

RESPON DINAMIS STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT BANYAK DENGAN VARIASI ORIENTASI SUMBU KOLOM

Norman Werias Alexander Supit

M. D. J. Sumajouw, W. J. Tamboto, S. O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: norman_supit@yahoo.com

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan beton bertulang bertingkat banyak dipengaruhi antara lain oleh dimensi, denah/geometrik dan material elemen struktur serta beban yang bekerja pada struktur. Beban gempa memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan bangunan bertingkat. Penelitian ini memberikan pengetahuan praktis mengenai penempatan/orientasi sumbu kolom terbaik yang dapat digunakan dalam mendesain struktur bangunan sehingga kekuatan struktur bangunan lebih optimal.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat beberapa contoh kasus dengan orientasi sumbu kolom yang berbeda guna mendapat nilai simpangan struktur minimum pada dua arah pemisalan pembebanan gempa, dilanjutkan dengan memodelkan beberapa denah struktur guna melihat pengaruhnya terhadap pemilihan orientasi sumbu kolom. Analisis respon dinamik dilakukan dengan bantuan software ETABS 2013 E.V.

Hasil penelitian menunjukkan nilai simpangan yang paling besar terjadi pada simpangan model yang searah gaya gempa (kasus 1); nilai simpangan yang minimum pada dua arah pemisalan pembebanan gempa terjadi pada model denah struktur yang simetris dengan penempatan orientasi kolom menopang arah sumbu lemah denah struktur (kasus 2). Sedangkan, pengaruh denah struktur terhadap pemilihan orientasi struktur bergantung pada panjang bentang masing-masing arah panel (kasus 3, 4 dan 5)

Kata kunci: penempatan, orientasi sumbu kolom, denah struktur, simpangan struktur

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sebuah bangunan konstruksi terdiri atas elemen struktural dan elemen non struktural. Elemen struktural dibedakan menjadi beberapa bentuk yakni elemen lentur (balok sederhana), elemen tekan (kolom), struktur menerus (balok dan rangka kaku), struktur plat dan grid, struktur membran dan struktur cangkang. (Schodek, 1998)

Elemen struktur direncanakan berdasarkan beban yang dipikulnya seperti halnya pada perhitungan elemen tekan kolom yang mana daya pikul kolom ditentukan oleh berat sendiri balok dan besar beban yang bekerja diatas balok tersebut baik berat plat lantai, dinding, kolom diatas balok, sandaran, tangga, plafond dan lain-lain termasuk beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban lainnya. Sehingga akan didapat dimensi elemen stuktur yang mampu memikul beban. Adapun dalam merencanakan suatu struktur

dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama adalah dengan menentukan dimensi, geometrik serta material elemen struktur terlebih dahulu, kemudian dianalisis untuk mendapatkan berapa batasan beban yang mampu dipikul oleh elemen struktur. Cara kedua adalah dengan menentukan beban-beban serta momen yang akan bekerja pada struktur tersebut terlebih dahulu, lalu dilakukan perhitungan dimensi, penulangan dan sebagainya.

Kedua pendekatan ini sering dijumpai dalam merencanakan suatu elemen struktur. Akan tetapi, ada beberapa hal yang kurang diperhatikan seperti halnya menyangkut arah ataupun orientasi dari elemen struktur yang direncanakan. Orientasi elemen struktur merupakan faktor desain tentang penempatan arah elemen struktur, misalnya untuk elemen lentur balok (bxh), dalam penempatan arah balok (bxh) akan berbeda dengan penempatan arah balok (bxh) yang diputar 90° terhadap sumbu y sebab akan didapat

nilai momen inersia (I) yang berbeda dan nilai kekakuan (EI) yang berbeda juga tentunya.

Hal ini pun bisa saja terjadi pada elemen tekan kolom. Orientasi kolom terhadap salah satu sumbu koordinat pada bangunan bertingkat banyak sangat berpengaruh pada kekuatan kolomnya.

Penempatan/orientasi sumbu kolom yang tepat dari suatu bangunan akan memberikan kontribusi yang baik, efisien/tidak boros material dan optimal dari segi kekuatan struktur bangunan.

Hal inilah yang menjadi menarik untuk ditelaah lebih mendalam, untuk melihat pengaruh orientasi sumbu kolom terhadap perilaku struktur akibat suatu pembebanan, agar diperoleh orientasi struktur yang terbaik.

