ISSN 1858-0092

Elevasi

Jurnal Rekayasa Teknologi

Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Jember

Usulan Perkiraan Daya Dukung Pondasi Dangkal (Swallow Foundantion) Di Atas Tanah Lempung Lunak yang Diperkuat Geotektile

Kategorisasi Teks Berbasis Support Vector Machine dan Artificial Bee Colony

Pengaruh Turbo Cyclone 6 Sirip Tanpa Lubang Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Tak 100 CC

Pengukuran dan Pengendalian Suhu Pada Fermentasi Alkohol Dari Bahan Limbah Industri Gula

Pengaruh Proses Pembakaran Dengan Penggunaan Teknik Magnetisasi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Peningkatan Efisiensi Bahan Bakar

Aplikasi Modul Wireless KYL-1020U 433 MHz Sebagai Transmisi Data Pemantau Volume Cairan Infus Pada Pasien Di Rumah Sakit

Efektivitas Kekakuan Struktur Bangunan Gedung Terhadap Gempa

Kajian Kecelakaan Pada Jalan Nasional (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Jember-Tanggul)

Klasifikasi Penyakit Diabetes dengan Hidden Naïve Bayes

Pengaruh Jarak Jangkauan Terhadap Daya Yang Hilang Transmisi Radio FM Eksperimen Universitas Muhammadiyah Jember

Model Penanganan Genangan Air Dan Banjir Perkotaan Dengan Penataan Sistem Drainase

Jurnal Teknologi | Volume : 04 | Nomor : 17 | Halaman : 1 -93 | Juni 2013 | ISSN 1858-0092

Diterbitkan oleh :

Biro Afiliasi Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jember

ISSN 1858-0092

Elevasi

Jurnal ***Rekayasa Teknologi***

Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Jember

Usulan Perkiraan Daya Dukung Pondasi Dangkal (Swallow Foundantion) Di Atas Tanah Lempung Lunak yang Diperkuat Geotektile

Kategorisasi Teks Berbasis Support Vector Machine dan Artificial Bee Colony

Pengaruh Turbo Cyclone 6 Sirip Tanpa Lubang Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Tak 100 CC

Pengukuran dan Pengendalian Suhu Pada Fermentasi Alkohol Dari Bahan Limbah Industri Gula

Pengaruh Proses Pembakaran Dengan Penggunaan Teknik Magnetisasi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Peningkatan Efisiensi Bahan Bakar

Aplikasi Modul Wireless KYL-1020U 433 MHz Sebagai Transmisi Data Pemantau Volume Cairan Infus Pada Pasien Di Rumah Sakit

Efektivitas Kekakuan Struktur Bangunan Gedung Terhadap Gempa

Kajian Kecelakaan Pada Jalan Nasional (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Jember-Tanggul)

Klasifikasi Penyakit Diabetes dengan Hidden Naïve Bayes

Pengaruh Jarak Jangkauan Terhadap Daya Yang Hilang Transmisi Radio FM Eksperimen Universitas Muhammadiyah Jember

Model Penanganan Genangan Air Dan Banjir Perkotaan Dengan Penataan Sistem Drainase

Jurnal Teknologi	Volume : 04	Nomor : 17	Halaman :. 1 -93	Juni 2013	ISSN 1858-0092

Diterbitkan oleh :

Biro Afiliasi Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jember

DEWAN REDAKSI

Pimpinan Umum/Penanggung Jawab :
Ir. Kuswardani, MT.

Pimpinan Redaksi :
Ir. Totok Dwi Kuryanto, MT.

Sekretaris :
Sofia Ariyani, SSi. MT.
Ir. Taufan Abadi, MT.

Dewan Redaksi :
Dr. Ir. Noor Salim, M. Eng.
Dr. Liliya Dewi Susanawati, ST. MT.
Taufik Timur Warisaji, S.Kom., M.Kom.
Sumardi, ST., MT. (Universitas Jember)
Nely Ana Mufaridah, ST. MT.
Ir. Herry Setyawan, MT.
Ir. Pujo Priyono, MT.
Ir. Rusgianto, MM.

Redaksi Pelaksana :
Muhtar, ST. MT.
Agung Nilogiri, ST., M.Kom.
Bagus Setya Ryntiarna, ST., M.Kom.

Desain Sampul :
Ari Eko Wardoyo, ST., M.Kom.

Iklan :
Aan Auliq, ST., MT.

Sirkulasi :
Abdul Haris, ST.

Alamat Redaksi :
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49 Jember 68121
Telp. 0331-336728 psw. 232
Fax. : 0331-337957
e-mail : Fatekumj@telkom.net

