

STUDI KOMPARASI ANTARA ANALISIS DUA DIMENSI (2D) DAN TIGA DIMENSI (3D) PADA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT 14 STUDI KASUS HOTEL HOLIDAY INN EXPRESS SEMARANG

Galih Widyarini ¹⁾, Lisatia Dian Pithaloka ¹⁾
Sukamta ²⁾, Parang Sabdono ²⁾

ABSTRAK

Analisis struktur merupakan salah satu hal penting dalam perencanaan struktur, khususnya struktur gedung. Ada dua cara dalam menganalisis struktur yaitu, analisis struktur 2D dan analisis struktur 3D, dengan menggunakan program computer SAP2000 untuk mendapatkan nilai dan arah gaya dalam yang digunakan untuk mendesain struktur tersebut. Studi komparasi analisis struktur 2D dan analisis struktur 3D dilakukan pada struktur eksisting Hotel Inn Express (HIEX) Semarang, dengan tujuan untuk membandingkan output gaya-gaya dalam, mengetahui kelebihan dan kekurangan dari kedua cara, dan menghitung momen kapasitas. Analisis Struktur yang dilakukan sebelum memodelkan dalam SAP 2000 harus diproses secara manual yaitu dengan Metode Displacement. Hasil analisis struktur yang diperoleh adalah selisih hasil gaya-gaya dalam antara 2D dan 3D relatif kecil dengan hasil analisis struktur 2D lebih besar dibandingkan 3D.

Kata kunci: Analisis Struktur, Dua Dimensi (2D), Tiga Dimensi (3D), SAP 2000, Metode *Displacement*

ABSTRACT

Analysis of the structure is one important thing in planning the structure, particularly the structure of the building. There are two ways to analyze the structure, structural analysis of 2D and 3D structural analysis, with using computer program SAP2000 to get the value and direction of the force used in designing the structure. Comparative study of the structural analysis of 2D and 3D structural analysis is doing on the existing structure Inn Express Hotel (HIEX) Semarang, that have purpose to compare the output styles, knowing the advantages and disadvantages of both ways, and counting the moment capacity. The results of the analysis of the structure of the results obtained is the difference in styles between 2D and 3D is relatively small with the analysis of 2D structures larger than the 3D.

Keyword: *Structure Analysis, Two Dimension (2D), Three Dimension (3D), SAP 2000, Displacement Method.*

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

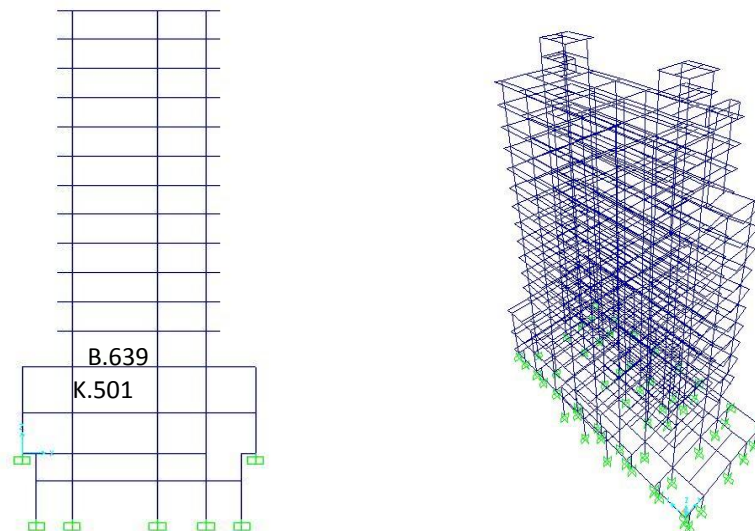
2) Dr. Eng Sukamta, ST. MT, dan Ir. Parang Sabdono, M.Eng, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

