

Analisis Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Persentase Coakan Pada Denah Struktur Bangunan

Fakhrurrazy

Hieryco Manalip, Reky Stenly Windah

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil

E-mail: fakhrur.razy27@yahoo.com

ABSTRAK

Bangunan bertingkat banyak memiliki struktur bangunan yang rentan terhadap gempa, bangunan bertingkat juga terbagi atas 2 (dua) macam bangunan yaitu, bangunan beraturan dan bangunan tidak beraturan dimana karakteristik tersebut telah diatur oleh SNI 1726-2012 serta metode analisis yang dapat digunakan. Pada penelitian ini memberi pengetahuan mengenai simpangan pada struktur bangunan beraturan dan tidak beraturan. Dalam kasus ini akan dilihat seberapa besar pengaruh coakan pada denah struktur bangunan terhadap beban dinamik atau beban gempa, serta menganalisis semua model yang ada dengan menggunakan metode statik ekuivalen dan analisis ragam spektrum respons yang mana akan dibandingkan hasil simpangan dari kedua metode tersebut. Penelitian ini akan dibantu dengan software ETABS. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besarnya ketidakberaturan struktur bangunan dalam kasus ini pengaruh adanya coakan, cara statik ekuivalen memberikan simpangan yang relatif makin mengecil dari analisis ragam spektrum respons.

Kata kunci : Bangunan tidak beraturan, SNI 1726-2012, coakan pada denah, metode statik ekuivalen, analisis ragam spektrum respons, simpangan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gempa Bumi merupakan salah satu bencana alam yang sering menelan korban jiwa. Namun hampir semua korban jiwa tersebut bukan diakibatkan secara langsung oleh gempa, akan tetapi diakibatkan oleh keruntuhan bangunan pada saat terjadi gempa dan mengakibatkan korban jiwa. Di Indonesia terbagi atas 6 wilayah gempa, ini merupakan hampir dari semua lokasi yang ada di Indonesia rentan akan terjadinya gempa.

Hal ini dapat diminimalkan dengan melakukan riset terhadap bangunan bertingkat yang tahan gempa, agar dapat meminimalisir kerugian yang akan terjadi. Adapun salah satu faktor lain yang dapat mempengaruhi tahanan gempa tersebut ialah denah struktur bangunan.

Variasi dalam denah struktur bangunan seperti adanya tonjolan dan coakan dapat mempengaruhi perpindahan atau *displacement* pada bangunan tersebut akibat gaya gempa.

Tujuan Penelitian

- Menghitung simpangan struktur dari beberapa variasi coakan yang dimodelkan
- Menentukan struktur tidak beraturan yang masih dapat ditinjau sebagai struktur beraturan, sehingga dapat dievaluasi menggunakan metode statik ekuivalen
- Mengetahui pengaruh dari ketidakberaturan struktur akibat adanya coakan sudut terhadap simpangan struktur.

Batasan Masalah

- a. Struktur bangunan adalah beton bertulang 10 (sepuluh) lantai dengan tinggi tiap lantai sama dan jarak antar lantai 3,5 m.
- b. Bangunan memiliki 6 (enam) bentang yang kedua arahnya sama panjang.
- c. Persentase pemodelan coakan berdasarkan pada arah sumbu x, dan atau sumbu y.
- d. Analisa *displacement* yang terjadi pada variasi-variasi akan dilakukan dengan *software* ETABS.
- e. Analisis dinamis yang dimaksud dalam penelitian ini adalah analisis ragam spektrum respons
- f. Tidak memasukan perhitungan bangunan bawah (pondasi)
- g. Tiap penampang elemen struktural seperti plat, balok, dan kolom pada satu tingkatan (*storey*) memiliki dimensi penampang yang sama dengan tingkat lainnya.