Rumusan Masalah

“Bagaimanakah pengaruh orientasi sumbu kolom pada bangunan beton bertulang bertingkat banyak akibat beban gempa?”

Tujuan penelitian

- a. Menghitung simpangan struktur dari beberapa model denah struktur dengan beberapa variasi orientasi sumbu kolom yang berbeda.
- b. Menentukan orientasi sumbu kolom terbaik yang memberikan simpangan struktur dua arah yang minimum.
- c. Mengetahui pengaruh denah struktur terhadap pemilihan orientasi sumbu kolom.

Batasan Masalah

- a. Struktur bangunan yang dibahas adalah struktur beton bertulang dengan denah struktur berbentuk persegi simetris arah x dan arah y dengan 10 lantai pada struktur kolom dengan penampang bujur sangkar, persegi panjang dan persegi panjang yang diputar 90° terhadap sumbu-z.
- b. Analisis gempa yang digunakan adalah analisis gempa dinamis sesuai dengan SNI 03-1726-2002 dengan gedung berada pada wilayah gempa 6 dengan jenis tanah keras.
- c. Analisis struktur ditinjau dalam 3 dimensi menggunakan bantuan software ETABS 2013 EV.
- d. Tidak memasukkan perhitungan struktur bawah (pondasi).

- e. Tiap penampang kolom yang dimodelkan memiliki luas penampang yang sama.

Manfaat penelitian

- a. Bagi perencana dan praktisi
Dari hasil penelitian ini, perencana dan praktisi dapat mengetahui berapa besar pengaruh orientasi sumbu kolom dan juga dapat mengetahui orientasi sumbu kolom yang memberikan kontribusi terbaik terhadap kekuatan struktur bangunan, dalam merencanakan suatu bangunan konstruksi.

- b. Bagi peneliti selanjutnya

Dari hasil penelitian ini, peneliti selanjutnya dapat melanjutkan penelitian pengaruh orientasi elemen struktur dengan menambah parameter kekuatan bangunan bertingkat lainnya.

Metodologi Penelitian

Untuk mendapat perbandingan variasi orientasi sumbu kolom, maka dibuatlah beberapa contoh kasus denah struktur dengan beberapa variasi orientasi sumbu kolom di dalamnya, berupa perubahan orientasi penampang kolom.

Kasus pertama diambil bentuk denah struktur persegi (panel persegi) sedangkan kasus 2 diambil bentuk denah struktur yang ditambah bentangan pada salah satu arah (panel persegi). Kasus 1 dan 2 bertujuan melihat pengaruh orientasi sumbu kolom terhadap simpangan struktur. Sedangkan kasus 3, 4 dan 5 memiliki denah yang bentangnya berbeda pada arah-x dan arah-y. Kasus 3, 4, dan 5 dimodelkan guna mengetahui pengaruh denah struktur dalam pemilihan orientasi sumbu kolom.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perhitungan respon dinamis dengan bantuan software *ETABS 2013 Evaluation Version*.

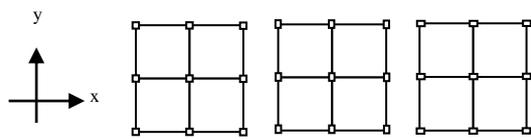
KONFIGURASI STRUKTUR

Konfigurasi struktur merupakan suatu susunan atau bentuk-bentuk bangunan atas dalam perannya sebagai suatu sarana penyaluran beban dan akibat penggunaan fungsi bangunan untuk disalurkan ke dalam tanah.

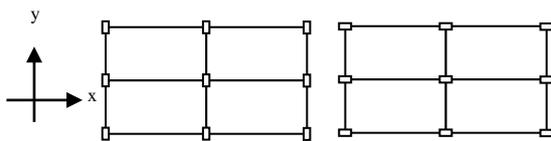
Hubungan antara konfigurasi struktur terhadap kinerja kegempaan/ketahanan terhadap gempa dipengaruhi oleh skala

bangunan, tinggi bangunan, ukuran datar, proporsi bangunan, simetrisitas bangunan, distribusi dan konsentrasi beban, denah struktur bangunan, bagian sudut bangunan, tahanan keliling dan redundansi bangunan. (Christopher A. 1982).

