

**PERGESERAN BALOK-KOLOM AKIBAT BEBAN GEMPA PADA BANGUNAN YANG
BERHIMPITAN DENGAN PERIODA GETARAN YANG BERBEDA**
*Beam Column Movement Due to Earthquake Load on near by Buildings
with Different Vibration Period*

Joedono *

Abstrak

Kerusakan pada struktur gedung diakibatkan oleh respons selama gempa bumi yang menimbulkan deformasi yang besar di atas batas elastis atau deformasi inelastis, dengan deformasi yang menetap setelah gempa bumi berakhir. Namun pertimbangan seperti itu seolah-olah tidak dipedulikan lagi dengan banyaknya kita temukan pembangunan struktur gedung yang berhimpitan.

Subjek penelitian yaitu Ruko di Pajang, Jalan Pejanggal. Data yang dikumpulkan adalah: As build drawing ruko, data gempa Selat Banyuwangi dari BMG, data kondisi umum tanah wilayah proyek. Data yang ada digunakan sebagai Data input dalam SAP 2000.

Besarnya perubahan displacement/ perpindahan akibat beban gempa selat Banyuwangi mempunyai hubungan yang teratur jika dilakukan peningkatan beban gempa tersebut secara beraturan dimana tiap kenaikan 25% dari gempa Selat Banyuwangi struktur mengalami penambahan displacement untuk gedung timur lantai satu sebesar 2,523 mm, lantai dua sebesar 3,5 mm, lantai tiga sebesar 3,9 mm, sedangkan untuk gedung barat lantai satu sebesar 2,392 mm, lantai dua sebesar 3,3 mm, lantai tiga sebesar 3,8 mm.

Jika suatu struktur dirancang dengan menggunakan data gempa respon spectrum berdasarkan SNI 2002 tentu saja struktur ini akan sangat aman jika mendapat gempa sebesar gempa Selat Banyuwangi, tetapi tentu saja bangunan tersebut tidak berhimpitan seperti pada kasus bangunan yang dianalisis karena besarnya jumlah displacement kedua struktur pada lantai tiga mencapai 36,5 cm.

Kata kunci : SNI 2002, Struktur beton, Bangunan berhimpit, Gempa, Pergeseran balok kolom, Penulangan.

PENDAHULUAN

Suatu struktur bangunan walaupun dirancang berdasarkan analisis tahan gempa bisa mengalami kerusakan bila memikul gaya gempa kuat yang tidak terduga. Kerusakan ini diakibatkan oleh respons selama gempa bumi yang menimbulkan deformasi yang besar di atas batas elastis atau deformasi inelastis, dengan deformasi yang menetap setelah gempa bumi berakhir. Namun pertimbangan seperti itu seolah-olah tidak dipedulikan lagi dengan banyaknya kita temukan pembangunan struktur gedung yang berhimpitan.

Untuk itu dibuat suatu kajian yang berhubungan dengan bangunan berhimpitan, pergeseran balok-kolom akibat beban gempa pada bangunan berhimpitan dengan periode getaran yang berbeda terhadap perancangan struktur beton bertulang.

Berdasarkan uraian di atas, maka masalah yang perlu diteliti adalah: bagaimana perilaku suatu gedung atau struktur akibat beban gempa pada bangunan berhimpitan dengan periode getaran yang berbeda. Bagaimana mendapatkan beban gempa maksimum yang mampu ditahan oleh bangunan berhimpitan sehingga memiliki daya tahan terhadap pengaruh gempa. Tujuan utama penelitian adalah: mendapatkan beban gempa maksimum agar suatu bangunan berhimpitan memiliki daya tahan terhadap pengaruh beban gempa, mengetahui besarnya displacement struktur yang

* Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

dianalisis terhadap beban gempa, mengetahui selisih penulangan antara perencanaan dan pelaksanaan. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mendesain suatu bangunan berhimpitan.

TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu teori yang banyak dianut untuk menjelaskan *shallow earthquake* ialah *Elastic Rebound Theory*. (Lumantarna. 1999). *Elastic rebound theory* ini diusulkan oleh HF. Reid berdasarkan studi terhadap retakan yang terjadi di San Andreas Fault pada waktu terjadi gempa San Francisco pada tahun 1906. Menurut teori tektonik lempeng, kerak bumi terdiri atas beberapa lempeng yang bergerak satu terhadap lainnya. Batas antara dua lempeng dikatakan retakan kerak bumi atau sesaran (*fault*). Menurut teori *elastic rebound* sebab dari gempa adalah adanya pelepasan *elastic strain energy* yang terjadi dengan tiba-tiba. *Elastic strain energy* ini tertumpuk karena adanya gerakan antara lempengan kerak bumi. Bila pada suatu tempat tertentu *fracture strength* dari kerak bumi terlampaui, titik ini akan melepaskan *elastic strain energy* yang merupakan penyebab terlampauinya *fracture strength* dititik-titik lainnya. Dengan demikian akan terjadi pelepasan energi yang besar sekali yang mengakibatkan terjadinya gempa. (Lumantarna. 1999).

Ukuran gempa

Magnitude

Untuk mengukur besarnya gempa ada 2 macam ukuran yaitu besar energi yang dibebaskan pada sumber gempa dan besar percepatan maksimum permukaan tanah. Magnitude adalah suatu besaran yang menggambarkan besarnya strain energi yang dilepaskan waktu terjadinya gempa.