Manfaat Penelitian

- a. Bagi perencana dan praktisi
Dari hasil penelitian ini, perencana dapat mengetahui berapa besar pengaruh dari adanya coakan pada suatu struktur, serta struktur tidak beraturan yang masih dapat ditinjau menggunakan metode static ekuivalen (analisis gaya lateral ekuivalen).
Dari hasil penelitian ini, peneliti dapat melanjutkan penelitian pengaruh adanya coakan pada denah struktur dengan menambah parameter bangunan bertingkat lainnya.

LANDASAN TEORI

Konfigurasi Struktur

Hubungan antara konfigurasi struktur terhadap kinerja kegempaan/ ketahanan terhadap gempa dipengaruhi oleh skala bangunan (*scale*), tinggi bangunan (*height*), ukuran datar (*horizontal size*), proporsi bangunan (*proportion*), simetrisitas bangunan (*symmetry*), distribusi dan konsentrasi bangunan (*distribution and concentration*), denah struktur bangunan (*structural plan density*), sudut bangunan (*corners*).

Penyelidikan pasca-gempa telah mengarahkan pengamatan bahwa bangunan dengan konfigurasi tidak teratur (*irregular*) lebih rentan mengalami kerusakan dibanding dengan bangunan yang memiliki konfigurasi bangunan teratur (*regular*).

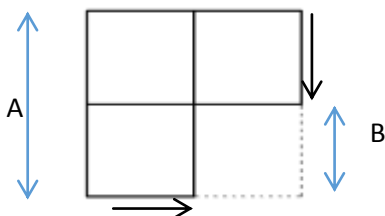
SNI 1726-2012 telah mengatur konfigurasi bangunan yang disebut tidak beraturan dan bangunan yang beraturan, serta metode analisis yang direkomendasikan untuk digunakan ketika mengevaluasi konfigurasi bangunan tertentu.

Ketidakteraturan bangunan dalam SNI 1726-2012 membagi struktur tidak beraturan menjadi 2 yaitu: ketidakteraturan horizontal dan ketidakteraturan vertikal. Ketidakteraturan pada penelitian ini termasuk dalam ketidakteraturan vertikal.

Coakan sudut (Ketidakteraturan Sudut)

Coakan sudut atau *Re-entrant Corners* disebutkan dalam SNI 1726-2012 adalah ketidakteraturan sudut. Ketidakteraturan sudut dalam ada jika suatu denah struktur memiliki coakan sudut yang salah satu panjangnya melebihi 15% dari denah hasil proyeksi pada arah coakan sudut tersebut Seperti yang ada pada gambar 1 suatu

struktur yang dikatakan sebagai struktur tidak beraturan dalam hal ini adanya coakan (ketidakteraturan sudut) apabila panjang B melebihi 15% dari panjang A, begitu pula sebaliknya untuk arah bidang sumbu lainnya.



Gambar 1. Pemodelan coakan

Sistem struktur

SNI 1726 telah mengatur jenis-jenis sistem struktur, dalam penelitian ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Suatu struktur dapat dikategorikan sebagai struktur dengan sistem rangka pemikul momen khusus apabila memenuhi persyaratan yang dispesifikasikan dalam

SNI 2847-2013, dimana dalam peraturan itu disebutkan bahwa struktur harus memenuhi SNI 2847-2013 pasal 21.1.3 sampai 21.1.7 dan pasal 21.5 sampai 21.8.

Sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.2.1, koefisien modifikasi respons (R) dan koefisien lain harus dipilih sesuai dengan sistem struktur yang digunakan sesuai dengan nilai yang tertera pada tabel 9 hal 34 pada SNI 1726-2012.

Nilai koefisien modifikasi respons (R) untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) bangunan beton bertulang sesuai dengan tabel 9 pada SNI 1726-2012 adalah 8 (delapan), nilai ini dan beberapa koefisien lain seperti faktor keutamaan bangunan (I) akan digunakan baik pada metode statik ekuivalen dan analisis dinamis sebagai faktor pengali yang akan mempengaruhi hasil simpangan analisis.