DAFTAR ISI

Volume 4 Nomor 17 Bulan Juni 2013

- Usulan Perkiraan Daya Dukung Pondasi Dangkal (Swallow Foundantion) Di Atas Tanah Lempung Lunak yang Diperkuat Geotektile *Oleh Arief Alihudien (1-5)*
- Kategorisasi Teks Berbasis Support Vector Machine dan Artificial Bee Colony Oleh M. Aan Auliq (6-9)
- Pengaruh Turbo Cyclone 6 Sirip Tanpa Lubang Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Tak 100 CC Oleh Kosjoko (10-15)
- Pengukuran dan Pengendalian Suhu Pada Fermentasi Alkohol Dari Bahan Limbah Industri Gula Oleh Misto (16-23)
- Pengaruh Proses Pembakaran Dengan Penggunaan Teknik Magnetisasi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Peningkatan Efisiensi Bahan Bakar oleh Nely Ana Mufaridah (24-29)
- Aplikasi Modul Wireless KYL-1020U 433 MHz Sebagai Transmisi Data Pemantau Volume Cairan Infus Pada Pasien Di Rumah Sakit Oleh Sofia Ariyani, Hidayat (30-40)
- Efektivitas Kekakuan Struktur Bangunan Gedung Terhadap Gempa Oleh Muhtar (41-49)
- Kajian Kecelakaan Pada Jalan Nasional (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Jember-Tanggul) Oleh Noor Salim (50-57)
- Klasifikasi Penyakit Diabetes dengan Hidden Naïve Bayes Oleh Bagus Setya Rintyarna (58-63)
- Pengaruh Jarak Jangkauan Terhadap Daya Yang Hilang Transmisi Radio FM Eksperimen Universitas Muhammadiyah Jember Oleh Rusgianto (64-70)
- Model Penanganan Genangan Air Dan Banjir Perkotaan Dengan Penataan Sistem Drainase Oleh Totok Dwi Kuryanto (71-93)

EFEKTIVITAS KEKAKUAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TERHADAP GEMPA

Muhtar *)

ABSTRACT

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan tingkat resiko terhadap gempa bumi yang cukup tinggi, karena berada pada 4 pertemuan lempeng tektonik. Dengan semakin majunya sosial-ekonomi Indonesia dewasa ini, semakin banyak pula bangunan-bangunan yang berdiri atau dibangun dengan selera artistik yang semakin tinggi tanpa memperhatikan kaidah-kaidah struktur bangunan tahan gempa. Bangunan tahan gempa seyogyanya dikonsep dengan tiga criteria; (1) Force Reduction Factor (R). (2) Capacity Design. (3) Hirarki Kerusakan Struktur. Efektivitas kekakuan struktur merupakan hal penting karena menyangkut permasalahan penyerapan energy gempa, perubahan dimensi kolom atau balok dalam satu arah portal harus diperhatikan banyak hal karena akan berakibat tidak meratanya penyerapan energy gempa oleh gedung dan akan terjadi konsentrasi tegangan pada lokasi tertentu. Kerusakan gedung akibat gempa sebenarnya karena tidak adanya sistem penyerapan energi terencana dan seragam secara baik pd proses desain. Pada penelitian ini dicoba tiga type portal lantai 4 dengan beban gempa sama dan dengan dimensi dibuat seragam dan tidak seragam, lalu portal dianalisis sampai dengan 4 mode. Dari hasil analisis didapat simpangan (Δ) dan Daktilitasnya (μ). Dari tiga type portal yang dianalisis didapat portal type 2 cukup efektif dalam menerima gaya gempa meskipun ada perubahan dimensi pada kolom lantai 3 dan 4, hal ini terbukti dengan simpangan Δ_{max}=0,0904 dan daktilitas μ = 5,446.

Keywords : *Gempa, Simpangan, Daktilitas, Efektivitas.*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dengan tingkat resiko terhadap gempa bumi yang cukup tinggi, hal ini disebabkan karena wilayah kepulauan Indonesia berada di antara 4 (empat) sistem tektonik yang aktif. Yaitu tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik. Di samping itu Indonesia adalah negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang di dunia sehingga selain rawan terhadap gempa juga rawan terhadap tsunami.

Dengan semakin majunya sosial-ekonomi Indonesia dewasa ini, semakin banyak pula bangunan-bangunan yang berdiri atau dibangun dengan selera artistik yang semakin tinggi pula cita rasanya. Sehingga dapat kita saksikan banyak sekali gedung-gedung bertingkat tinggi yang menjulang dengan seni arsitektural mencengangkan. Kadang bentuknya aneh, monumental atau unik.

Dari segi estetika-arsitektur bangunan semacam ini memiliki daya tarik yang luar biasa, namun bila ditinjau dari segi ketahanan gempa bentuk-bentuk struktur yang aneh ini sangat rentan dan beresiko tinggi. Kalau pun ingin mempertahankan bentuk semacam ini, sudah tentu konstruksinya harus jauh lebih kuat dan menjadi lebih mahal.

Seyogyanya, menurut kaidah-kaidah ketahanan gempa, suatu struktur bangunan haruslah berbentuk sebuah bangunan yang teratur. Yakni berbentuk persegi empat, tidak banyak tonjolan, simetris dalam dua arah sumbu utama, secara vertical bentuk struktur haruslah menerus secara kontinu, dan berbagai batasan yang tertuang di dalam peraturan bangunan tahan gempa untuk gedung di Indonesia (SNI-1726).

Pada dasarnya, proses pembangunan gedung bertingkat tinggi mulai dari tahap desain sampai tahap pelaksanaan memerlukan waktu dan perencanaan yang matang. Termasuk didalamnya perhitungan struktur yang sangat rumit, juga banyaknya aturan ketat mulai dari perhitungan kekuatan dukungan pondasi, perhitungan ukuran dan komposisi struktur balok kolom, ketahanan bangunan terhadap beban statis, beban dinamis dan perkiraan beban gempa yang mungkin akan dihadapi bangunan tersebut dan kekakuan struktur yang efektif dalam menyerap energy gempa.