Menurut Richter

$$M = 10 \log A - 10 \log A_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Di dalam persamaan di atas, A adalah amplitudo maksimum dalam mm yang tercatat dengan alat standar pada jarak 100 km dari episentrum. Alat standart yang dimaksud disini adalah suatu *Wood-Anderson seismograph* dengan *natural period* 0,8 detik, *static magnification* 2800 dan *damping ratio* 0,8. A_0 adalah amplitudo dari gempa standar yang besarnya adalah 10^{-3} mm untuk jarak 100 km. Gempa standart ini dinamakan juga *Zero shock*, karena untuk A sama dengan A_0 akan didapat magnitude gempa $M=0$, atau dengan kata lain gempa standar adalah gempa yang mempunyai magnitude nol pada skala richter.

Energi

Ada beberapa perumusan yang menyatakan besarnya energi gempa (*seismic energy*) yang dikeluarkan oleh sumber gempa, yaitu persamaan (2) sampai dengan (5).

$$10 \log E = 10 \log E_0 + aM \quad [\text{Erg}] \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$10 \log E = 11,8 + 1,5M \quad (\text{Rumus Newmark}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$10 \log E = (12,24 \pm 1,35) + (1,44 \pm 0,20)M \quad (\text{Rumus Bath}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$10 \log E = 11,4 + 1,5M \quad (\text{Rumus Guttenberg}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

dengan; E = besar energi dalam erg, M = besar magnitude dalam skala richter

Intensitas

Intensitas adalah ukuran dari daya rusak (*destructiveness*) suatu gempa di suatu tempat tertentu. Dengan demikian suatu gempa hanya memiliki satu magnitude, tetapi memiliki bermacam-macam intensitas yang berbeda dari tempat pengamatan ke tempat pengamatan. Ada beberapa macam skala intensitas yang diusulkan dan telah digunakan, beberapa diantaranya ialah: Modified Mercalli (M.M scale), Mercalli – Cancani – Sieberg (M.C.S scale), Rossi – Forrel, Medvedev – Sponheuer – Karnik (M.S.K scale), Japan Meteorological Agency (JMA scale). Dewasa ini yang banyak dipakai adalah Modified Mercalli (M.M scale).

Kriteria Perencanaan Tahan Gempa

Robinson dalam Muto, 1993, menganalisa rekaman pengamatan gempa bumi kuat dengan bantuan computer, dan menghitung respons percepatan sistem masa tunggal dalam batas-batas elastis untuk berbagai waktu getar. Nilai terbesar terjadi pada 0,2 sampai 0,25 dt dengan kedua sisi dari nilai terbesar tersebut jauh lebih rendah harganya. Pada bagian yang waktu getarnya lebih panjang ternyata bahwa respons ini berbanding terbalik dengan waktu getar. Gedung umumnya memiliki waktu getar yang lebih dari 0,2 dt.

Pada konstruksi plat beton bertulang, lantai dapat dianggap tidak mengalami distorsi karena ketegaran lantai sangat besar. Jadi gaya geser yang ditahan oleh sistem struktur di setiap tingkat biasa dihitung berdasarkan rasio ketegaran dengan memakai prinsip struktur statis tak tentu. (Naito, T dalam Muto, 1993).

Suatu struktur gedung hendaknya mempunyai kemampuan untuk menyimpang paling sedikit 4 kali dari simpangan pada leleh pertama (jadi mempunyai factor daktilitas sebesar 4) tanpa kehilangan kekuatan yang berarti. Dalam hal ini perlu disadari bahwa daktilitas yang dituntut dari unsur-unsur struktur gedung secara sendiri-sendiri nyatanya jauh melampaui daktilitas struktur gedung secara keseluruhan. (Anonim, 1987).

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan. Sementara jarak pemisah antar gedung harus ditentukan paling sedikit sama dengan jumlah simpangan maksimum masing-masing struktur gedung pada taraf itu. Dalam segala hal masing-masing jarak tersebut tidak boleh kurang dari 0,025 kali ketinggian taraf itu diukur dari taraf penjepitan lateral. (Anonim, 2002).

Dua bagian struktur gedung yang tidak direncanakan untuk bekerja sama sebagai satu kesatuan dalam mengatasi pengaruh gempa rencana, harus dipisahkan yang satu terhadap yang lainnya dengan suatu sela pemisah (sela delatasi) yang lebarnya paling sedikit harus sama dengan jumlah simpangan masing-masing bagian struktur gedung pada taraf itu. Dalam segala hal lebar sela pemisah tidak boleh ditetapkan kurang dari 75 mm. (Anonim, 2002).

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Komputer, Software Sap 2000, Printer.

Yang menjadi subjek penelitian yaitu Ruko di Pajang Jalan Pejangik.

Langkah Penelitian

a. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan adalah: As build drawing ruko, data gempa Selat Banyuwangi dari BMG, Data kondisi umum tanah wilayah proyek.

b. Pengolahan dan konversasi data

c. Penggunaan data sebagai input dalam SAP 2000.

d. Pembahasan dan pengambilan kesimpulan

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis

Pada tahap ini dilakukan untuk menentukan pilihan analisis struktur dalam 3D, kemudian baru menyimpan hasil analisis dalam file database dan lain sebagainya.

Analisis Struktur

Analisis struktur yang digunakan yaitu analisis dinamis 3D dengan program SAP 2000.