Analisis Dinamis pada ETABS

ETABS menggunakan metode *finite element*. Massa bangunan yang kemudian didapat menggunakan metode ini berbeda dari asumsi *lumped mass matrix* yang biasa digunakan, demikian juga dengan derajat kebebasan struktur yang jumlahnya mencapai ratusan derajat kebebasan bahkan lebih. (CSI Analysis Reference Manual, halaman 8)

ETABS secara otomatis mengkonversi objek pada model struktur yang telah tergambar kedalam model berbasis elemen, dan model itu yang kemudian digunakan untuk analisis. Model ini disebut model analisis (*analysis model*), dan terdiri atas elemen-elemen hingga. Hasil analisis kemudian dikembalikan kedalam bentuk objek.

a. Modal analysis

Analisis modal pada software ETABS dibagi menjadi 2 metode, yaitu metode Eigenvector dan metode Ritz-Vector. Kedua metode ini dapat memberikan hasil yang cukup memuaskan untuk dipakai sebagai basis dari analisis dinamis (analisis spektrum respons).

Metode Eigenvector pada ETABS secara umum sama dengan yang dijelaskan sebelumnya (subbab 2.3) terutama persamaan untuk mencari *eigenpairs*. Namun analisis pada ETABS menggunakan matriks massa sesuai dengan metode *finite element* dan ragam pada ruang. Pada penelitian ini digunakan metode Eigenvector pada software ETABS sebagai dasar *modal analysis*.

b. Respons Spectrum Analysis

Analisis respons spektrum mencari kemungkinan respons terbesar dari persamaan persamaan *dynamic equilibrium*. Percepatan dasar gempa diberikan dari kurva respons spektra (yang

didefinisikan pada ETABS). Percepatan yang didefinisikan pada program ini merupakan percepatan pada 3 arah sumbu utama, namun hanya satu nilai positif yang diberikan untuk setiap nilai respons. Nilai respons ini termasuk simpangan, gaya, dan tegangan. (Sumber: *CSI Analysis Reference Manual, Computers & Structures, Inc*).