Dimasa lalu, para ahli bangunan merancang bangunan tahan gempa dengan merencanakan struktur utama (balok-kolom) sedemikian kaku dan kuat, agar tidak goyang saat terjadi gempa. Hal ini diimplementasikan dengan mendesain struktur kolom dan balok

dengan dimensi yang besar dengan tulangan baja yang rapat, yang tentunya akan membutuhkan biaya yang jauh lebih besar dan mahal. Mengingat kemungkinan besarnya gaya inersia gempa yang bekerja di titik pusat massa bangunan, maka para ahli konstruksi berpendapat bahwa tidaklah ekonomis untuk merencanakan struktur-struktur umum sedemikian kuat dan kaku, sehingga tetap berperilaku elastis saat dilanda gempa yang kuat.

Pemerintah Indonesia dalam "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SKSNI 03-1726-2002″ menetapkan suatu taraf beban gempa rencana yang menjamin suatu struktur agar tidak rusak karena gempa-gempa kecil atau sedang, tetapi saat dilanda gempa kuat yang jarang terjadi struktur tersebut mampu berperilaku daktail dengan mendistribusikan energi gempa dan sekaligus membatasi beban gempa yang masuk ke dalam struktur.

Saat terjadi gempa kuat struktur yang direncanakan berperilaku elastis harus dapat memikul beban gempa tersebut, hal ini diperoleh dengan merencanakan pembentukan sendi-sendi plastis pada pertemuan balok dan kolom. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi yang mampu memencarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur harus dikendalikan sedemikian rupa agar struktur berperilaku memuaskan dan tidak sampai runtuh saat terjadi gempa kuat.

Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan terlebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan seperti ini dikenal sebagai Konsep Desain Kapasitas. Dengan konsep desain kapasitas, untuk menghadapi gempa kuat yang mungkin terjadi dalam periode waktu tertentu (misalnya 200 tahun), maka mekanisme keruntuhan suatu portal rangka terbuka beton bertulang dipilih sedemikian rupa sehingga pendistribusian energi gempa terjadi secara memuaskan.

Pada prinsipnya, dengan Konsep Desain Kapasitas elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilh dengan merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dari balok-balok portal (strong column-weak beam) sehingga bangunan mampu mendistribusikan energi gempa dengan deformasi inelastis yang cukup besar tanpa runtuh, sehingga mekanisme bangunan yang telah dipilih dapat dipertahankan saat gempa kuat. Desain bangunan tahan gempa merupakan perencanaan bangunan dengan menambahkan rencana beban gempa pada perhitungan beban yang akan diterima struktur selain beban normal, beban vertikal dan beban angin.

Beban gempa pada dasarnya bersifat dinamis dengan Amplitudo yang tidak seragam, penyederhanaan beban gempa dinamis tersebut adalah dengan mencatat riwayat gempa yang pernah terjadi di suatu daerah tempat lokasi bangunan akan dibangun dan menyederhanakannya menjadi beban gempa statis (static equivalent) yang akan diterima di tiap-tiap joint pertemuan kolom dan balok, yang akan menyebabkan terjadinya simpangan (Δ) dan momen. Kemudian struktur yang direncanakan harus mampu menahan beban-beban yang bekerja tersebut sebagai pemodelan beban gempa.

Filosofi Bangunan Gedung Tahan Gempa

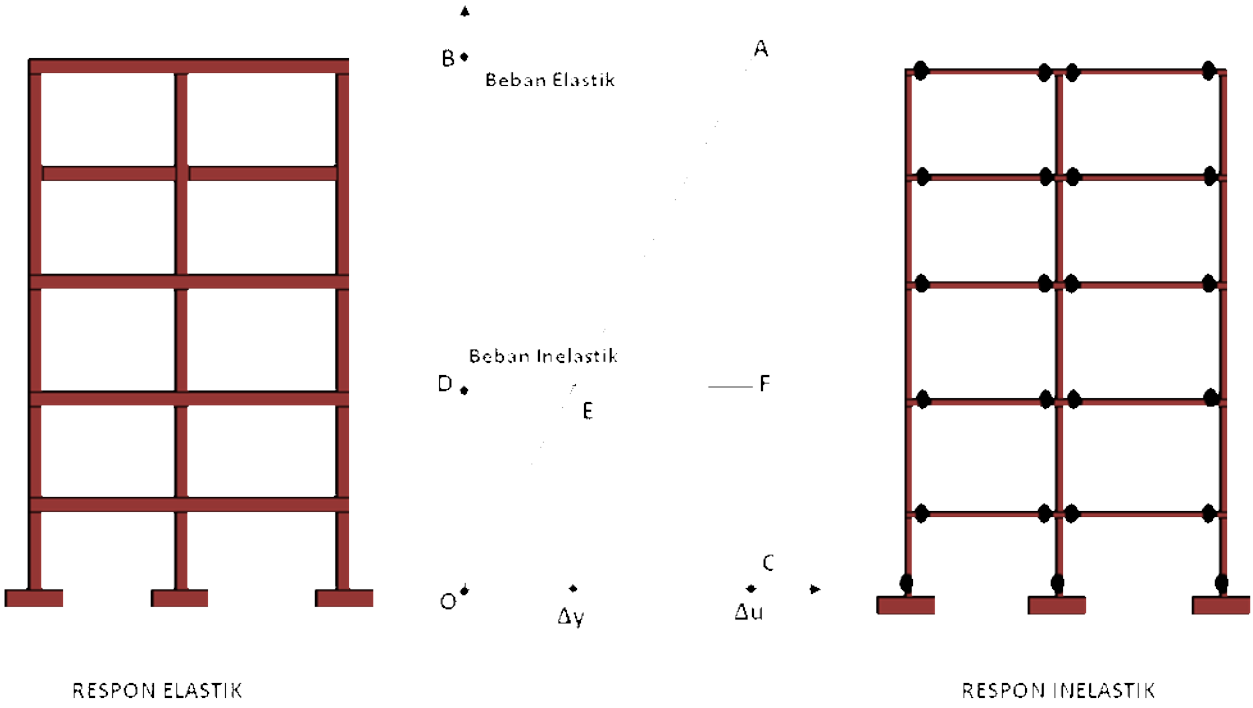
- Bagaimana dampak dari gempa ?
- Apa kita harus bangun/desain struktur bangunan yang mampu manahan gempa kuat ?
- Apakah bangunan harus sangat kuat dan tidak sama sekali rusak kalau ada gempa kuat ?
- Kalau kita lihat dua pertanyaan diatas bangunan sangat kuat, sangat aman, tapi pembiayaannya sangat mahal (kondisi elastis)
- Kebutuhan kita adalah bangunan yang relatif kuat terhadap bahaya gempa tapi pembiayaanya tidak mahal