Adapun kombinasi pembebanan yang dipakai yaitu:

Kombinasi 1: 1,4 (beban mati)

Kombinasi 2: 1,2 (beban mati) + 1,6 (beban hidup)

Kombinasi 3: 1,05 (beban mati + beban hidup reduksi) + 1,05 (spectra SNI)

Kombinasi 4: 1,05 (beban mati + beban hidup reduksi) - 1,05 (spectra SNI)

Kombinasi 5: 1,05 (beban mati + beban hidup reduksi) + 1,05 (spectra)

Kombinasi 6: 1,05 (beban mati + beban hidup reduksi) - 1,05 (spectra)

Kombinasi 7: 0,9 (beban mati) + 0,9 (spectra SNI)

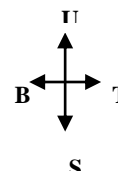
Kombinasi 8: 0,9 (beban mati) - 0,9 (spectra SNI)

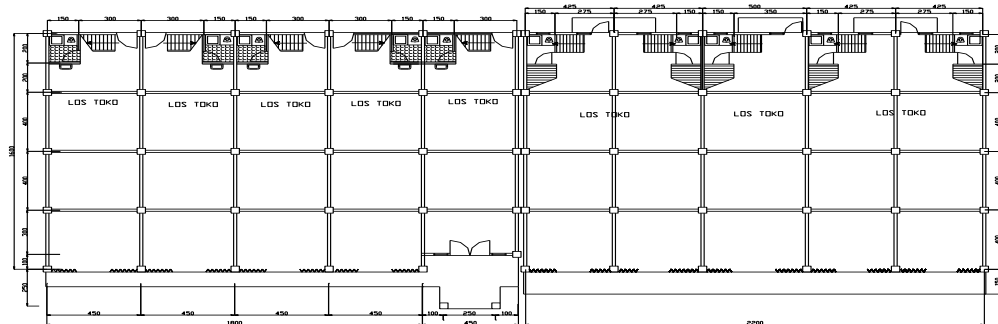
Kombinasi 9: 0,9 (beban mati) + 0,9 (spectra)

Kombinasi 10: 0,9 (beban mati) - 0,9 (spectra) Analisis

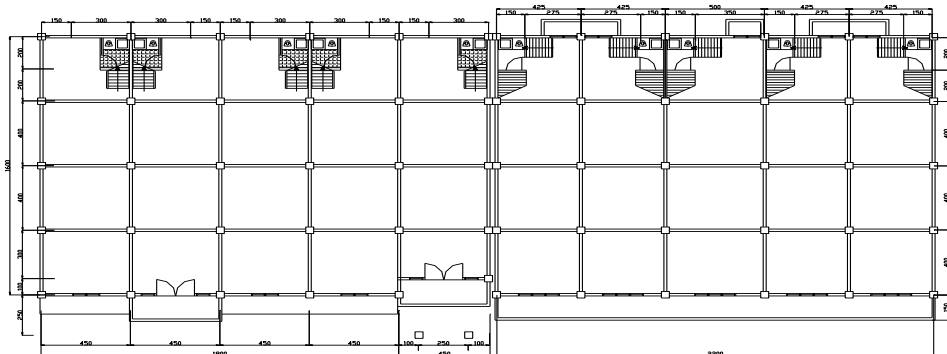
Pada tahap ini dilakukan untuk menentukan pilihan analisis struktur dalam 3D, kemudian baru menyimpan hasil analisis dalam file database dan lain sebagainya.

PEMBEBANAN

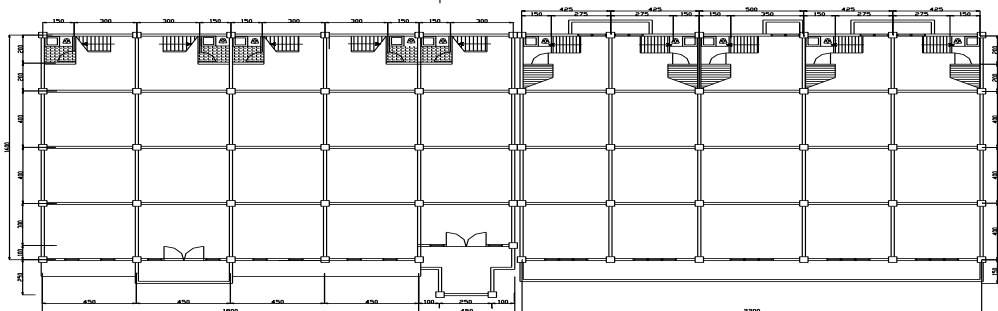




DENAH LANTAI I
SKALA 1:



DENAH LANTAI II
SKALA 1:



DENAH LANTAI III
SKALA 1:

Cara Pembebanan

Portal frame 3D direncanakan dengan beban dinamik, datanya diambil dari *Respons spectrum* yang berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan dari *time history* gempa Selat Banyuwangi.

Pembebanan

Data struktur:

Tebal plat = 12 cm, Berat isi beton = 24 kN/m^3

Menggunakan penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m, plafond dari asbes, dinding dari batu bata dengan setengah batu. Fungsi struktur sebagai ruko.