Konfigurasi struktur memainkan peran penting dalam kinerja struktur terhadap gaya gempa. Penyelidikan pasca-gempa telah mengarahkan pengamatan bahwa bangunan dengan konfigurasi tidak teratur lebih rentan mengalami kerusakan dibanding dengan bangunan yang memiliki konfigurasi bangunan teratur (Elnashai A, 2008).



Gambar 1. Denah Struktur Persegi (Panel Persegi) dengan Variasi Orientasi Sumbu Kolom



Gambar 2. Denah Struktur bentangan arah-x dan arah-y berbeda (Panel Persegi Panjang) dengan Variasi Orientasi Sumbu Kolom

ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG AKIBAT BEBAN GEMPA

Analisis beban gempa dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain: cara statik dan cara dinamis.

a. Analisis Statik

Analisis beban gempa dengan cara statik merupakan suatu cara perhitungan respons struktur bangunan terhadap gempa yang mana beban dinamis diubah menjadi beban statis yang mempunyai efek ekuivalen dengan beban dinamis yang diharapkan.

b. Analisis respons dinamik

Analisis Dinamis merupakan analisis yang memperhitungkan faktor kekakuan dan redaman yang tidak dikhususkan pada perhitungan statik. Dalam praktek tidak jarang dihadapi struktur-struktur gedung yang sangat tidak beraturan. Dari segi analisis dinamik, hal ini tidak jadi masalah, dengan tersedianya berbagai program komputer canggih saat ini. Kemampuan

tinggi menganalisis struktur rumit, seyogyanya dipakai juga untuk mengontrol perilaku struktur tersebut dalam responsnya terhadap gempa. Dengan melakukan analisis getaran bebas 3D dapat dilihat, kecenderungan perilaku struktur terhadap gempa.

Pengaruh beban dinamik terhadap respon struktur akan lebih besar dibanding pengaruh beban statik (Widodo, 2000)

Tiga properti utama struktur yaitu massa, kekakuan dan redaman. Ketiga properti struktur ini umumnya disebut dinamik karakteristik struktur.

a. Massa

Pendekatan pertama adalah sistem diskretisasi massa yaitu massa dianggap terpusat pada titik-titik tertentu (*lumped mass*). Apabila prinsip bangunan geser dipakai maka setiap massa hanya akan bergerak secara horizontal. Karena percepatan hanya terjadi pada struktur yang mempunyai massa maka matriks massa merupakan matriks diagonal. Jadi, jumlah titik massa akan ditunjukkan berdasarkan jumlah lantai/tingkat suatu struktur.

Untuk menghitung massa baik yang *single lumped mass* maupun *multiple lumped mass* dapat dipakai formulasi sederhana yaitu:

$$m = \frac{W}{g} \quad (1)$$

dengan :

- m = Massa struktur (kg dt²/cm)
- W = Berat bangunan (kg)
- g = percepatan gravitasi (cm/dt²)

b. Kekakuan

Pada prinsip bangunan geser, balok pada lantai dianggap tetap horizontal baik sebelum maupun sesudah terjadi goyangan. Adanya plat lantai yang menyatu secara kaku dengan balok diharapkan dapat membantu kekakuan balok sehingga anggapan tersebut tidak terlalu kasar.

Kekakuan memiliki formulasi yang berbanding lurus dengan modulus elastisitas material struktur (E) dan momen inersia luasan (I).

Pada struktur kolom, perhitungan kolom dapat menggunakan rumus:

$$k_i = n \frac{12 E I}{L^3} \quad (2)$$

dengan :

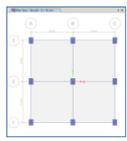
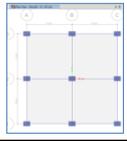
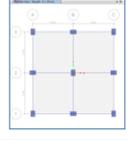
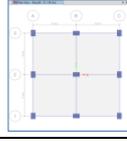
- k_i = Kekakuan kolom struktur (kg/cm)
- E = Modulus elastisitas material struktur(kg/cm²)
- I = Momen inersia (cm⁴)
 $I_x = 1/12 b h^3$ (cm⁴)
 $I_y = 1/12 b^3 h$ (cm⁴)
- L = Panjang bentang kolom(cm)
- n = Jumlah kolom