PENDAHULUAN

Hotel Holiday Inn Express (HIEX) merupakan salah satu tempat penginapan yang terdapat di kota Semarang. Data teknis dari Hotel HIEX yaitu, memiliki 14 lantai + 2 Basement, dengan tinggi gedung 53.3 meter, bentuk persegi panjang dan terletak di Jalan Ahmad Yani Nomor 45 Semarang. Struktur hotel yang ramping dan tinggi, serta memiliki ukuran kolom $b > h$ menjadikan hotel ini sebagai objek studi komparasi analisis struktur 2D dan 3D. Studi mengenai analisis perbandingan sistem perhitungan secara dua dimensi dan tiga dimensi bertujuan untuk membandingkan hasil Bending Moment Diagram (BMD), Shear Force Diagram (SFD), Normal Force Diagram (NFD) dengan cara displacement method antara sistem perhitungan secara dua dimensi dan tiga dimensi, mengetahui kelebihan dan kekurangan antara sistem dua dimensi dan tiga dimensi dalam segi perhitungan, dan mengetahui kapasitas kekuatan yang dimiliki elemen struktur yang di analisis antara sistem dua dimensi dan tiga dimensi dengan membandingkan hasil momen kapasitas.

STUDI KASUS

Pemodelan dan analisis struktur menggunakan program SAP 2000 secara dua dimensi dan tiga dimensi. Gambar pemodelan struktur dengan menggunakan program SAP 2000 secara dua dimensi diambil contoh pada portal 5 yang ditunjukkan pada gambar 1 dan model 3D pada gambar 2.



Gambar 1. Pemodelan Struktur SAP Dua Dimensi

Gambar 2. Pemodelan Struktur SAP Tiga Dimensi

Hasil gaya dalam pada balok 639 dan kolom 501 untuk struktur 2D dan 3D terdapat pada tabel 1 dan selisih hasil gaya dalam pada tabel 2.

Tabel 1. Hasil Gaya Dalam pada Balok 639 dan Kolom 501 untuk struktur 2D dan Struktur 3D

Elemen	Metode Displacement			2D SAP 2000			3D SAP 2000		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Balok 639	-172376	223658	-598065	-178179	238632	-562886	-122483	233249	-629346

Kolom 501	1961296	-1655180	2105686	-1772791	1959095	-1672479
Balok 639	-4369	6220	-4461	6133	-4195,21	6398,96
Kolom 501	-7233	-7233	-7757	-7757	-7263,15	-7263,15
Kolom 501	-600984	-600984	-601657	-608385	-589372	-590700

Tabel 2. Selisih Hasil Gaya Dalam (%)

Elemen	Selisih terhadap 2D SAP 2000 (%)						Selisih terhadap 3D SAP 2000 (%)			Jenis Gaya Dalam
	Metode <i>Displacement</i>			3D SAP 2000			Metode <i>Displacement</i>			
Balok 639	-3,26	-6,27	6,25	31,26	2,31	-10,56	28,94	-4,11	-4,97	Gaya Momen
Kolom 501	-6,86		-6,63	7,48		6,00	0,11		-1,03	
Balok 639	-2,05		1,41	5,95		-4,15	3,98		-2,80	Gaya Geser
Kolom 501	-6,76		-6,76	6,80		6,80	-0,42		-0,42	
Kolom 501	-0,11		-1,22	2,08		2,99	1,97		1,74	Gaya Aksial

Dari hasil analisis struktur HIEX secara 2D dan 3D dengan SAP 2000, didapatkan kelebihan dan kekurangan dari kedua sistem tersebut seperti yang tertera pada tabel 3.

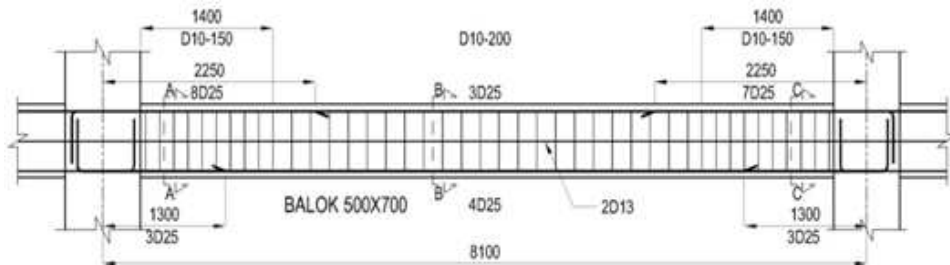
Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan Analisis Struktur 2D dan 3D