Pembebanan portal tengah arah memanjang dan memendek

Pembebanan atap

- Beban mati (D) = $3,51 \times 4 = 14,04 \text{ KN/m}$
- Beban hidup (L) = $1,00 \times 4 = 4,00 \text{ KN/m}$

Pembebanan lantai

- Beban mati (D) = $4,01 \times 4 = 16,04$ KN/m
- Beban hidup (L) = $2,50 \times 4 = 10,00$ KN/m

Pembebanan portal pinggir arah memanjang dan memendek

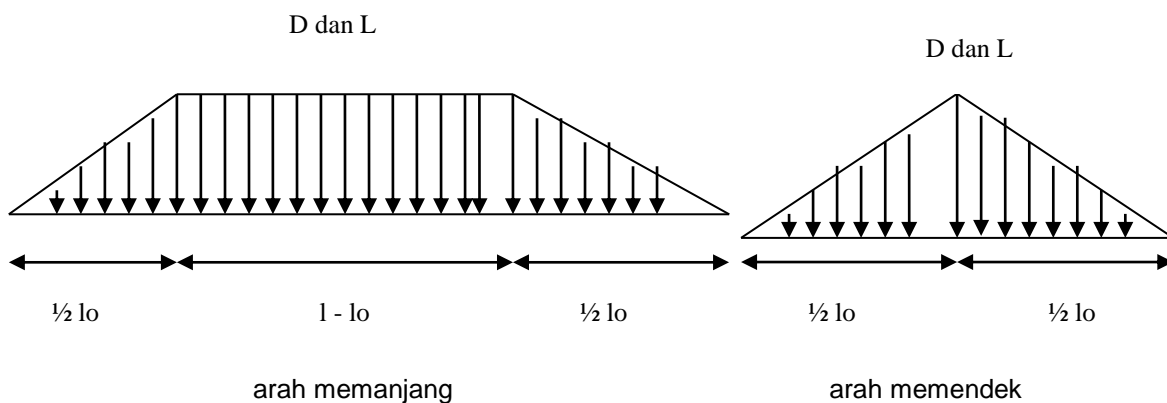
Pembebanan atap

- Beban mati (D) = $3,51 \times 2 = 7,02$ KN/m
- Beban hidup (L) = $1,00 \times 2 = 2,00$ KN/m

Pembebanan lantai

- Beban mati (D) = $4,01 \times 2 = 8,02$ KN/m
- Beban hidup (L) = $2,50 \times 2 = 5,00$ KN/m

Bentuk distribusi beban pada portal dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk distribusi beban pada portal

Keterangan : l_0 = panjang bentang arah memendek atau melintang, l = panjang bentang arah memanjang

BERAT TOTAL BANGUNAN KIRI (BARAT)

$$\text{Massa lantai III (atap)} = \frac{WD}{g} = \frac{2288,865}{9,81} = 233,320 \text{ KNdt}^2/\text{m}$$

$$\text{Momen inersia massa (MMI)} = \frac{M(b^2 + d^2)}{12} = \text{MMI} = \frac{233,320(22,5^2 + 17,5^2)}{12} = 15797,679$$

KNdt²m

$$\text{Massa lantai II} = \frac{WD}{g} = \frac{3433,47}{9,81} = 349,996 \text{ KNdt}^2/\text{m}$$

$$\text{MMI} = \frac{349,996(22,5^2 + 17,5^2)}{12} = 23697,65 \text{ KNdt}^2\text{m}$$

$$\text{Massa lantai I} = \frac{WD}{g} = \frac{3534,846}{9,81} = 360,33 \text{ KNdt}^2/\text{m}$$

$$\text{MMI} = \frac{360,33(22,5^2 + 17,5^2)}{12} = 24397,34 \text{ KNdt}^2\text{m}$$

BERAT TOTAL BANGUNAN KANAN (TIMUR)

$$\text{Massa lantai III (atap)} = \frac{WD}{g} = \frac{2328,15}{9,81} = 237,324 \text{ KNdt}^2/\text{m}$$

$$MMI = \frac{237,324(22^2 + 17,5^2)}{12} = 15628,774 \text{ KNdt}^2\text{m}$$

$$\text{Massa lantai II} = \frac{WD}{g} = \frac{3295,45}{9,81} = 335,93 \text{ KNdt}^2/\text{m}$$

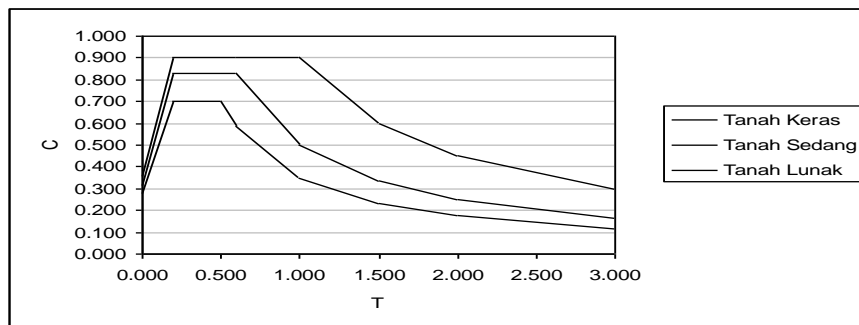
$$MMI = \frac{335,93(22^2 + 17,5^2)}{12} = 22122,39 \text{ KNdt}^2\text{m}$$

$$\text{Massa lantai I} = \frac{WD}{g} = \frac{3379,05}{9,81} = 344,45 \text{ KNdt}^2/\text{m}$$

$$MMI = \frac{344,45(22^2 + 17,5^2)}{12} = 22683,47 \text{ KNdt}^2\text{m}$$

1. Menentukan *respons spectrum* berdasarkan SNI 03-1726-2002

Pada tahap ini dilakukan penentuan fungsi *Response Spectrum* yang akan digunakan untuk analisis dinamik. Datanya diambil dari *Respons spectrum* yang berdasarkan SNI 03-1726-2002. (Sesuai Gambar 4.4)