c. Redaman

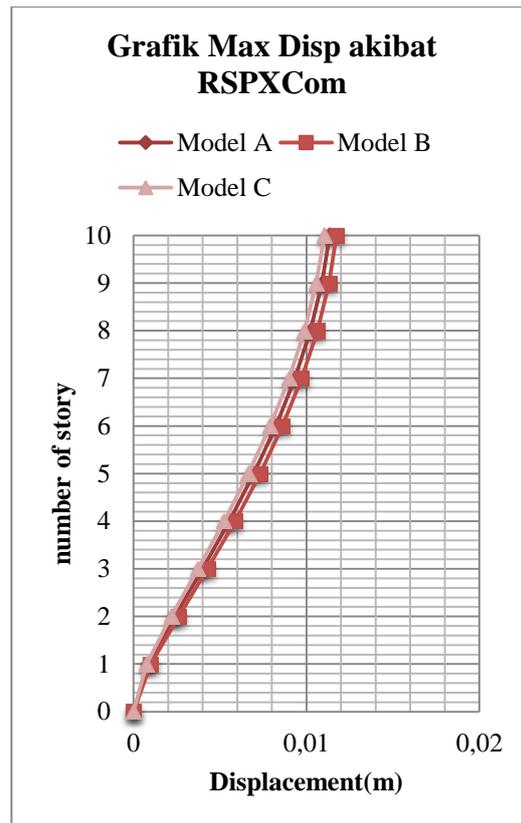
Redaman merupakan peristiwa pelepasan energi (*energy dissipation*) oleh struktur akibat adanya berbagai macam sebab, diantaranya oleh adanya gerakan antar molekul di dalam material, gesekan alat penyambung maupun sistem dukungan, gesekan dengan udara dan pada respon inelastik pelepasan energi juga terjadi akibat adanya rotasi sendi plastik. Karena redaman berfungsi melepaskan energi maka hal tersebut akan mengurangi respon struktur.

HASIL PERHITUNGAN

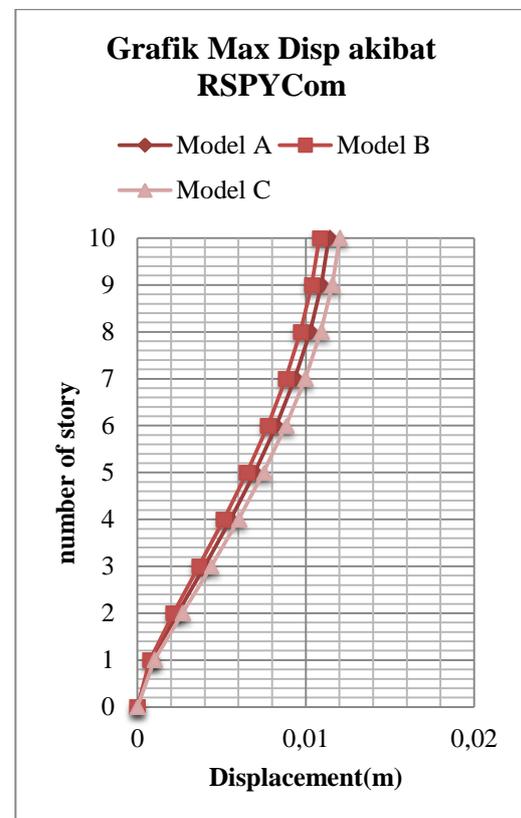
Kasus 1 Denah Struktur Panel Persegi

POSISI ORIENTASI KOLOM	NAMA MODEL	RSPX (m)	RSPY (m)	Selisih RSP (m)
	Model A	0.0114	0.0114	0.0000
	Model B	0.0117	0.0108	0.0009
	Model C	0.0110	0.0120	0.0010
	Model D	0.0114	0.0114	0.0000
	Model E	0.0113	0.0110	0.0003

Ket: RSP = Simpangan struktur akibat beban gempa dinamik

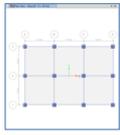
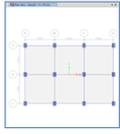
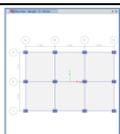
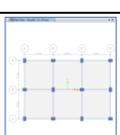
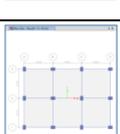