NO	URAIAN	STRUKTUR 2D		STRUKTUR 3D	
		Kelebihan	Kekurangan	Kelebihan	Kekurangan
1.	Proses <i>Running</i> SAP 2000	Lebih cepat ± 2 detik		Membutuhkan waktu lebih lama ± 2 menit	
2.	Selisih hasil gaya-gaya dalam terhadap metode <i>displacement</i>	Lebih mendekati, Rata-rata < 5%		Lebih mendekati, Rata-rata < 5%	
3.	Sistem Pembebanan	Hanya dapat dilakukan secara <i>open frame</i>		Dapat dilakukan secara <i>open frame</i> ataupun <i>shell</i>	

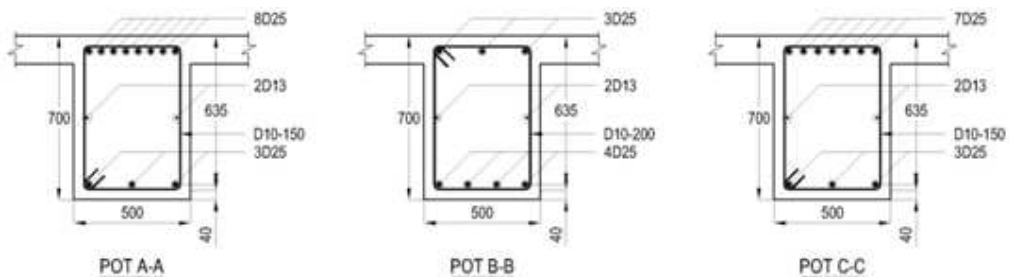
PERHITUNGAN KAPASITAS MOMEN BALOK

Perhitungan Balok pada Balok 639

Balok 639 memiliki ukuran balok $500 \times 700 \text{ mm}^2$ dengan bentang balok 8100 mm . Konfigurasi dari penampang balok dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Penampang Balok 639

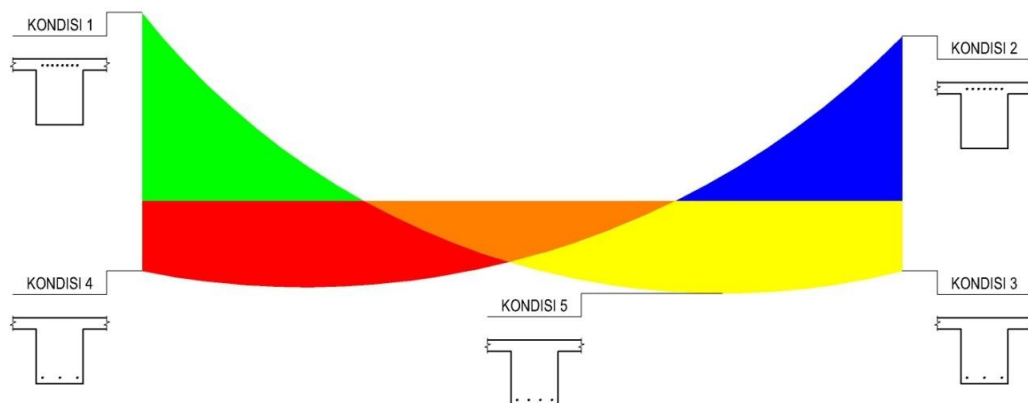


Gambar 4. Detail Potongan Penampang Balok 639

Dengan data spesifikasi balok sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 b &= 500 \text{ mm} & f_c' &= 30 \text{ MPa} \\
 h &= 700 \text{ mm} & f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 d &= 635 \text{ mm} & \text{diameter tulangan} &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan terjadi perilaku balok persegi dengan 1 *layer* tulangan. Jika ada tulangan tekan maka sebagai pendekatan tulangan tekan tersebut diabaikan. Dihitung momen nominal (M_n) dan momen *probable* (M_{pr}) pada kelima kondisi sesuai diagram momen balok (gambar 5).