Gambar 2. Respons Spectrum Gempa Rencana

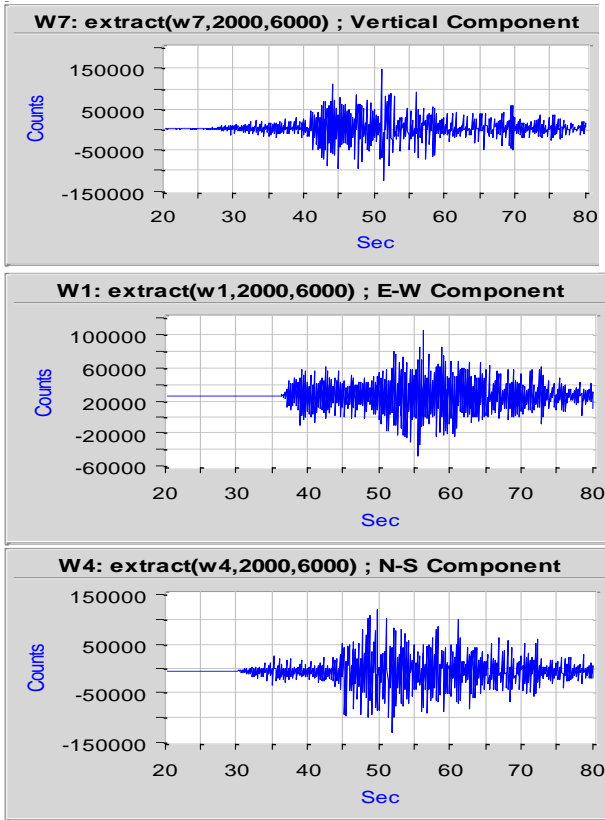
Kemudian menentukan tipe *Respons Spectrum* yang akan digunakan yang meliputi sudut eksitasi, modal kombinasi (CQC, SRSS, ABS dan GMC), rasio redaman (*damping*), input response dan skala percepatan.

2. Menentukan beban dinamik *time history* gempa Selat Banyuwangi

Pada tahap ini dilakukan penentuan fungsi *Time History* yang dalam hal ini dipakai *Time History* gempa Selat Banyuwangi.

3. *Respons spectrum* bangunan

Setelah analisis dengan *Time History* maka dapat diplot data *response Spectrum* bangunan. Data respon spektrum tersebut dapat disimpan pada file, kemudian di-edit sehingga dapat dibaca oleh program SAP 2000.



Gempa tanggal 16 April 2004

Arrival time : 18 : 32 : 26.09 GMT

PGA : 34.6 gals

Tercatat pada seismograph SPS-1
di Stasiun Geofisika Denpasar :

ePc	:	18	32	35.0	GMT
eS	:			-	
Amax	:			-	
F	:		40	10.0	
A	:		Osc		
D	:		455.0	Sec	
Δ	:		-		
ML	:	5	SR		

Sumber Gempa :

Waktu : 02 32 24.2 WITA

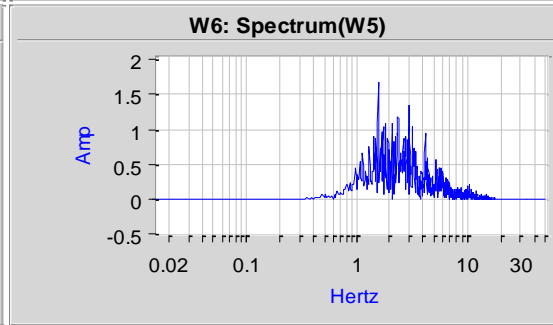
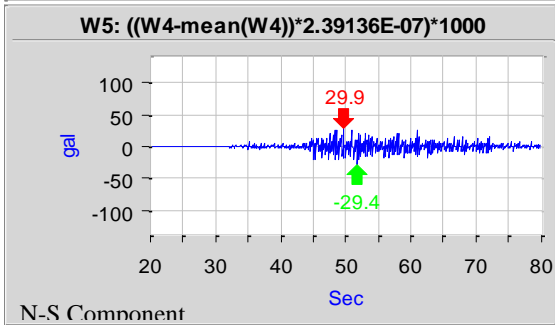
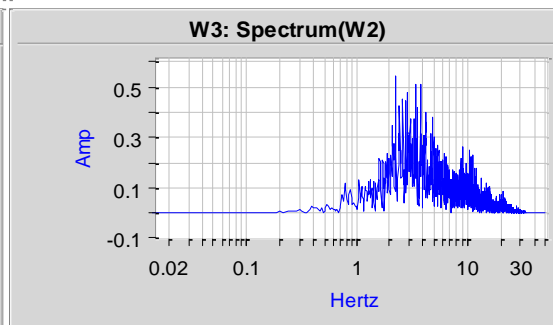
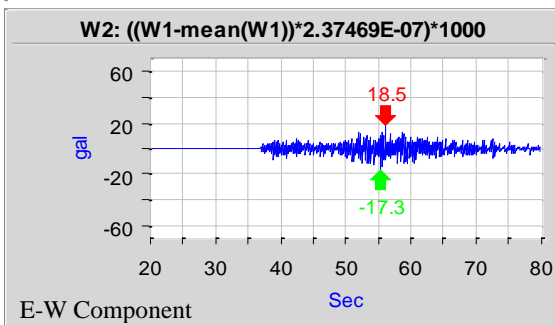
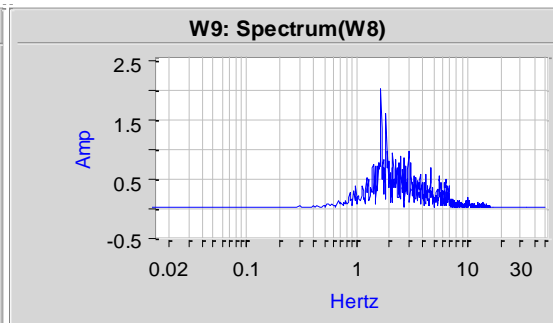
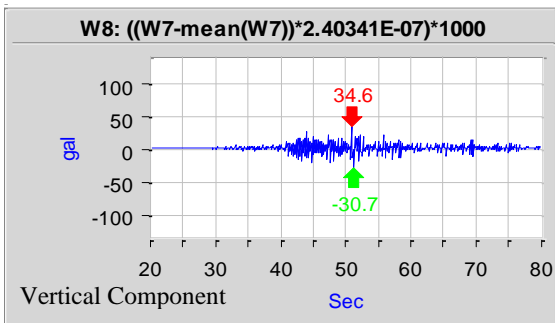
Episenter : 8.92 LS - 114.52 BT