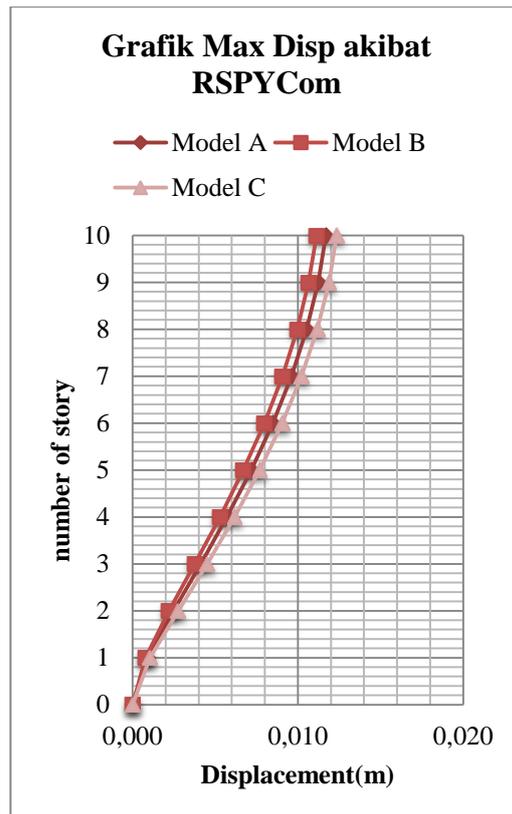
Grafik 1. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-X (Kasus 1)



Grafik 2. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-Y (Kasus 1)

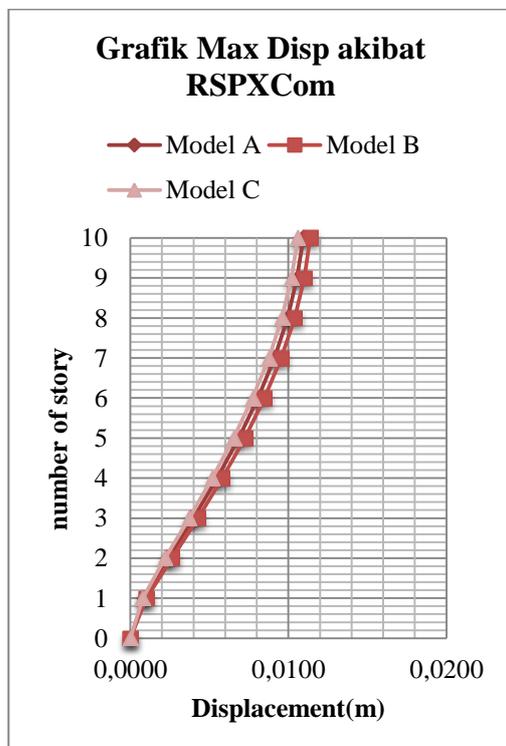
Kasus 2 Denah Struktur Panel Persegi dikembangkan ke arah-X

POSISI ORIENTASI KOLOM	NAMA MODEL	RSPX (m)	RSPY (m)	Selisih RSP (m)
	Model A	0.0109	0.0117	0.0008
	Model B	0.0114	0.0111	0.0003
	Model C	0.0106	0.0123	0.0017
	Model D	0.0110	0.0118	0.0008
	Model E	0.0110	0.0126	0.0016

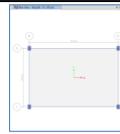


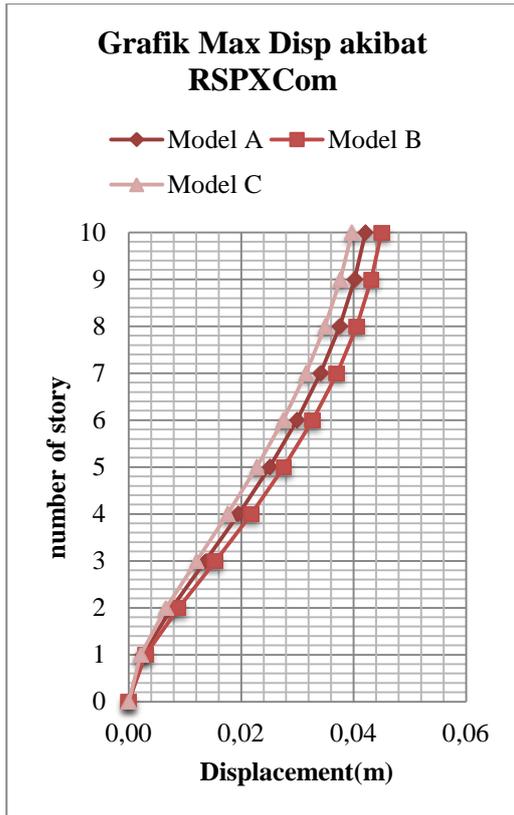
Grafik 4. Simpanan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-Y (Kasus 2)

