karena pengaruh ketinggian *joint* terhadap simpangan, dimana semakin tinggi *joint* pada struktur akan mengakibatkan simpangan yang semakin besar, begitu juga dengan batas simpangan izinnnya, sehingga dalam hal ini simpangan yang terjadi masih berada dalam batas izin seperti dapat dilihat pada Gambar 6. sampai Gambar 9. Selain itu bentuk struktur juga mempengaruhi simpangan yang terjadi.

Bentuk struktur yang tidak beraturan membuat arah simpangan menjadi tidak seragam, seperti hasil analisis simpangan pada *joint 1* dan *joint 5* didapati simpangan yang terjadi lebih besar terhadap sumbu X, sehingga srstruktur pada tinjauan *joint 1* dan *joint 5* mengalami sumbu lemah pada arah X, sedangkan struktur pada *join 2*, *joint 3* dan *joint 4* diperoleh sumbu lemah ada pada arah Y, karena simpangan yang terjadi pada *joint* tersebut lebih besar akibat arah Y, seperti dapat dilihat pada Gambar 10.

Hal lain yang mempengaruhi simpangan adalah akibat pengembangan peta gempa 2017, yang mengakibatkan peningkatan terbesar mencapai 9,813%, sedangkan rata-rata peningkatan yang terjadi adalah 9,084% untuk arah X dan 9,504% untuk arah Y, hal itu tidak jauh berbeda dengan peningkatan yang terjadi pada gaya geser dasar.

Tabel 6. Peningkatan Simpangan

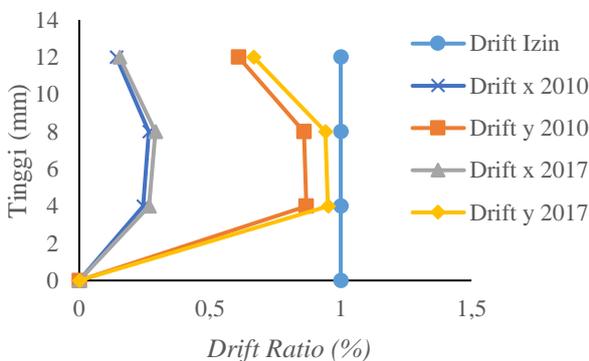
Tinjauan	Peta Gempa 2010 (mm)		Peta Gempa 2017 (mm)		Peningkatan (%)	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
	<i>Joint 1</i>	198	193	217	212	9,831
<i>Joint 2</i>	76,5	98,7	83,8	108	9,611	9,472
<i>Joint 3</i>	28,4	28,7	30,2	31,4	6,404	9,646
<i>Joint 4</i>	42,6	43,3	46,8	47,5	9,751	9,465
<i>Joint 5</i>	165	152	182	166	9,824	9,469



Gambar 10. Grafik Peningkatan pada Simpangan

Tabel 7. *Drift ratio* akibat respon spektrum pada *Joint 2*

Lantai	Elv (m)	Drift Akibat RS Arah X (%)				Drift Akibat RS Arah Y (%)				Drift Izin (%)
		2010		2017		2010		2017		
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
L. 3	12	0,36	0,25	0,39	0,26	0,14	0,61	0,16	0,67	1
L. 2	8	0,55	0,36	0,61	0,38	0,27	0,86	0,29	0,94	1
L. 1	4	0,51	0,37	0,55	0,39	0,24	0,87	0,27	0,95	1
L.D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1



Gambar 11 Grafik *drift ratio* akibat respon spektrum arah X pada *Joint 2*

Hasil menunjukkan bahwa nilai *drift ratio* antar lantai tertinggi terjadi pada bagian tengah struktur, hal tersebut terjadi karena pada bagian tengah struktur mengalami selisih *displacement* yang paling besar, sehingga difahami bahwa semakin besar selisih nilai *displacement* akan mengakibatkan nilai *drift ratio* antar lantai yang besar. Nilai *drift ratio* terbesar berada pada *joint 2* di ketinggian empat meter dan delapan meter, dimana nilainya mencapai 0,95% dan 0,94% sangat dekat dengan batas izinnya yaitu 1% dari tinggi antar lantainya, sehingga dapat dikatakan kondisi diatas merupakan kondisi kritis, namun masih dapat dikatakan aman karena belum melewati batas izin yang disyaratkan.