Desain Struktur Gedung Tahan Gempa

- Jika ada gempa kecil dan sering terjadi, maka struktur bangunan utama harus tidak rusak & berfungsi dengan baik, kerusakan kecil boleh terjadi pada elemen non struktural.
- Jika terjadi gempa menengah yang relatif jarang terjadi, struktur utama bangunan boleh rusak/retak tapi masih dapat/ekonomis untuk diperbaiki, elemen non-struktural boleh rusak tapi masih dapat diganti dengan yang baru.
- Jika terjadi gempa kuat yang jarang terjadi, maka struktur bagunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total, dan penghuni terselamatkan.

Konsep Desain Bangunan Gedung Tahan Gempa

a. FORCE REDUCTION FACTOR (R)



SIMPANGAN ELASTIK DAN INELASTIK (Hoedayanto, 1989)

b. DESAIN KAPASITAS (Capacity Design)

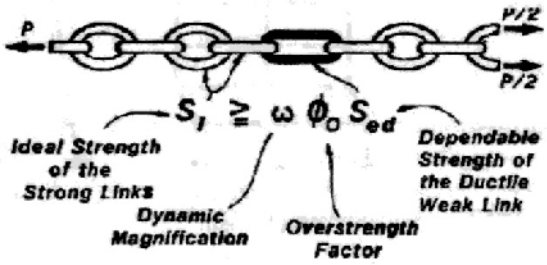
"Jika terjadi gempa kuat, maka struktur bagunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total"

Beberapa hal penyebab runtuhnya bangunan disebabkan beberapa hal (Paulay, 1988 dan P. Widodo, 2012) antara lain :

1) Tidak jelasnya konsep bangunan tahan gempa yang dipakai.
2) Begitu jeleknya desain dan detail penulangan elemen kolom dan balok (paulay). Arti dari kedua penyebab ini adalah tidak ada atau tidak jelasnya hirarki kerusakan sejak awal direncanakan.
3) Tidak adanya sistem penyerapan energi terencana dan seragam secara baik pd proses desain. Hal ini sangat berbahaya karena bangunan didesain beban yang lebih kecil dari beban elastik, maka elemen struktur segera leleh setelah level beban terlampaui.

Penyebab terjadinya point 3 adalah tidak diterapkannya hirarki kerusakan, posisi sendi-sendi plastis dan tidak jelasnya detailing pada join.

Filosofi / Prinsip CAPACITY DESIGN oleh Paulay (1988) antara lain :



Gambar 1 Filisofi Capacity Design (Paulay, 1988)

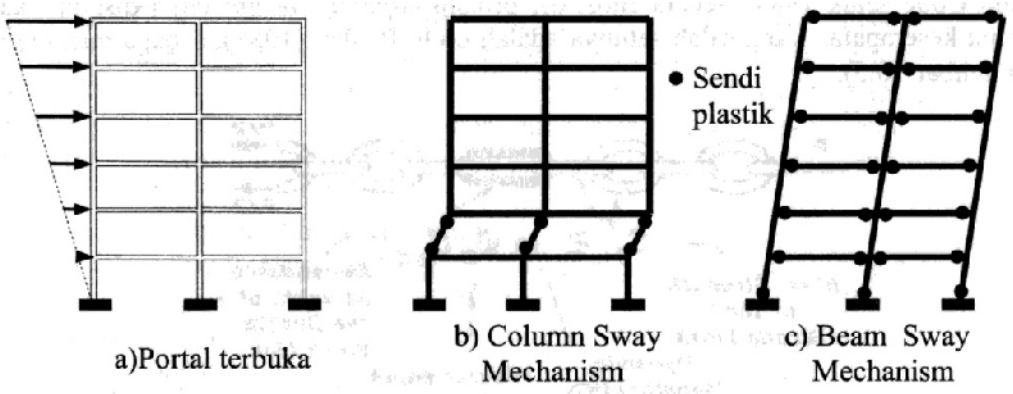
1) Salah satu elemen (balok) sengaja dibuat sebagai elemen lemah (weak-link).
2) Elemen selain balok sengaja menjadi elemen yang lebih kuat (kolom, joint, pondasi) dari kekuatan maksimum balok.
3) Elemen lemah (Balok) diharapkan leleh terlebih dahulu, sehingga tercipta hirarki keruntuhan desain kapasitas sesuai filosofi bangunan tahan gempa .
4) Ciri-ciri desain kapasitas (Paulay & Priestley, 1992) : tempat sendi palstis sudah ditentukan, Deformasi inelastik tidak dikehendaki adalah deformasi inelastik akibat geser pada balok maupun join, tempat-tempat sendi plastik tidak boleh britle/getas .