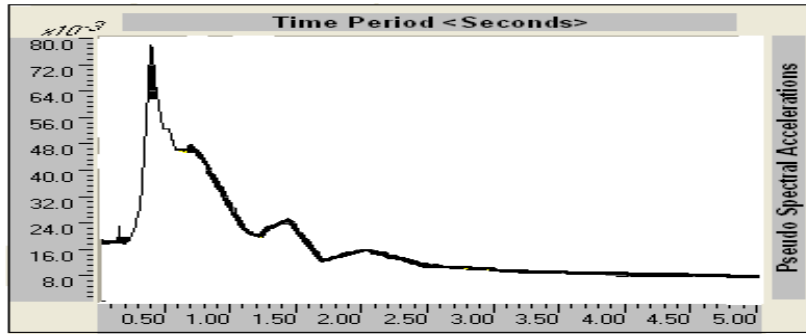
Magnitude : 5.0 SR

Kedalaman 79 km

Pusat gempa ± 69 km Selatan Banyuwangi

Dirasakan di Denpasar III-IV MMI

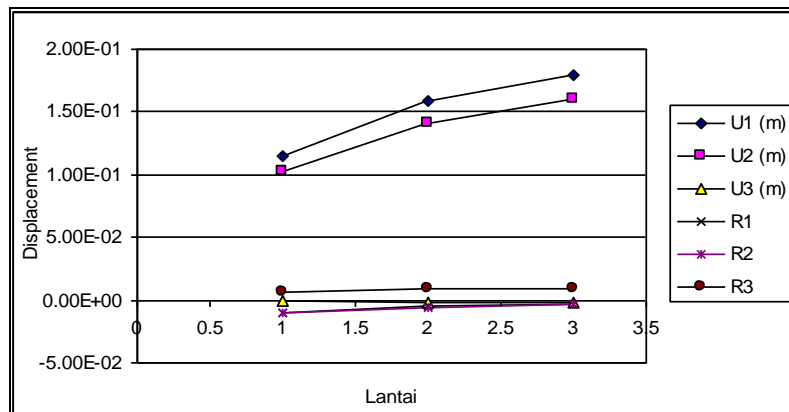




Gambar 3. Respons Spectrum Bangunan

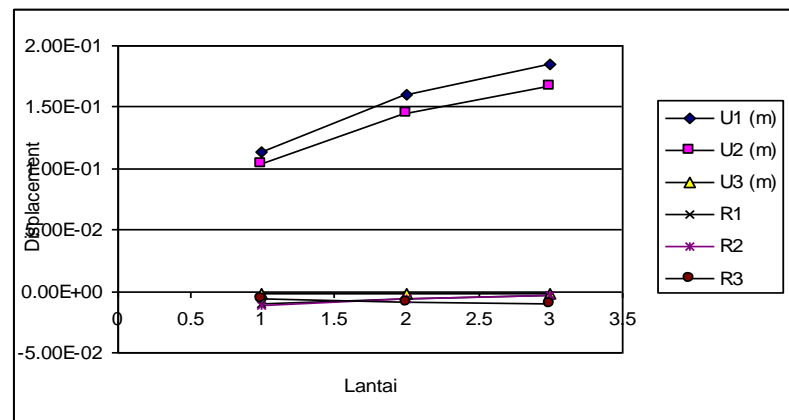
Akibat Respon Spektrum Berdasarkan SNI 2002

Gedung Timur



Gambar 4. Hubungan antara Displacement dan Lantai

Gedung Barat



Gambar 5. Hubungan antara Displacement dan Lantai

Periode (Waktu getar)

Waktu getar (periode) secara sederhana dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh suatu bangunan untuk melakukan satu siklus getaran. Waktu getar (*natural period*) dari bangunan adalah suatu parameter yang sangat penting, besar atau kecilnya suatu perubahan

pembebanan harus dibandingkan dengan waktu getar untuk menentukan apakah suatu pembebanan bersifat dinamis atau statis.