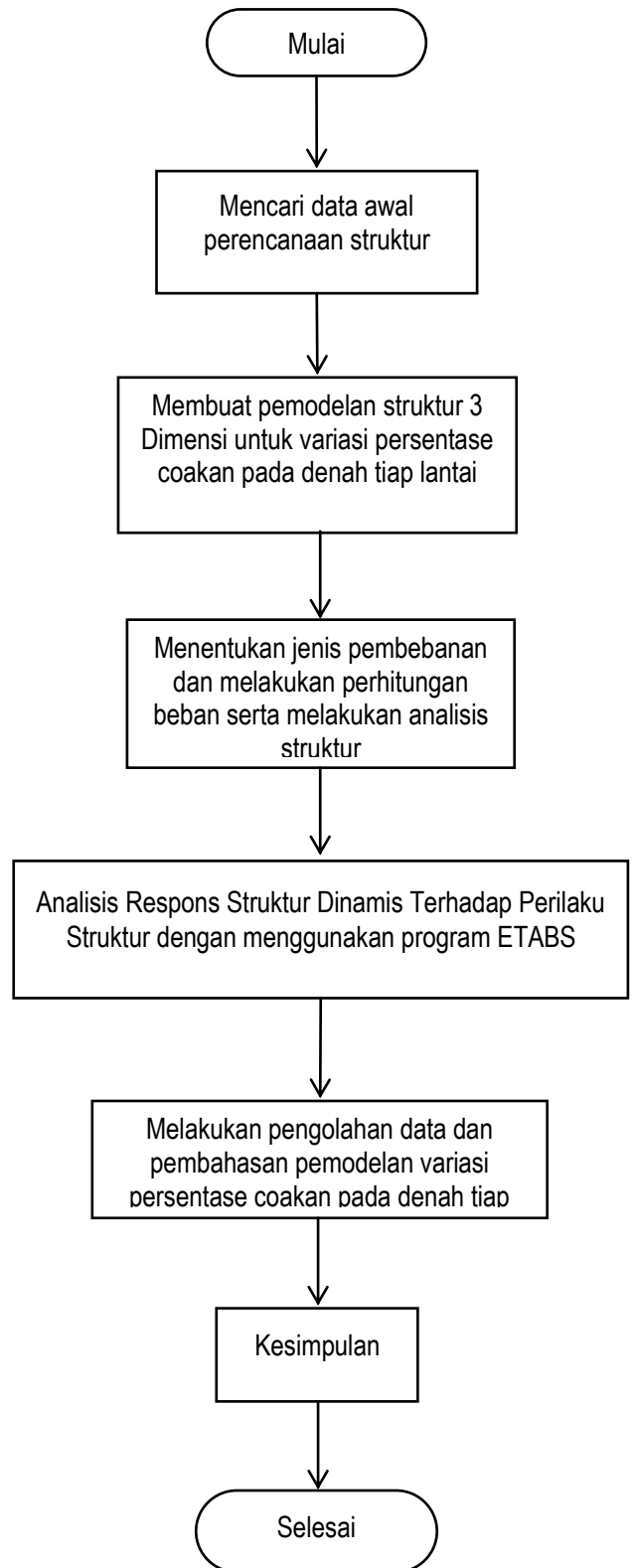
Variasi Jumlah Lantai Tiap Bentang

Ketidakteraturan yang akan disimulasikan pada model-model struktur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

NO.	Model
1	Model Dasar (Denah Beraturan)
2	Pemodelan Coakan 16%
3	Pemodelan Coakan 30%
4	Pemodelan Coakan 50%
5	Pemodelan Coakan 30% arah X
6	Pemodelan Coakan 50% arah X
7	Pemodelan Coakan 50% arah X dan 30% arah Y

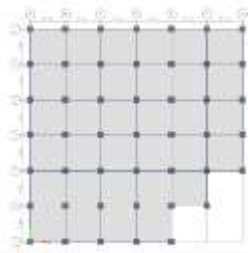
Tabel. 1 Daftar persentase variasi coakan

DIAGRAM ALIR PENELITIAN

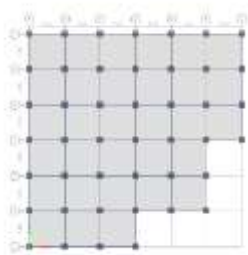


Gambar 2 Diagram Alir

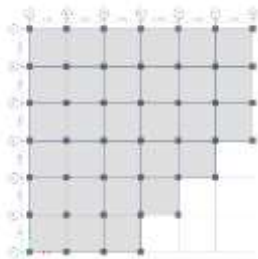
Untuk 4 (empat) model lainnya adalah sebagai berikut,



Gambar 3. Pemodelan Coakan Model 1



Gambar 4. Pemodelan Coakan Model 2



Gambar 5. Pemodelan Coakan Model 3



Gambar 6. Pemodelan Coakan Model 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Simpangan Model Dasar

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.361	6.758	12.630	3.792
9	18.566	6.484	12.217	3.665
8	17.295	6.044	11.544	3.467
7	15.599	5.453	10.602	3.183
6	13.572	4.747	9.414	2.825
5	11.305	3.956	8.010	2.407
4	8.877	3.108	6.421	1.929
3	6.357	2.227	4.686	1.407
2	3.824	1.340	2.863	0.863
1	1.448	0.508	1.096	0.331
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 1 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada model dasar

Simpangan Coakan 16%

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.407	6.716	12.717	4.049
9	18.607	6.447	12.299	3.916
8	17.330	6.011	11.617	3.700
7	15.628	5.426	10.667	3.397
6	13.596	4.725	9.470	3.016
5	11.324	3.939	8.056	2.567
4	8.890	3.095	6.456	2.057
3	6.366	2.219	4.710	1.501
2	3.828	1.337	2.877	0.919
1	1.450	0.507	1.102	0.353
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 3 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan 16%