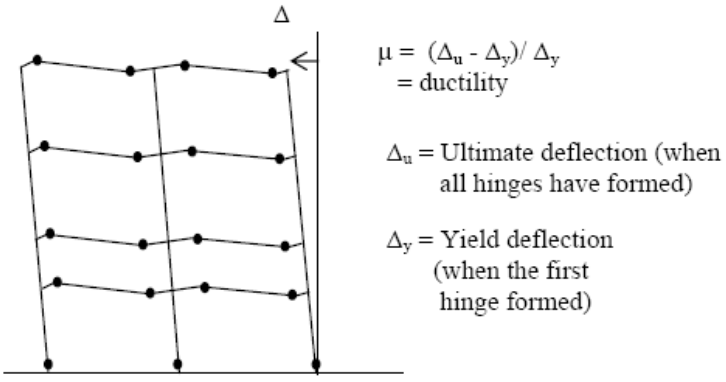
c. HIRARKI KERUSAKAN STRUKTUR

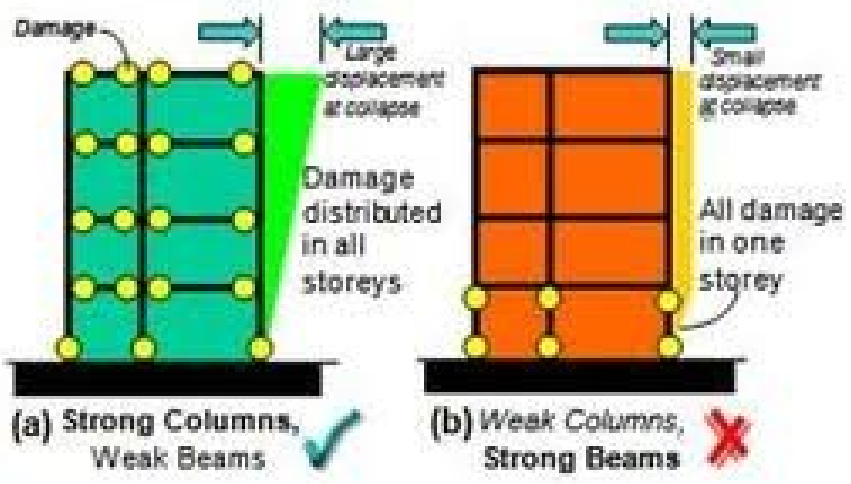
Jika pada desain kapsitas elemen struktur ada yang dilemahkan dan ada yang sengaja di kuatkan, bagaimana hubungan dengan Konsep Hirarki Kerusakan ?.

Komponen struktur bangunan terdiri dari : Tanah pendukung, struktur pondasi, struktur kolom, Struktur balok, Struktur plat lantai, struktur atap, dan elemen non-struktural (tembok, partisi, ceyling dll). Jika terjadi gempa maka hirarki kerusakan mempunyai urutan terbalik. Dari konsep desain kapasitas dan hirarki kerusakan diatas didapat dua prinsip struktur yaitu :

1) Strong Column and Weak Beam (SCWB). Struktur bergoyang menurut ***Beam Sway Mechanism***.
2) Strong Beam and Weak Column (SBWC). Struktur bergoyang menurut ***Column Sway Mechanism.***