Tabel 1. Periode Getaran Untuk Masing-masing Mode

Mode	Gedung Barat	Gedung Timur	Selisih Periode (dt)	% Priod G. Timur thd G. Barat
	Periode (dt)	Periode (dt)		
1	1.420188	1.367594	0.052594	96.29668748
2	1.196428	1.173139	0.023289	98.05345579
3	0.900744	0.902713	0.001969	100.2185971
4	0.397274	0.381108	0.016166	95.93076819
5	0.333905	0.32653	0.007375	97.79128794
6	0.253456	0.252416	0.00104	99.58967237
7	0.209576	0.20361	0.005966	97.1533
8	0.207717	0.173046	0.034671	83.30853998
9	0.186564	0.134042	0.052522	71.84773054
10	0.173231		0.173231	
11	0.172608		0.172608	
12	0.13678		0.13678	
13	0.130945		0.130945	
14	0.127208		0.127208	
15	0.118001		0.118001	
16	0.109385		0.109385	

Pembahasan

Pada kasus struktur seperti yang dianalisis dimana kedua bangunan berlantai tiga yang berhimpitan, memiliki kekakuan kolom yang sama namun memiliki kekakuan tingkat yang berbeda, balok dan lantai dianggap kaku sempurna, serta berdiri di atas tanah keras dengan kondisi gempa berada di wilayah 5.

Pada gedung barat yang mana tinggi lantai satu 4,2 m dari sloof memiliki displacement akibat respon spectrum SNI 2002 sebesar 0,1141 m, lantai dua dengan tinggi 4 m sebesar 0,1606 m, lantai tiga dengan tinggi 4 m sebesar 0,1849 m, sedangkan akibat gempa Selat Banyuwangi dimana displacement lantai satu sebesar 9,53 mm, lantai dua sebesar 13,5 mm, lantai tiga sebesar 15,7 mm. Bandingkan dengan gedung timur dengan tinggi lantai yang sama dimana akibat respon spectrum SNI 2002 lantai satu sebesar 0,1151 m, lantai dua sebesar 0,1582 m, lantai tiga sebesar 0,1801 m, sedangkan akibat gempa Selat Banyuwangi displacement lantai satu sebesar 9,99 mm, lantai dua sebesar 13,7 mm, lantai tiga sebesar 15,6 mm. Dari kasus ini terlihat jelas bahwa dengan tinggi dan kekakuan kolom yang sama tetapi memiliki displacement yang berbeda. Hal ini diakibatkan karena pertama perbedaan kekakuan tingkat yang ditunjukkan dengan perbedaan jumlah kolom, kedua akibat perbedaan kekakuan balok.

Dari analisis struktur akibat beban gempa Selat Banyuwangi juga terlihat hubungan yang linear dimana apabila gempa dinaikkan dengan teratur juga diikuti dengan penambahan displacement yang teratur. Untuk tiap kenaikan 25% dari gempa Selat Banyuwangi struktur mengalami penambahan displacement untuk gedung timur lantai satu sebesar 2,523 mm, lantai dua sebesar 3,5 mm, lantai tiga sebesar 3,9 mm, sedangkan untuk gedung barat lantai satu sebesar 2,392 mm, lantai dua sebesar 3,3 mm, lantai tiga sebesar 3,8 mm.

Data gempa respon spectrum berdasarkan SNI 2002 ternyata masih sangat aman untuk perancangan struktur jika dibandingkan dengan gempa yang besarnya seperti gempa Selat Banyuwangi dimana hal ini terbukti dengan besarnya displacement akibat gempa Selat Banyuwangi dengan kenaikan 75% mengakibatkan displacement untuk gedung timur lantai satu sebesar 17,5 mm, lantai dua sebesar 24 mm, lantai tiga sebesar 27,3 mm, sedangkan untuk gedung barat lantai satu sebesar 16,7 mm, lantai dua sebesar 23,5 mm, lantai tiga sebesar 27,2 mm. Sementara itu jika dibandingkan dengan akibat gempa berdasarkan respon spectrum SNI 2002 displacement untuk gedung timur lantai satu sebesar 115,1 mm, lantai dua sebesar 158,2 mm, lantai tiga sebesar 180,1 mm, sedangkan untuk gedung barat lantai satu sebesar 114,1 mm, lantai dua sebesar 160,6 mm, lantai tiga sebesar 184,9 mm.

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 bahwa dalam segala hal lebar sela pemisah tidak boleh ditetapkan kurang dari 75 mm dan ini berarti pula bahwa pada kasus struktur berhimpitan yang dianalisis ini tahan terhadap pengaruh gempa sebesar gempa Selat Banyuwangi yang ditunjukkan dengan besarnya jumlah displacement untuk kedua gedung pada lantai tiga sebesar 31,3 mm. apabila gempa Selat Banyuwangi dinaikkan 75% ternyata displacement yang ditimbulkan juga masih lebih kecil dari 75 mm yaitu sebesar 54,5 mm, ini berarti bahwa batas minimum jarak bangunan tersebut tercapai pada gempa Selat Banyuwangi jika gempa tersebut dinaikkan 141%.