Simpangan Coakan 30% arah X

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.314	6.631	12.805	4.160
9	18.521	6.372	12.384	4.021
8	17.253	5.945	11.698	3.797
7	15.560	5.370	10.740	3.485
6	13.539	4.679	9.534	3.092
5	11.277	3.903	8.109	2.630
4	8.855	3.070	6.497	2.106
3	6.342	2.203	4.737	1.536
2	3.814	1.329	2.891	0.939
1	1.445	0.505	1.104	0.360
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 4 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan 30% arah X

Simpangan Coakan 50% arah x 30% arah y

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	18.968	6.260	13.627	5.021
9	18.195	6.033	13.152	4.848
8	16.953	5.644	12.401	4.574
7	15.293	5.110	11.366	4.193
6	13.309	4.463	10.071	3.716
5	11.088	3.733	8.548	3.154
4	8.708	2.944	6.833	2.520
3	6.238	2.120	4.968	1.831
2	3.753	1.284	3.018	1.111
1	1.422	0.492	1.145	0.421
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 6 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan 50% arah x 30% arah y

Simpangan Coakan 30%

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.190	6.456	13.120	4.427
9	18.403	6.210	12.679	4.278
8	17.143	5.801	11.969	4.038
7	15.462	5.245	10.982	3.705
6	13.454	4.574	9.743	3.288
5	11.207	3.820	8.280	2.796
4	8.799	3.008	6.628	2.238
3	6.302	2.162	4.828	1.629
2	3.791	1.306	2.940	0.994
1	1.436	0.498	1.120	0.380
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 5 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan 30%

Simpangan Coakan 50% arah X

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.200	6.539	12.992	4.342
9	18.416	6.289	12.557	4.194
8	17.157	5.873	11.855	3.958
7	15.477	5.309	10.879	3.631
6	13.468	4.629	9.652	3.220
5	11.220	3.865	8.205	2.736
4	8.811	3.043	6.570	2.190
3	6.311	2.186	4.787	1.596
2	3.797	1.320	2.917	0.974
1	1.439	0.503	1.112	0.373
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 7 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan 50% arah X

Simpangan Coakan 50%

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	18.634	5.931	14.473	6.172
9	17.873	5.726	13.947	5.947
8	16.652	5.365	13.131	5.599
7	15.021	4.864	12.018	5.123
6	13.071	4.254	10.633	4.532
5	10.888	3.562	9.011	3.838
4	8.550	2.814	7.191	3.060
3	6.123	2.030	5.217	2.216
2	3.682	1.232	3.160	1.339
1	1.394	0.474	1.192	0.503
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 8 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan 50%

Simpangan Coakan Model 1

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.351	6.558	12.859	4.378
9	18.552	6.303	12.438	4.232
8	17.278	5.883	11.750	3.995
7	15.581	5.316	10.789	3.666
6	13.555	4.634	9.578	3.253
5	11.288	3.867	8.147	2.766
4	8.862	3.043	6.527	2.215
3	6.346	2.185	4.759	1.615
2	3.816	1.319	2.902	0.987
1	1.445	0.502	1.108	0.378
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 9 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan Model 1

Simpangan Coakan Model 2

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.177	6.364	13.204	4.686
9	18.388	6.128	12.761	4.526
8	17.127	5.727	12.047	4.271
7	15.446	5.181	11.055	3.917
6	13.438	4.522	9.807	3.474
5	11.193	3.778	8.335	2.951
4	8.788	2.977	6.671	2.362
3	6.293	2.142	4.858	1.721
2	3.785	1.295	2.957	1.049
1	1.434	0.495	1.125	0.401
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 10 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan model 2