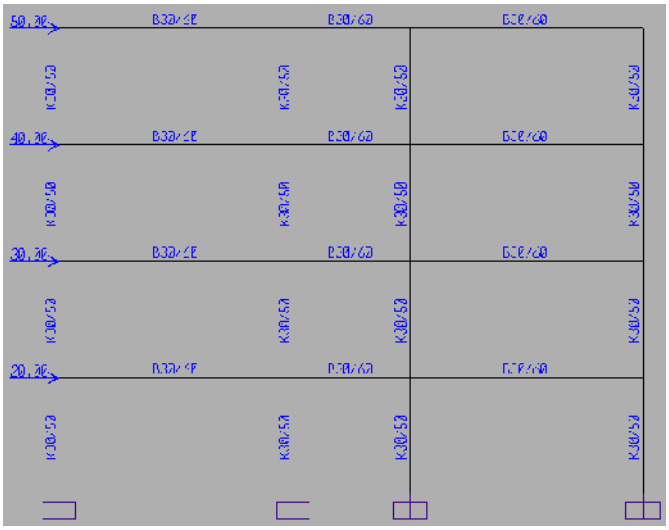


METODE PENELITIAN

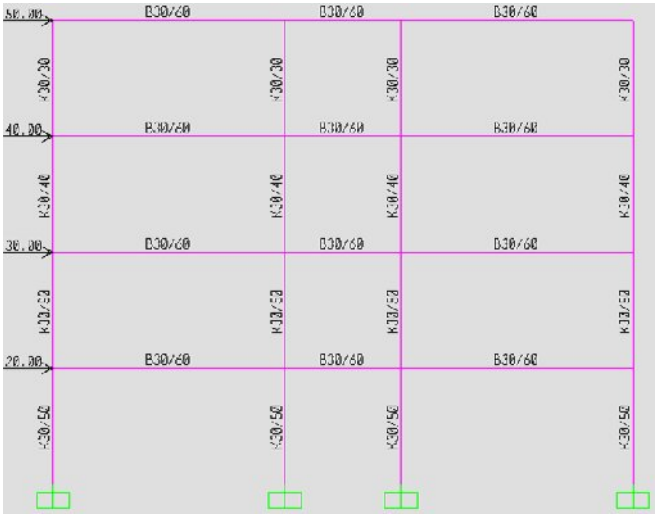
Prosedur penelitian meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Menentukan portal dengan tiga type portal berlantai Empat yang terdiri dari :
   - Portal Type 1 yaitu dengan ukuran kolom dan balok seragam, ukuran balok 30/60 dan ukuran kolom 30/50
   - Portal Type 2 yaitu dengan ukuran kolom tidak seragam dan ukuran balok seragam, ukuran balok 30/60 dan ukuran kolom 30/50 lantai 1 s/d 2 dan ukuran kolom 30/40 lantai 3 dan ukuran kolom 30/30 untuk lantai 4.
   - Portal Type 3 yaitu dengan ukuran kolom seragam dan ukuran balok tidak seragam, ukuran balok 30/60 untuk balok tepi dan ukuran balok 30/40 untuk balok tengah, dan ukuran kolom 30/50.
2. Menentukan data Analisa Gempa
   - Menentukan informasi struktur dan seismic data yaitu jenis portal, lokasi dan jenis tanah.
   - Menentukan percepatan puncak batuan dasar dan muka tanah Ao.
   - Menentukan factor keutamaan struktur (I) dan factor reduksi gempa (R)
   - Menentukan data percepatan Tc, Am, Ar.
   - Menentukan Waktu Getar alami fundamental (T) dan factor respos gempa (C)
   - Menentukan berat total (Wt) dan Gaya geser dasar total (Vb)
3. Analisa struktur, dalam hal ini dilakukan dengan program bantu Sap2000.
4. Pembahasan, dalam hal ini kita bahas berapa simpangan maksimun yang terjadi dan berapa mode pergoyangan portal.
5. Kesimpulan.

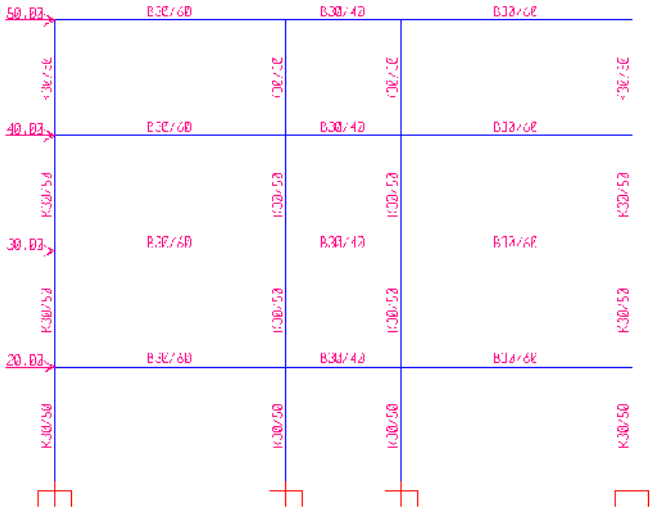
Portal Type 1



Portal Type 2



Portal Type 3



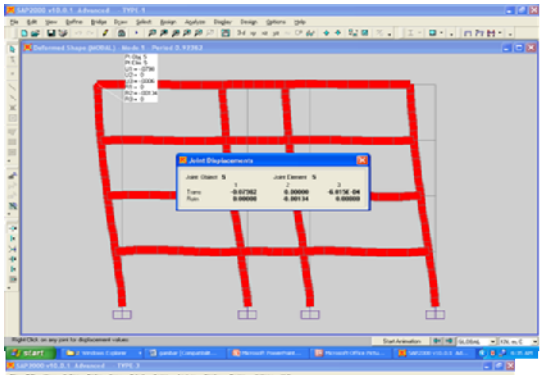
HASIL DAN PEMBAHASAN

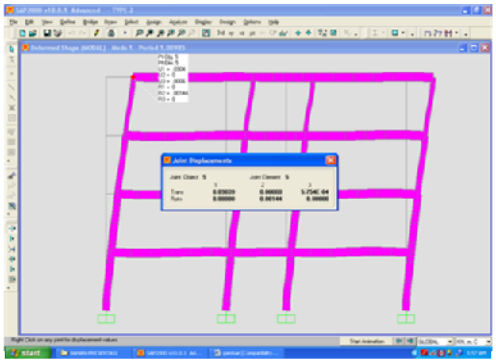
Dari hasil analisa struktur didapatkan bahwa simpangan pada masing-masing Mode pergoyangn berbeda seperti pada gambar dan tabel berikut :