Kasus 3 Denah Struktur Persegi Panjang (Panel Persegi Panjang)

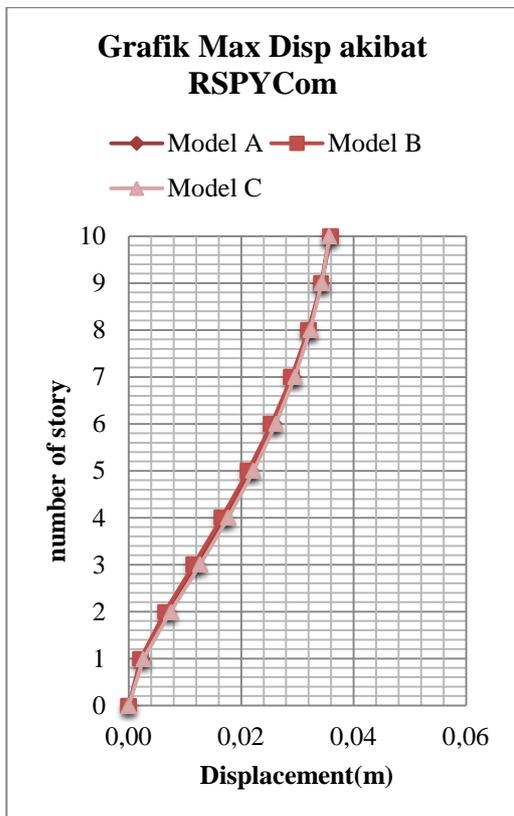


Grafik 3. Simpanan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-X (Kasus 2)

POSISI ORIENTASI KOLOM	NAMA MODEL	RSPX (m)	RSPY (m)	Selisih RSP (m)
	Model A	0.0421	0.0357	0.0064
	Model B	0.0450	0.0360	0.0090
	Model C	0.0397	0.0357	0.0040



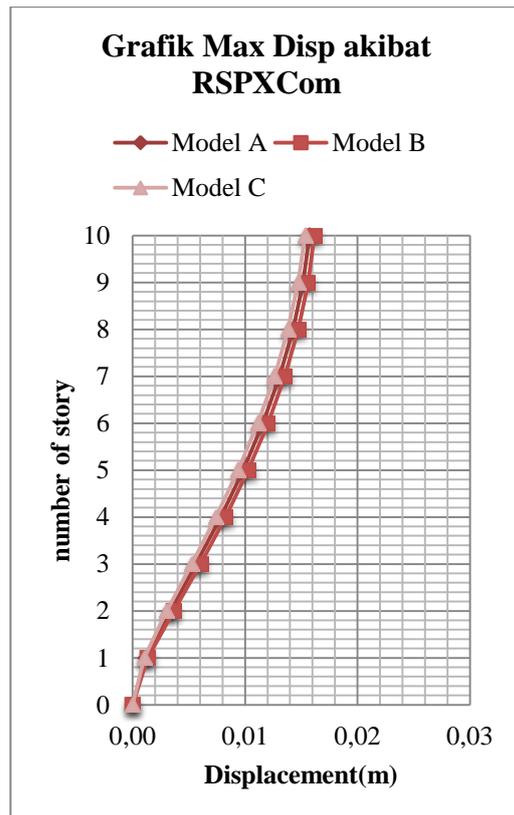
Grafik 5. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-X (Kasus 3)