Simpangan Coakan Model 3

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	19.166	6.257	13.311	4.941
9	18.376	6.029	12.865	4.771
8	17.115	5.639	12.144	4.500
7	15.434	5.105	11.143	4.127
6	13.427	4.458	9.885	3.659
5	11.182	3.728	8.399	3.108
4	8.779	2.940	6.722	2.487
3	6.286	2.117	4.893	1.811
2	3.780	1.282	2.976	1.104
1	1.432	0.491	1.130	0.421
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 11 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan model 3

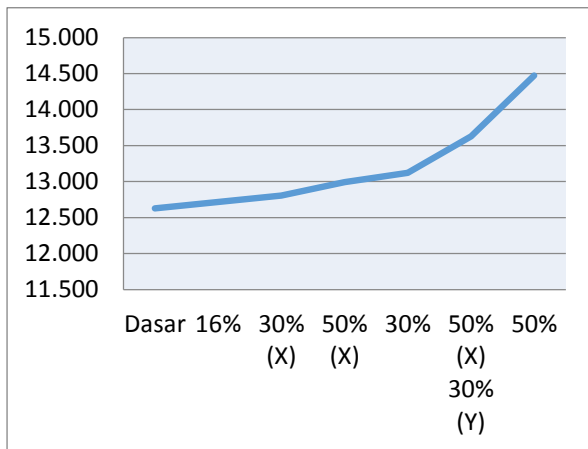
Simpangan Coakan Model 4

Lantai	Beban dinamis arah X			
	Statik		Dinamik	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
10	18.854	6.030	13.987	5.488
9	18.082	5.820	13.495	5.299
8	16.845	5.452	12.720	4.999
7	15.194	4.942	11.654	4.583
6	13.221	4.321	10.323	4.061
5	11.012	3.618	8.758	3.446
4	8.647	2.858	6.996	2.752
3	6.193	2.061	5.082	1.997
2	3.724	1.251	3.083	1.209
1	1.410	0.480	1.166	0.455
Base	0.000	0.000	0.000	0.000

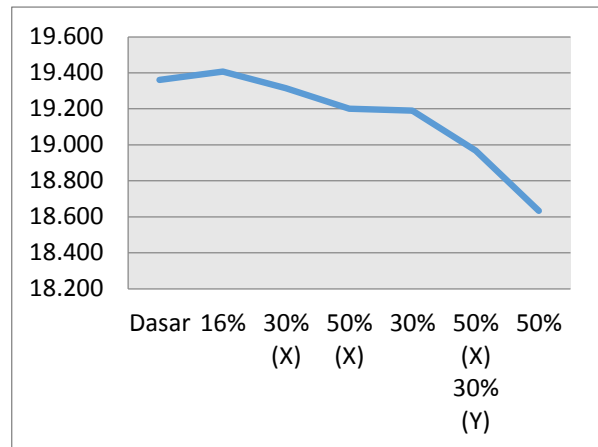
Tabel 12 Simpangan akibat beban dinamis arah X pada coakan model 4

Simpangan maksimum terjadi pada pemodelan coakan 50%, hal ini disebabkan karena pada pemodelan coakan yang paling tidak beraturan adalah coakan 50%.

Simpangan Maksimum Variasi Persentase Coakan

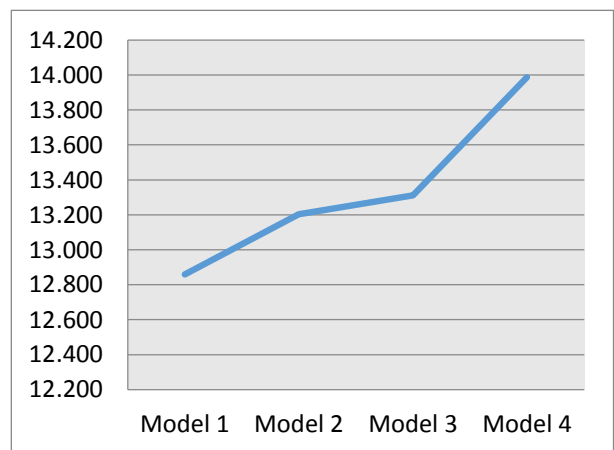


Gambar 7 Grafik simpangan maksimum variasi persentase coakan dengan cara analisis dinamis