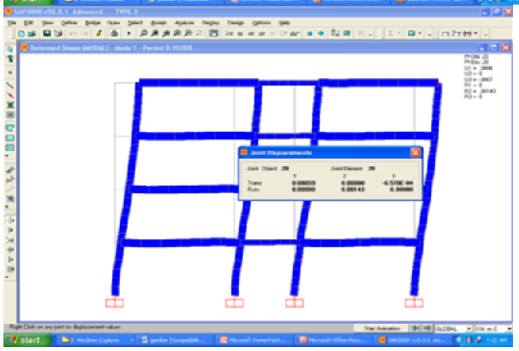
Tabel. 1 Hasil analisa struktur

Mode	Jenis Portal	Simpangan	Simpangan Maks.	Simpangan Awal	Daktilitas
		Δ	Δmaks	Δy	μ = Δu/Δy
1	Type 1	0.0798	0.0904	0.0166	5.446
	Type 2	0.0904			
	Type 3	0.0806			
2	Type 1	0.0737	0.0748	0.017	4.400
	Type 2	0.0727			
	Type 3	0.0748			
3	Type 1	0.0798	0.0904	0.027	3.348
	Type 2	0.0904			
	Type 3	0.0806			

4	Type 1 Type 2 Type 3	0.0754 0.0879 0.0754	0.0879	0.037	2.376



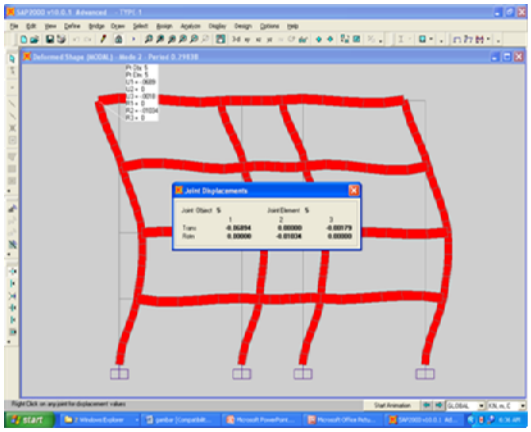


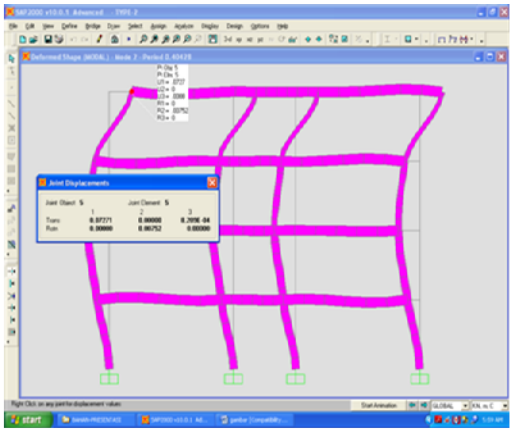


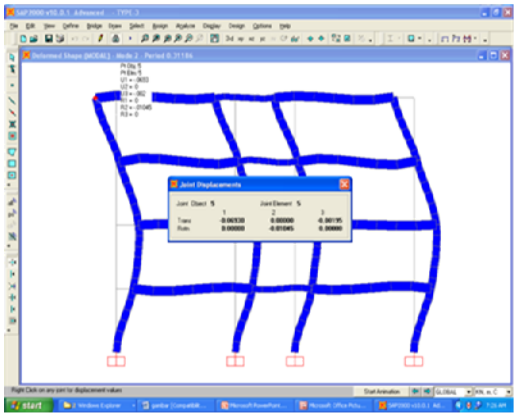
MODE 1

Δmax = 0,0904 Pada portal type 2

- **Δ1 = 0,0798**
- **Δ2 = 0,0904**
- **Δ3 = 0,0806**



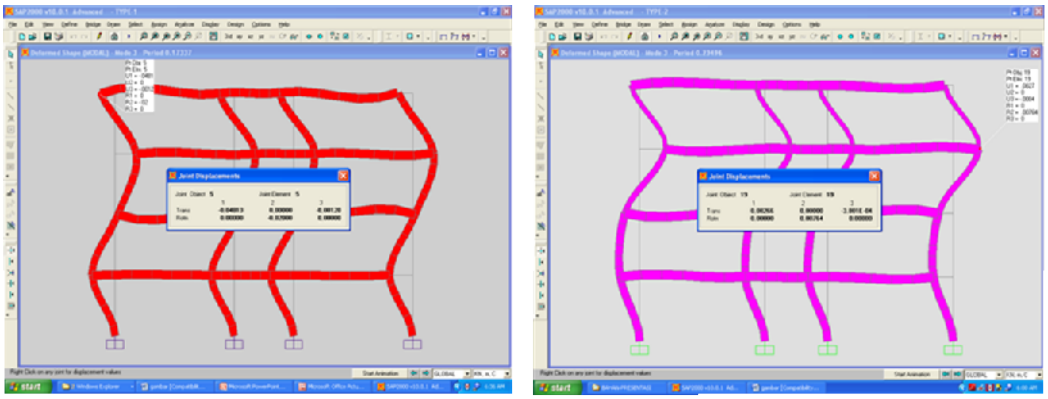




MODE 2

Δmax = 0,0748 Pada portal type 3

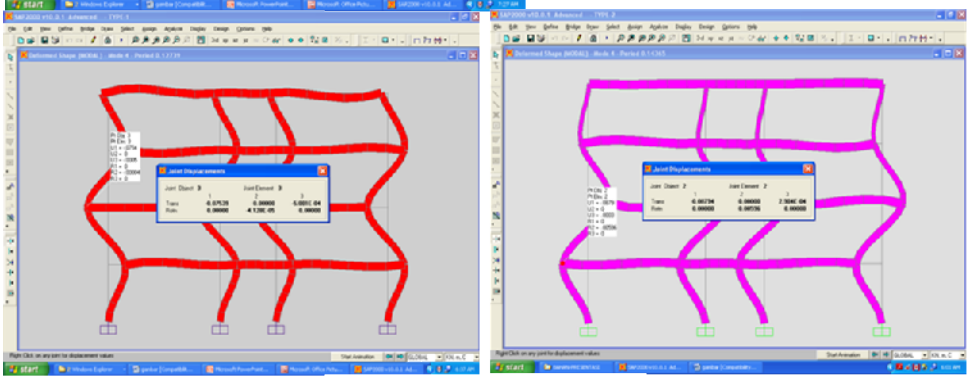
- **Δ1 = 0,0737**
- **Δ2 = 0,0727**
- **Δ3 = 0,0748**

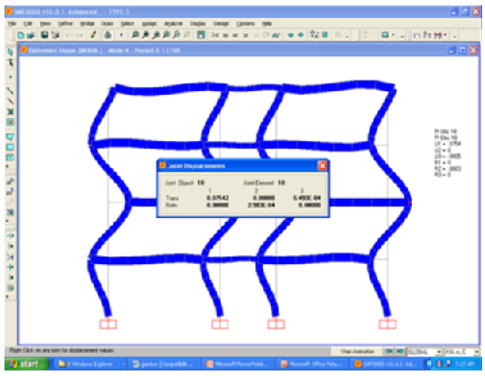


MODE 3

Δmax = 0,0827 Pada portal type 2

- **Δ1 = 0,0775**
- **Δ2 = 0,0827**
- **Δ3 = 0,0781**





MODE 4

Δmax = 0,0879 Pada portal type 2

- **Δ1 = 0,0754**
- **Δ2 = 0,0879**
- **Δ3 = 0,0754**

Dari tabel 1 diatas memperlihatkan bahwa pada mode 1, portal type 2 mempunyai tingkat daktilitas yang cukup baik dari pada portal yang lain yaitu 5,446 dan simpangan maksimum = 0,0904. Untuk mode 2 portal type 3 mempunyai tingkat daktilitas yaitu 4,400 dan simpangan maksimum = 0,0748. Begitu juga untuk mode 3 dan mode 4 portal type 2 lebih baik daktilitasnya dari pada portal type yang lain.

Dari mode 1, mode 2, mode 3, dan mode 4 nilai daktilitas berturut-turut semakin menurun hal ini menunjukkan adanya penyerapan energy gempa oleh balok atau balok sudah berdeformasi.