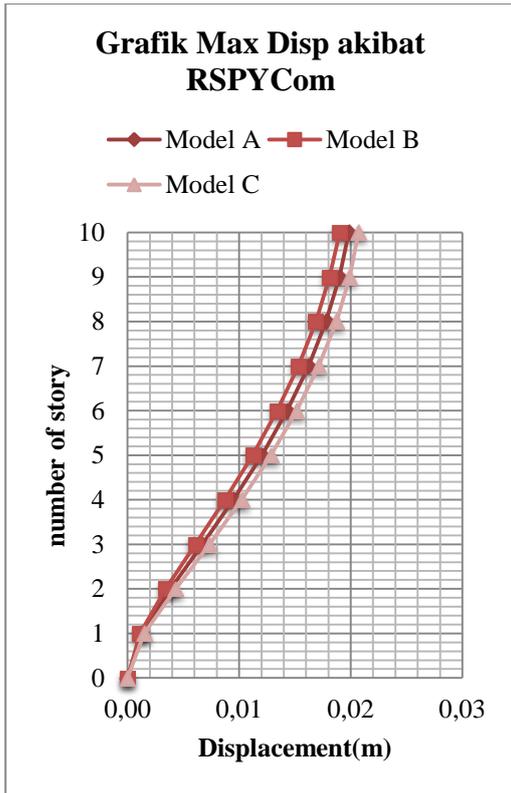
Grafik 6. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-Y (Kasus 3)

Kasus 4 Denah Struktur Persegi Panjang (Panel Persegi Panjang)

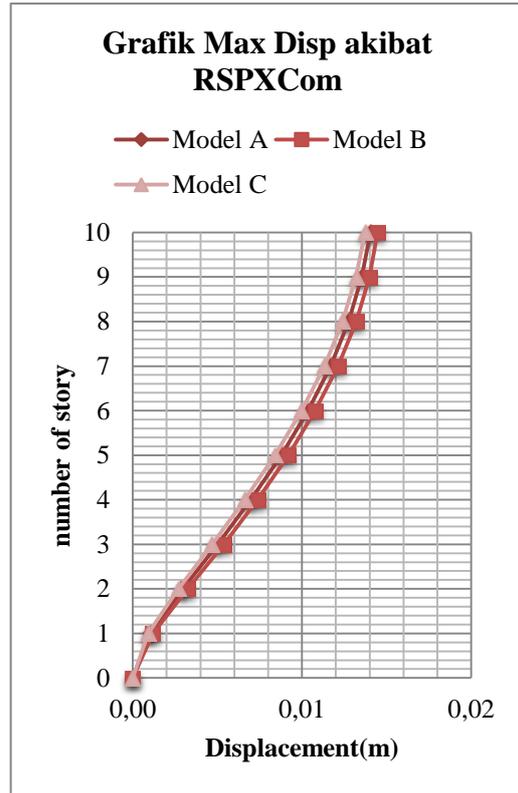
POSISI ORIENTASI KOLOM	NAMA MODEL	RSPX (m)	RSPY (m)	Selisih RSP (m)
	Model A	0.0157	0.0198	0.0041
	Model B	0.0162	0.0190	0.0029
	Model C	0.0153	0.0207	0.0054



Grafik 7. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-X (Kasus 4)



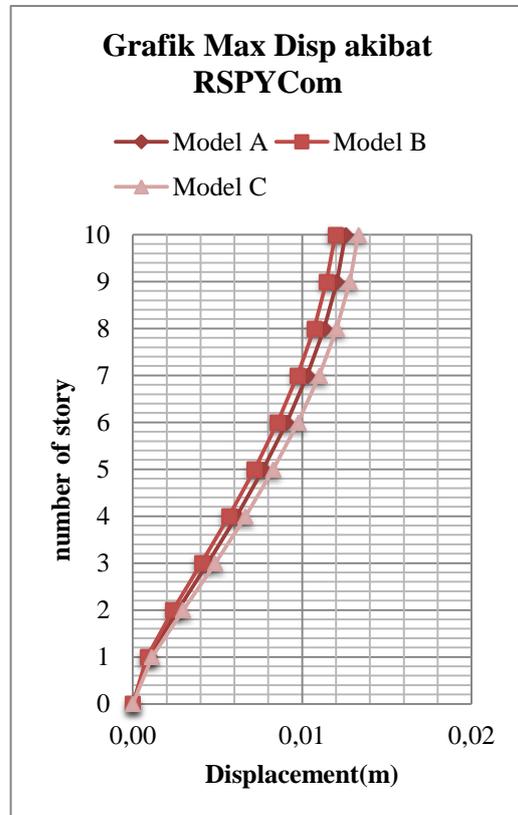
Grafik 8. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-Y (Kasus 4)



Grafik 9. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-X (Kasus 5)

Kasus 5 Denah Struktur Persegi Panjang (Panel Persegi Panjang)

POSISI ORIENTASI KOLOM	NAMA MODEL	RSPX (m)	RSPY (m)	Selisih RSP (m)
	Model A	0.0140	0.0126	0.0015
	Model B	0.0145	0.0120	0.0025
	Model C	0.0137	0.0133	0.0004



Grafik 10. Simpangan Maksimum Akibat Beban Gempa Dinamik Arah-Y (Kasus 5)

PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian, untuk semua kasus didapat nilai simpangan terbaik dua arah adalah selisih terkecil antara simpangan arah-x dan simpangan arah-y.