Peningkatan *drift ratio* yang terjadi akibat pengembangan peta gempa 2017 sama seperti peningkatan yang terjadi pada simpangan, hal

Drift Ratio Antar Lantai

Drift ratio merupakan penjabaran simpangan yang terjadi pada setiap lantai, dimana nilai *drift ratio* antar lantai diperoleh dari selisih *displacement*, dengan batas *drift ratio* izinnya adalah 1% dari tinggi setiap lantai. Nilai *drift ratio* yang terjadi ditampilkan dalam Tabel, bentuk *drift ratio* yang terjadi ditampilkan dalam grafik hubungan antara tinggi dengan persentase *drift ratio*.

tersebut karena keduanya mengalami peningkatan akibat meningkatnya gaya geser dasar yang sama. Hasil analisis menunjukkan *drift ratio* yang terjadi pada struktur tidak ada yang melewati batas izin yang ditentukan, sehingga respon struktur bangunan rumah sakit UII dapat dikatakan aman terhadap beban gempa pada peta gempa 2010 dan akibat pengembangan peta gempa 2017.

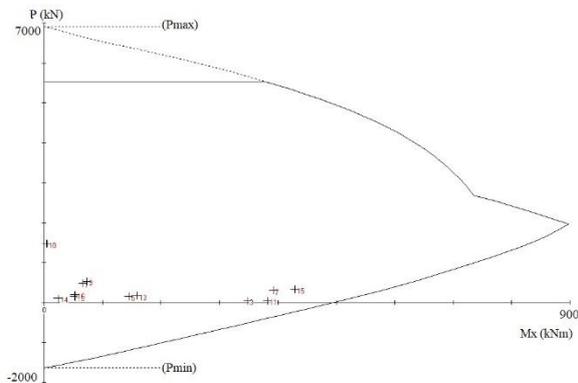
Analisis Kemampuan Elemen Struktur

a. Kolom

Kemampuan kolom dalam menerima beban ditentukan dari *output* SAP2000 yang dimasukan ke dalam diagram interaksi pada *software* spColumn, *output* yang digunakan merupakan akibat dari respon spektrum peta gempa 2010 dan peta gempa 2017.

Tabel 8 Peningkatan *output* SAP2000 pada kolom K1

Hasil SAP	No	peta gempa 2010		No	peta gempa 2017	
		P (kN)	M (kNm)		P (kN)	M (kNm)
P max	1	489,461	66,1028	9	535,799	72,3608
P min	2	1479,46	4,809	10	1479,46	4,809
V max	3	51,601	348,0268	11	56,284	381,6267
V min	4	160,577	52,1604	12	160,577	52,1604
M ₂ max	5	161,453	144,8972	13	176,738	158,6149
M ₂ min	6	113,9	24,2041	14	113,9	24,2041
M ₃ max	7	309,232	392,5022	15	339,062	429,5737
M ₃ min	8	202,402	52,556	16	202,402	52,556



Gambar 11. Diagram interaksi pada kolom K1

Nilai *output* SAP2000 menunjukkan adanya peningkatan gaya pada kolom, seperti terlihat pada Tabel 11, namun peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan, sehingga jika dilihat pada diagram interaksi yang diperoleh dari *software* spColumn menunjukkan gaya yang terjadi masih berada di dalam diagram, maka kolom tidak membutuhkan perkuatan. Perkuatan dilakukan apabila gaya yang terjadi

b. Balok
Kemampuan balok dalam menerima beban yang terjadi dilakukan dengan perhitungan menggunakan *software* excel, dimana data yang digunakan merupakan hasil *output* dari SAP2000 dengan material yang ada dilapangan, hasil *output* dari SAP2000 menunjukkan adanya peningkatan gaya akibat pengembangan peta gempa 2017 seperti terlihat pada Tabel 9. sehingga dengan adanya peningkatan tersebut dilakukan perhitungan kebutuhan tulangan untuk mengetahui kemampuan balok.

Tabel 9 Hasil *output* SAP pada balok

Jenis Balok	Output SAP	Peta gempa 2010		Peta gempa 2017	
		Negatif	Positif	Negatif	Positif
Balok B1	M(kNm)	697,623	835,6969	697,623	914,814
	V (kN)	329,756	676,584	329,756	740,638
	T (kNm)	108,5	123,3868	108,5	135,2868
Balok B3	M (kNm)	227,087	330,7637	227,087	362,0778
	V (kN)	231,142	195,973	214,526	231,142
	T (kNm)	56,1147	87,3273	56,1147	95,7483
Balok B4	M (kNm)	219,037	390,0898	219,037	428,0935
	V (kN)	152,435	201,914	152,435	221,588
	T (kNm)	67,8039	65,9105	67,8039	72,1503
Balok B28	M (kNm)	96,5785	178,6728	96,5785	195,5881
	V (kN)	63,285	100,608	63,285	110,133
	T (kNm)	14,1586	18,4362	14,1586	20,1816
Balok B31	M (kNm)	240,977	281,5537	240,977	308,9468
	V (kN)	181,227	179,292	181,227	179,292
	T (kNm)	20,9839	45,9646	20,9839	50,3893