Gambar 5. Diagram Momen Balok akibat Pembebanan Gempa dan Gravitasi

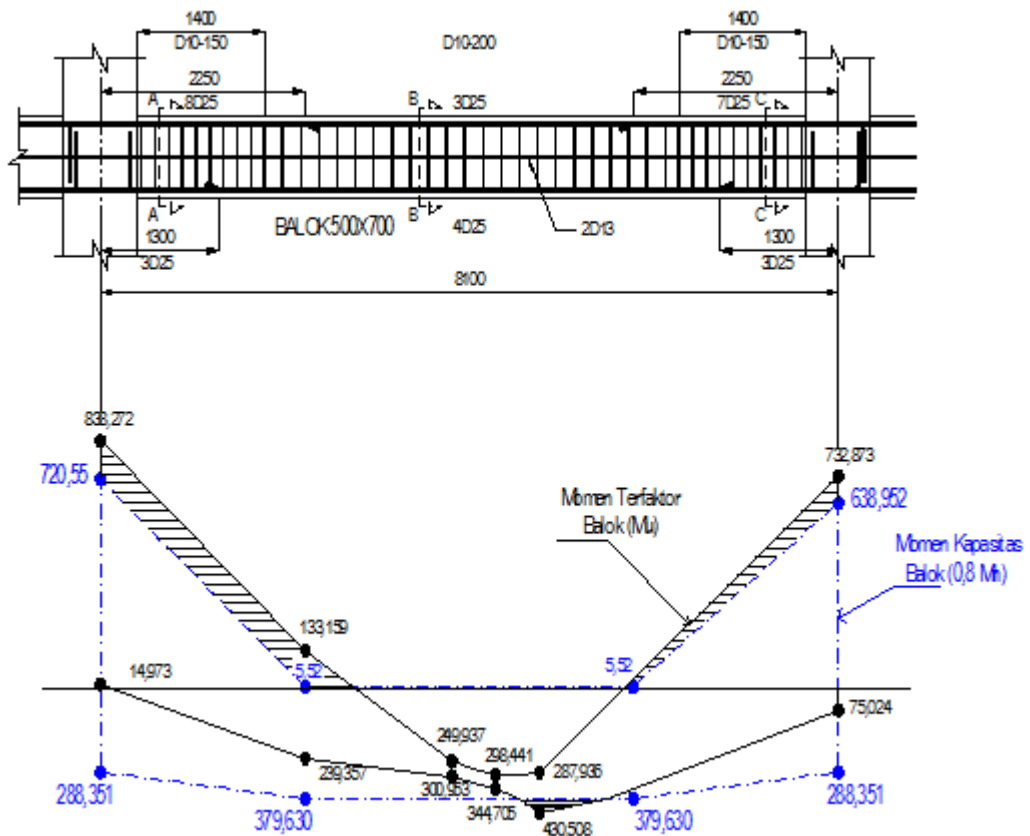
Cek momen nominal (M_n) (Chu-Kia Wang, and Charles G. Salmon. 1985)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (1)$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d_t - \frac{a}{2}) \quad (2)$$

Tabel 4 : Hasil rekapitulasi perhitungan pelat balok yang ditinjau

Kondisi	Mu (kNm)	ϕM_n (kNm)	A_s (mm ²)	Tulangan Terpasang
1	833,272	720,556	3926,99	8D25
2	732,873	638,952	3436,12	7D25
3	75,024	288,351	1472,62	3D25
4	14,973	288,351	1472,62	3D25
5	430,508	379,630	1962,50	4D25



Gambar 6. Diagram M_u dan ϕM_n Balok 639

(unit satuan kilonewton, meter)

Keterangan :

