

STUDI PENGARUH BEBAN GEMPA TERHADAP GEDUNG TOWER AMSTERDAM-DENHAG di PROYEK CONDOTEL HOLLAND PARK BATU

Heri Putra Suprayitno

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email: heptras@gmail.com

Abstract

At the world of structures have been many ideas that were created to resolve of buildings problem, one example is the building which received of seismic forces when that building was put their foundation on the ground. In these innovations was there one criterion that the building column reinforcement ratio must be in range 4 – 6 % for building earthquake resistant. And the building that we studied have approximately $\pm 1\%$ and has a wide cross-section of the column width of the wall.

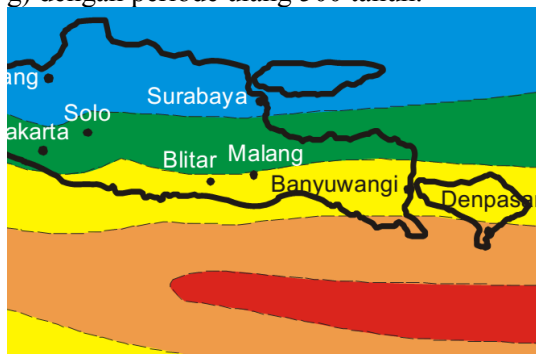
We therefore conducted a study on the building by collect a variety of data such as shop drawing, ground conditions, quality of concrete and steel used etc. From that data, we process all of that using ETABS 2015 software to determine the strenght if the building when in applied of seismic load on planning.

From the result of the study found that there are some coloumns that have failed when seismic occured in the building and need some magnification of a cross section of the column that had damaged. And to assist the column resist seismic loads, reinforcement also significant changes either on the number and dimensions.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia terletak di daerah rawan gempa, untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Berdasarkan SNI 1726 tahun 2002, kota Batu telah diklasifikasikan kedalam daerah yang telah memiliki resiko gempa sedang wilayah 4 yang memiliki percepatan gempa 0.2 gravitasi (0.2 g) dengan periode ulang 500 tahun.



Wilayah ①	□	: 0,03 g
Wilayah ②	■	: 0,10 g
Wilayah ③	■	: 0,15 g
Wilayah ④	■	: 0,20 g
Wilayah ⑤	■	: 0,25 g
Wilayah ⑥	■	: 0,30 g

Perencanaan tahan gempa pada umumnya didasarkan pada analisa elastik yang diberi faktor beban untuk simulasi kondisi

ultimit (batas). Kenyataannya, perilaku runtuh struktur bangunan pada saat gempa adalah pada saat kondisi inelastis. Dengan merencanakan suatu struktur dengan beban gempa, banyak aspek yang mempengaruhinya diantaranya adalah periode bangunan. Periode bangunan itu sangat dipengaruhi oleh massa struktur serta kekakuan struktur tersebut. Kekakuan struktur sendiri dipengaruhi oleh kondisi struktur, bahan yang digunakan serta dimensi struktur yang digunakan. Evaluasi untuk memperkirakan kondisi inelastik struktur bangunan pada saat gempa perlu untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerjanya memuaskan pada saat terjadinya gempa. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri.

Pada salah satu Tower di Condotel Holland Park daerah Batu ini, menggunakan dimensi dari kolom langsing dengan prosentase tulangan yang kurang lebih 2%

mengingat daerah Batu masuk dalam zona gempa yang tinggi yaitu zona 4. Dari hal tersebut diduga dalam perencanaan strukturnya beban gempa masih belum diaplikasikan. Dalam hal ini saya akan melakukan studi pemberian beban gempa pada struktur sesuai dengan peraturan gempa SNI 03-1726-2002 dan melihat pengaruhnya terhadap gedung tersebut ketika menerima gempa.