Untuk kasus 1 (denah struktur panel persegi), didapat orientasi sumbu kolom yang terbaik adalah penampang kolom persegi.

Untuk kasus 2 (denah struktur panel persegi yang bentangnya dikembangkan ke arah-x) didapat orientasi sumbu kolom yang terbaik adalah penampang kolom yang dimensi panjang kolomnya mengikuti sumbu lemah denah struktur. Hal ini berkaitan erat dengan kekakuan struktur. Sebab saat terjadi penambahan bentangan pada arah-x, maka terjadi penambahan kekakuan kolom struktur di arah-x, sehingga dipilihlah orientasi sumbu kolom yang tegak lurus dengan arah bentangan yang dikembangkan.

Untuk kasus 3, 4 dan 5 (denah struktur panel persegi panjang) diketahui bahwa denah struktur memberikan pengaruh terhadap pemilihan orientasi struktur, yang mana dimensi panjang penampang kolom harus searah dengan arah panjang panel.

PENUTUP

Kesimpulan

Orientasi sumbu kolom terbaik yang memberikan nilai simpangan struktur dua arah yang minimum adalah orientasi sumbu kolom yang selisih simpangan arah-X dan arah-Y terkecil, yang mana untuk denah struktur panel persegi, orientasi sumbu

kolom dengan nilai simpangan terkecil adalah penampang kolom yang persegi pula (Kasus 1).

Sedangkan, untuk denah struktur dengan penambahan bentang pada salah satu arahnya (panel persegi), nilai simpangan terkecil didapat pada orientasi sumbu kolom dengan dimensi kolom yang panjang pada arah tegak lurus bentangan yang ditambah (Kasus 2).

Pemilihan orientasi sumbu kolom bergantung pada denah struktur. Apabila denah struktur panel persegi panjang, maka nilai simpangan dua arah minimum diperoleh pada orientasi sumbu kolom dengan dimensi kolom yang panjang, searah dengan arah panjang panel (Kasus 3, 4 dan 5).

Saran

Penelitian respons dinamis struktur beton bertulang pada bangunan bertingkat banyak, dapat dibuat pada variasi tinggi kolom struktur (L) mengingat pengaruh nilai L pada perhitungan analisis dinamis memberikan pengaruh signifikan.

Penelitian respons dinamis struktur beton bertulang pada bangunan bertingkat banyak, dapat dibuat dengan memvariasikan jenis material misalnya antara beton bertulang, baja, kayu dan lainnya, pada bangunan bertingkat rendah.

Dewasa ini analisa dinamis dapat dilakukan dengan menggunakan *software* guna mempermudah komputasi yang berulang/iterasi dalam tiap metode analisa dinamis, maka dari itu, keberadaan dan pembelajaran tentang *software* yang berhubungan dengan analisa dinamis sangat dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Elnashai, A. S. dan Di Sarno, L., (2008). *Fundamentals of Earthquake Engineering.*, John Wiley & Sons, West Sussex, United Kingdom.
- Christopher, A., (1982). *Building Configuration Influences and Seismic Design.*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Lumantarna, B., (2000). *Pengantar Analisis Dinamis dan Gempa.* Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UK Petra Surabaya/ANDI, Surabaya.
- Paz, M., (1987). *Dinamika Struktur: Teori dan Perhitungan.*, Erlangga, Jakarta.
- Schodek, D., (1998). *Struktur.*, PT Refika Aditama, Bandung.
- SNI 03-1726-2002, (2002). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.* Badan Litbang Kimpraswil PU, Bandung.

- SNI 03-2847-2002, (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.*, Badan Litbang Kimpraswil PU., Bandung.
- Tavio dan Kusuma, B., (2009). *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa.*, ITS Press, Surabaya.
- Widodo, (2000). *Respons Dinamik Struktur Elastik.* Jogjakarta: UII Press, Jogjakarta.