———— = Garis Momen Terfaktor

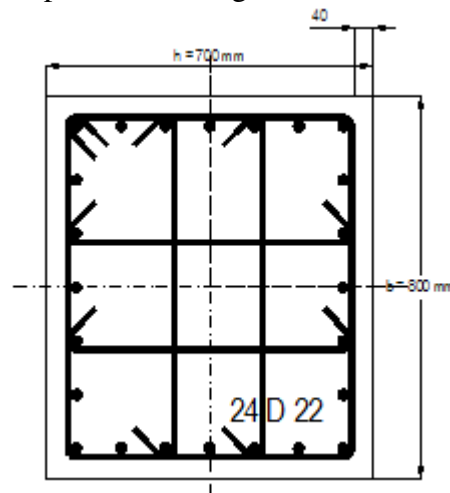
- - - - - = Garis Momen Kapasitas

Hasil perhitungan momen kapasitas balok 639 dan momen terfaktor akibat beban gravitasi dan seismik menunjukkan bahwa momen kapasitas balok tidak dapat menahan momen yang terjadi pada daerah tumpuan dengan ditunjukkan oleh daerah yang di arsir pada gambar 6.

Kapasitas Momen Nominal Kolom

Perhitungan kapasitas momen nominal kolom 501

Ukuran kolom 501 yang akan ditinjau pada lantai 3 dari Struktur Hotel HIEX adalah 800/700 (gambar 7). dengan data spesifikasi sebagai berikut :

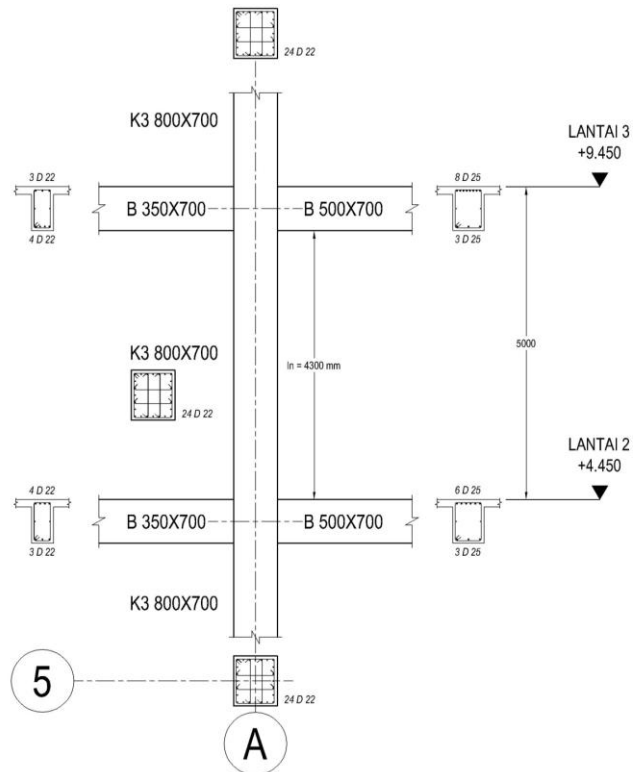


Gambar 7. Detail Kolom 800/700

$b = 800$ mm	diameter tulangan, $\phi = 22$ mm
$h = 700$ mm	jumlah (n) = 24 buah
$d = 635,5$ mm	$A_{st} = 9123,19$ mm ²
$f_c' = 40$ Mpa	$\rho_g = 0,016$
$f_y = 400$ Mpa	$\beta = 0,78$

Cek Momen Nominal

Pada bagian atas kolom yang ditinjau, kolom dipegang oleh kolom berpenampang yang sama, dengan panjang 4000 mm, balok kiri ukuran 350x700, serta balok kanan ukuran 500x700. Sementara pada bagian bawah, dipegang oleh kolom yang berpenampang sama, dengan panjang 4500 mm, balok kiri ukuran 350x700, serta balok kanan ukuran 500x700 (gambar 8)



Gambar 8. Konfigurasi Kolom 800/700

Dari hasil analisis struktur 3D SAP 2000, diketahui gaya aksial terfaktor pada kolom sebagai berikut :