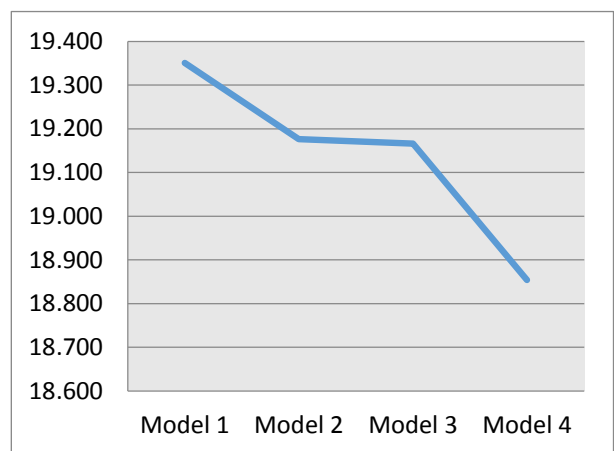


Gambar 8 Grafik simpangan maksimum variasi persentase coakan dengan cara statik ekuivalen

Simpangan Maksimum Variasi Model Coakan



Gambar 9 Grafik simpangan maksimum variasi model coakan dengan cara analisis dinamis



Gambar 10 Grafik simpangan maksimum variasi model coakan dengan cara statik ekuivalen

PENUTUP

Kesimpulan

1. Simpangan maksimum yang terjadi akibat beban dinamik baik beban gempa arah sumbu X maupun sumbu Y terdapat pada pemodelan coakan 50%. Hal ini dikarenakan dalam pemodelan variasi, coakan 50% lebih besar ketidakberaturan sudutnya dibandingkan dengan variasi-variasi lainnya.
2. Model struktur yang sudah tidak dianjurkan lagi untuk dianalisis dengan metode statik ekuivalen ialah, pemodelan Coakan 50%, adapun beberapa pemodelan lainnya yang masih bisa dianjurkan menggunakan metode statik ekuivalen akan tetapi menghasilkan simpangan yang begitu besar sehingga desainnya menjadi lebih boros apabila menggunakan metode statik ekuivalen.
3. Pada hasil analisis cara statik ekuivalen, simpangan yang dihasilkan berangsur-angsur mengecil untuk pemodelan yang memiliki coakan sudut atau ketidakberaturan sudut

semakin besar persentasenya, beda halnya dengan cara analisis dinamis.

Saran

1. Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa semakin tidak beraturannya suatu struktur bangunan analisis cara statik ekuivalen hasilnya akan lebih kecil dari pada cara analisis dinamis dalam kasus ini digunakan analisa *Respons Spectrum*. Ini disebabkan mengapa analisa statik ekuivalen hanya diperbolehkan untuk bangunan yang beraturan saja. Untuk itu disarankan dalam menganalisa suatu struktur yang tidak beraturan ada baiknya menggunakan cara analisis dinamis.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan *shear wall* atau parameter lainnya untuk mengetahui pengaruhnya pada bangunan tidak beraturan

DAFTAR PUSTAKA

- Clough R., Penzien J. (2003), "Dynamics of Structures", Computers & Structures, Inc., Berkeley, California.
- Chopra A.K, (1995), "Dynamics of Structures". New Jersey: Prentice Hall
- Paz, M., Leigh, W. (2004). "Structural Dynamics: Theory and Computation". Kluwer Academic Publisher
- SNI 1726-2002 (2002), "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung", Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2012), "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012", Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012), "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013", Jakarta.
- Computers & Structures, Inc. (2015), "CSI Analysis Reference Manual", Berkeley, California