Untuk portal type 2 mempunyai daktilitas yang cukup baik dan cukup efektif, hal ini menunjukkan meskipun adanya perubahan dimensi kolom pada lantai 3 dan lantai 4 namun dalam

menyerap energy gempa masih cukup baik dan gaya inersia massa yang lebih kecil. Perubahan dimensi kolom dapat diterima asalkan kolom dibawahnya tidak boleh lebih kecil dari kolom diatasnya dan lebar kolom harus tetap bekesesuaian/lebih besar dari lebar balok agar tidak terjadi konsentrasi tegangan pada hubungan balok dan kolom.

KESIMPULAN

1. Kesimpulan

1) Kekauan struktur efektif jika pusat massa (CG) dan pusat kekakuan (CR) berimpit.
2) Perubahan dimensi/kekakuan balok dalam satu arah portal berakibat tidak seragamnya portal dalam menyerap energi gempa dan terjadinya konsentrasi tegangan.
3) Perubahan dimensi/kekakuan kolom pada bangunan bertingkat tidak efektif jika prinsip SCWB tidak tercapai.

2. Saran

1) Gunakan material seringan mungkin agar inersia massa menjadi kecil .
2) Hindari pemasangan kolom struktur yang tidak segaris.
3) Sedapat mungkin hindari pasangan batu bata yg tidak menumpu pada balok.
4) Pengaturan dimensi dan pemasangan penulangan elemen-elemen struktur harus disesuaikan dengan kaidah distribusi beban.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2003. SNI 03-1726-2003. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.* Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB Bandung.

Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. PT. Rafika Aditama, Bandung.

Park, R. & Pauly, T. 1975. *Reinforced Concrete Structure*. John Willy & Sons. New York.

Pawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan.* Pustaka Pelajar Yogyakarta

**) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jmeber*