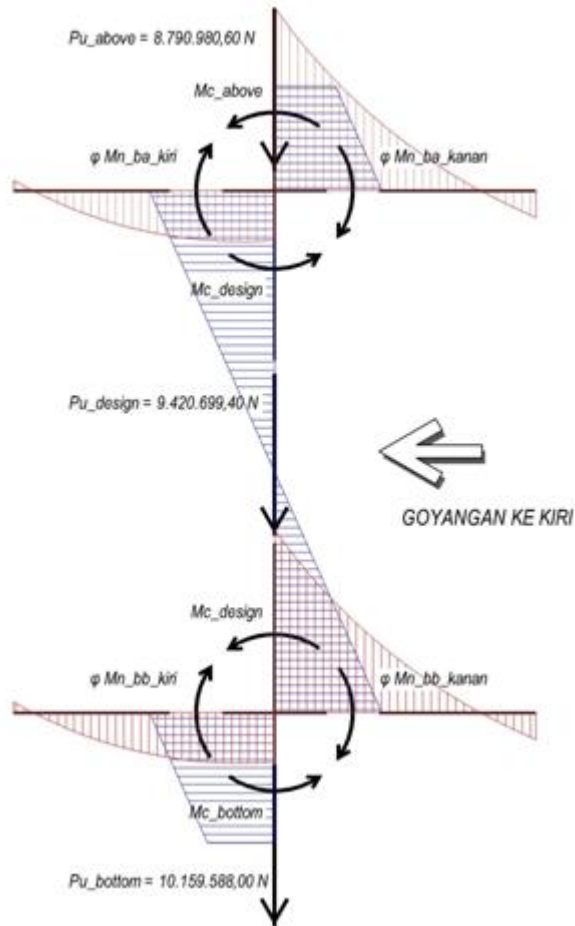
1. Kolom atas, $Pu_above = 879.098,06 \text{ kg} = 8.790.980,60 \text{ N}$
2. Kolom 501, $Pu_design = 942.069,94 \text{ kg} = 9.420.699,40 \text{ N}$
3. Kolom bawah, $Pu_bottom = 1.015.958,80 \text{ kg} = 10.159.588,00 \text{ N}$

Cek kuat kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.2.2, kuat kolom ϕM_n harus memenuhi :

$$\Sigma M_c \geq 1,2 \cdot \Sigma M_g$$

Akibat goyangan ke kiri, ϕM_n yang terjadi pada ujung balok atas maupun bawah seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. ϕ Mn pada Ujung-ujung Balok Akibat Goyangan ke Kiri

Menggunakan diagram interaksi Pn-Mn (gambar 9) dan gaya aksial terfaktor P_u , maka diketahui ϕ Mn kolom sebagai berikut :

1. Kolom atas

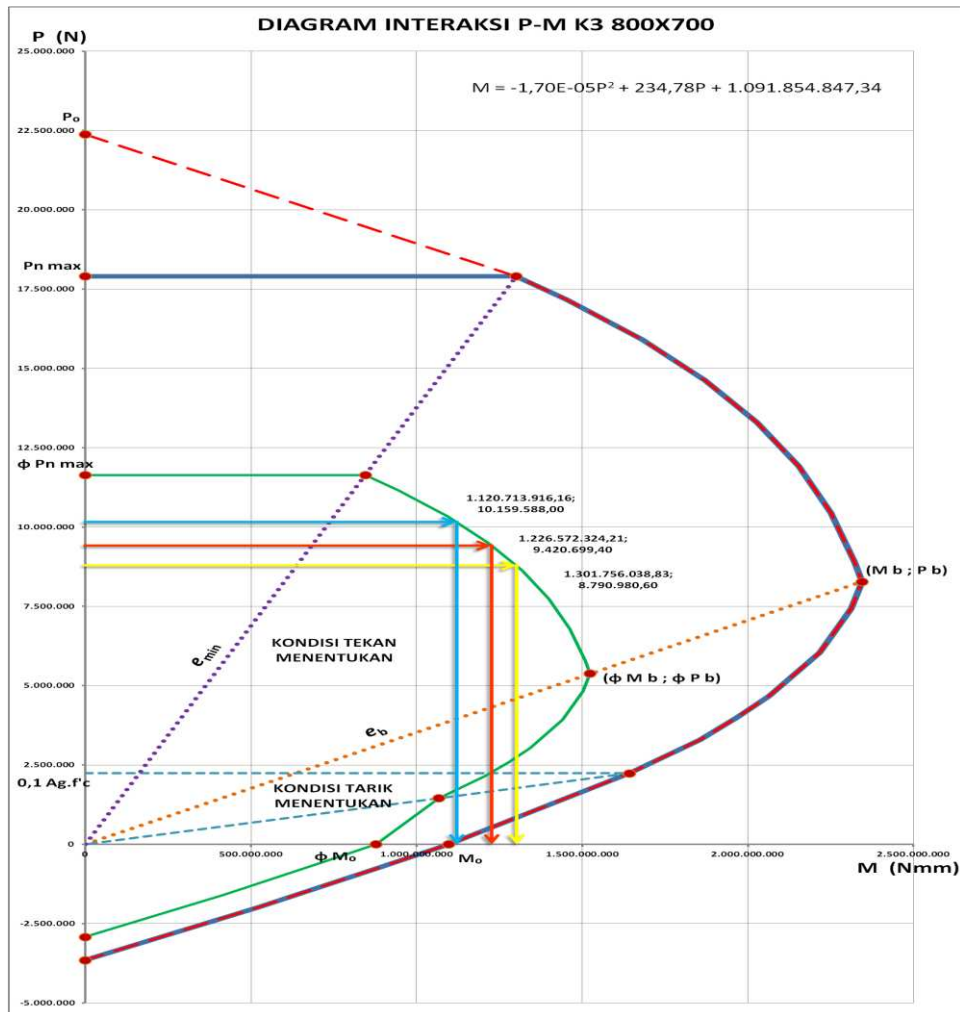
$$P_{u_above} = 8.790.980,60 \text{ N}; \phi Mn_{above} = 1.301.756.038,83 \text{ Nmm}$$