Bangunan berhimpitan seperti pada kasus ini tentu saja tidak aman terhadap data gempa respon spectrum berdasarkan SNI 2002 yang ditunjukkan dengan besarnya jumlah displacement kedua struktur sangat besar yaitu sebesar 36,5 cm. Besarnya displacement akibat data gempa respon spectrum berdasarkan SNI 2002 ini akan sebanding dengan jika gempa Selat Banyuwangi dinaikkan sebesar 1070%.

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa kedua struktur tiap modenya memiliki waktu getar yang berbeda. Hal ini tentu saja akan memungkinkan terjadinya tubrukan antar struktur. Mode yang pertama untuk gedung barat memiliki waktu getaran 1.420188 dt sedangkan untuk gedung timur memiliki waktu getaran 1.367594 dt, ini berarti bahwa gedung timur akan bergetar selama 96,30% dari waktu yang dibutuhkan untuk bergetar oleh gedung barat. Sedangkan rata-rata waktu getar untuk gedung timur mencapai 93,35% dari waktu getar untuk gedung barat sehingga ini tentu saja akan menjadi pertimbangan yang sangat penting terutama dalam perencanaan struktur karena apabila struktur telah mencapai batas ultimit sementara getaran masih terjadi maka ini tentu saja akan mengakibatkan terjadinya keruntuhan struktur dan ini merupakan hal yang harus dihindari dalam perancangan struktur.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil analisis untuk struktur yang ditinjau dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Jika suatu strktur dirancang dengan menggunakan data gempa respon spektrum berdasarkan SNI 2002 tentu saja struktur ini akan sangat aman jika mendapat gempa sebesar gempa selat Banyuwangi, tetapi tentu saja bangunan tersebut tidak berhimpitan seperti pada kasus bangunan

yang dianalisis karena besarnya jumlah displacement kedua struktur pada lantai tiga mencapai 36,5 cm.

2. Besarnya perubahan displacement/perpindahan akibat beban gempa Selat Banyuwangi mempunyai hubungan yang teratur jika dilakukan peningkatan beban gempa tersebut secara beraturan dimana tiap kenaikan 25% dari gempa selat Banyuwangi struktur mengalami penambahan displacement untuk gedung timur lantai satu sebesar 2,523 mm, lantai dua sebesar 3,5 mm, lantai tiga sebesar 3,9 mm, sedangkan untuk gedung barat lantai satu sebesar 2,392 mm, lantai dua sebesar 3,3 mm, lantai tiga sebesar 3,8 mm.
3. Luas penulangan hasil perancangan yang dibutuhkan lebih besar dari pelaksanaan di lapangan, serta dimensi balok dan kolomnya juga berbeda. Dimana pada pelaksanaan luas rata-rata tulangan yang dipakai untuk balok berkisar 42% s/d 45% dari hasil perencanaan yaitu untuk lantai satu 4909 mm², lantai dua 2945 mm², lantai tiga 1257 mm², sedangkan untuk kolom lantai dasar dan lantai satu luas rata-rata tulangan yang dipakai mencapai 43% s/d 58% dari hasil perencanaan yaitu untuk lantai gedung barat lantai dasar 12395 mm², lantai satu 4926 mm², lantai dua 3041 mm², untuk gedung timur lantai dasar 10069 mm², lantai satu 3041 mm², lantai dua 3041 mm². Sementara itu untuk perencanaan pondasi terdapat berbagai perbedaan dengan pelaksanaan di lapangan yang diantaranya yaitu perbedaan dimensi tulangan dan pada perencanaan digunakan pondasi tiang pancang. Sedangkan untuk plat antara pelaksanaan dan perencanaan juga menunjukkan perbedaan dalam dimensi tulangan yang digunakan. Perbedaan ini diakibatkan karena pada perencanaan menggunakan analisis dinamik sedangkan di lapangan menggunakan analisis statis ekuivalen.

Saran

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa sebaiknya menggunakan data gempa lebih dari tiga selain data gempa respon spectrum berdasarkan SNI 2002 sebagai data acuan. Dalam perencanaan bangunan berhimpitan sebaiknya dilakukan perlakuan khusus pada daerah dilatasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998, *SAP 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures-TUTORIAL MANUAL*, Computer and Structures, Inc., Berkeley, California, USA.
- Anonim, 1997, *SAP 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures- QUICK TUTORIALS*, Computer and Structures, Inc., Berkeley, California, USA.
- Anonim, 1987, *Perhitungan Perencanaan Beton Bertulang dan Struktur Dinding Bertulang Untuk Rumah Dan Gedung*, Yayasan badan penerbit PU, Jakarta.
- Anonim, 1987, *Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan badan penerbit PU, Jakarta.
- Anonim, 2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 03-1726-2002*, BSN, Bandung.
- Dewobroto, W., 2004, *Aplikasi Rekayasa Konstruksi Dengan SAP 2000*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Hidayat, 1999, *Dinamika Struktur*, Yogyakarta.
- Lumantarna, B., 1999, *Pengantar Analisis Dinamis dan Gempa*, Andi, Yogyakarta.
- Muto, alih bahasa Wira., 1993, *Analisis Perancangan Gedung Tahan Gempa*, Erlangga, Jakarta.