Hasil perhitungan kebutuhan tulangan menunjukkan bahwa balok B1 mengalami penambahan kebutuhan tulangan, penambahan tersebut menunjukkan bahwa balok yang ada tidak mampu menerima beban akibat pengembangan peta gempa 2017, oleh karena itu dibutuhkan perkuatan pada balok untuk memenuhi kebutuhan amannya, kebutuhan perkuatan yang dilakukan disesuaikan dengan peningkatan beban yang diterima.

5. Kesimpulan

penelitian menunjukkan respon struktur rumah sakit UII terhadap pengembangan peta gempa sebagai berikut.

- Terjadi peningkatan gaya geser dasar pada struktur akibat pengembangan peta gempa 2017, dimana sumbu X mengalami peningkatan mencapai 9,075% sedangkan terhadap sumbu Y peningkatan yang terjadi mencapai 9,467%.
- Simpangan yang terjadi pada struktur mengalami peningkatan rata-rata sebesar 9,084% untuk arah X dan 9,504% untuk arah Y, secara keseluruhan simpangan yang terjadi masih aman karena belum melewati batas izin, namun pada *joint* 2 simpangan berada pada kondisi kritis karena simpangannya mencapai 0,95 %, sangat mendekati batas izinya yang hanya 1% dari ketinggian setiap lantainya.
- Peningkatan juga terjadi pada gaya elemen struktur seperti pada kolom dan balok, peningkatan yang terjadi pada kolom tidak terlalu signifikan, sehingga tidak dibutuhkan perkuatan, berbeda pada balok yang membutuhkan perkuatan karena dianggap tidak mampu menerima beban.

6. Daftar Pustaka

- Arfiandi, Y., 2013. Implikasi Penggunaan Peta Gempa 2010 Pada Perencanaan Gedung Di Kota Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 104-116.
- Budiono, B., Wicaksono, E. B., 2016. Perilaku Struktur Bangunan dengan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lunak Berlebih dan Massa Terhadap Beban Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(2), 113-126.
- BSN, 2012, SNI 1726-2012 : *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non*

- Gedung*. Badan Standarisasi Indonesia, Jakarta
- BSN, 2013, SNI 2847:2013 : *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Indonesia, Jakarta.
- Delfebriyadi., Irsyam, M., Hutepa, B. M., Imran, I., dan Astrurifak., 2017. Zonasi *Hazard* Gempa Bumi Untuk Wilayah Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2), 159-165.
- DPU, 1987, Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG). Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Haryanto, Y., Sudibyo, G. H., dan Mariyatno, N. G., 2015. Kinerja Model Struktur Gedung Lima lantai Pada Kondisi Tanah Keras Di Wilayah Banyumas Akibat Beban Gempa SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012. *Dinamika Rekayasa*, 11(2), 80-95.
- Partono, W., Irsyam, M., Wardani, S. P. R., dan Maarif, S., 2015. Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang Melalui Penelitian *Hazard* Gempa Deterministik. *Jurnal Teknik*, 36(1), 24-31.
- Prawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Purnomo, E., Purwanto, E., dan Supriyadi, A., 2014. Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan *Software ETABS* (Studi Kasus : Bangunan Hotel Di Semarang). *Matriks Teknik Sipil*, 141-179.
- Revani, A. N., Darmawan, M. S., dan Irmawan, M., 2016. Evaluasi Kelayakan Struktur Gedung Tinggi yang Terbengkalai Selama 15 Tahun Terhadap Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012. . *Proceeding 2nd International Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)*, 153-159.
- Rifai, M. L., Budi, A. S., Wibowo, 2014. Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan *Software Etabs* (Studi Kasus: Hotel di Wilayah Karanganyar). *Matriks Teknik Sipil*, 2(1), 32-39.
- Soelarso., dan Baehaki., 2017. Evaluasi Simpangan Struktur Akibat Penambahan Lantai Dengan Metode Analisis Statik dan Dinamik Response Spectrum. *Jurnal Spektran*, 5(2), 88-95.
- Tantra, K. A., Sutantu, Z., Pudjisuryadi, P., dan Lumantarna, B., 2016. Performa Bangunan yang Didesain Menurut SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 Pada Bangunan Beraturan 7 dan 3 Lantai Di Wilayah Surabaya Peta Gempa Indonesia. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 5(1), 1-7.