2. Kolom 501

$$P_{u_design} = 9.420.699,40 \text{ N}; \phi Mn_{design} = 1.226.572.324,21 \text{ Nmm}$$

3. Kolom bawah

$$P_{u_bottom} = 10.159.588,00 \text{ N}; \phi Mn_{bottom} = 1.120.713.916,16 \text{ Nmm}$$



Gambar 10. Diagram Interaksi Kolom 501

Berdasarkan hitungan kapasitas momen pada kolom 501, gaya momen yang terjadi akibat beban seismik dan gravitasi pada kolom tersebut memenuhi kapasitas momen dengan dibuktikan oleh cek kuat kolom dimana $\Sigma M_c \geq 1,2 \cdot \Sigma M_g$, yaitu $2.528.328.363,04 > 1.216.414.135,27$ Nmm pada kolom atas dan $2.347.286.240,37 > 933.457.858,78$ Nmm pada kolom bawah. Cek nilai kapasitas momen juga dapat dilihat pada gambar 10 yang telah memenuhi kapasitas momen kolom

KESIMPULAN

Perbandingan gaya-gaya dalam antara struktur 2D dan 3D dengan SAP 2000 memiliki rata-rata selisih hasil relatif kecil, yaitu pada momen $\pm 7\%$, pada gaya geser $\pm 3\%$, dan pada gaya aksial $\pm 5\%$. Tetapi pada beberapa elemen struktur yang terletak di tengah portal memiliki selisih hasil yang besar, yaitu lebih dari 20%. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan pendistribusian beban.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Ghali dan A.M, Neville. 1985. *Analisa Struktur Gabungan Metode Klasik dan Matriks Edisi Kedua*. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira, MSCE. Erlangga Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Standar Nasional Indonesia: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Bandung: Author.
- Badan Standardisasi Nasional. (2003). *Standar Nasional Indonesia: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2003)*. Bandung: Author.
- Chu-Kia Wang, and Charles G. Salmon. 1985. *Reinforced Concrete Design, Fourth Edition Chapter Two*. Erlangga. Jakarta.
- Dewabroto, Wiryanto. 2007. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 2000*. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Kusuma, G.H. & Vis, W.C. (1997). *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang: Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 (Seri Beton 1)*. Jakarta: Erlangga.
- Satyarno, Iman, Purbolaras Nawangsalam, dan R. Indra Pratomo. 2012. *Belajar SAP 2000 Analisis Gempa*. Zamil Publishing. Yogyakarta.