Dalam Tugas Akhir ini diambil satu gedung dari 3 bangunan Condotel Holland Park Batu yaitu Tower Amsterdam-Den Haag. Dalam perhitungan nantinya akan digunakan aplikasi teknik sipil ETABS 2015.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas antara lain:

- a. Bagaimana pengaruh beban gempa terhadap struktur kolom gedung jika dalam perencanaannya diaplikasikan sesuai peraturan gempa SNI 03-1726-2002.
- b. Mengevaluasi apakah beban gempa berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan dan dimensi kolom.
- c. Bagaimana proses desain ulang kolom sesuai dengan peraturan SNI 2002

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai antara lain:

- a. Untuk mengetahui prediksi pengaruhnya beban gempa pada kolom gedung.
- b. Untuk mengetahui kekuatan kolom gedung yang dalam perencanaannya di aplikasikan beban gempa 2002
- c. Untuk mengetahui proses perencanaan ulang jika terdapat kerusakan struktur kolom gedung tersebut

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembahasan ini adalah:

- a. Aspek yang ditinjau adalah struktur tower Amsterdam-Den Haag di proyek Condotel Holland Park.
- b. Perencanaan ulang diutamakan pada perencanaan kolom gedung.
- c. Kondisi tanah keras dan tidak mengalami pergerakan.
- d. Analisa menggunakan aplikasi bantu teknik sipil ETABS 2015
- e. Asumsi hubungan Balok Kolom merupakan sambungan kaku (Rigid);

Manfaat Penelitian

Adapun manfaatnya antara lain:

- a. Teoritis
Diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi secara lebih detail pemberian beban gempa dan pengaruhnya didalam perencanaan struktur kolom gedung.
- b. Praktis
Dari hasil perhitungan beban gempa pada bangunan Tower Amsterdam-Den Haag Proyek Condotel Holland Park maka diharapkan dapat diketahui beban gempa yang bekerja pada struktur beton bertulang dan mencari penyelesaiannya.

2. DASAR TEORI

Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut:

1. Beban Mati (Dead Load), dinyatakan dengan lambang DL;
2. Beban Hidup (Live Load), dinyatakan dengan lambang LL;
3. Beban Angin (Wind Load), dinyatakan dengan lambang W.
4. Beban Gempa (Earthquake Load), dinyatakan dengan lambang E;

Beban Mati (DL)

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi structural menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

- Beton = 2400 kg/m³
- Tegel (24 kg/m²) + Spesi (21 kg/m²) = 45 kg/m²
- Plumbing = 10 kg/m³
- Plafond + Penggantung = 18 kg/m³
- Dinding ½ bata = 250 kg/m²

Beban tersebut harus disesuaikan dengan volume elemen struktur yang akan digunakan.

Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih besar daripada beban

hidup pada masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Beban Hidup pada Lantai Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m².

2. Beban Hidup pada Atap Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 100 kg/m²

Beban Angin

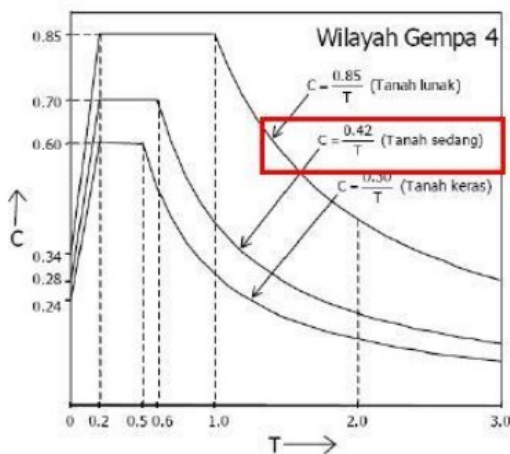
Mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Dalam perencanaan ini beban horizontal akibat tekanan angin diabaikan, karena pengaruhnya relatif kecil dibandingkan dengan beban horisontal akibat gempa.

Beban Gempa (E)

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, wilayah Indonesia dapat dibagi ke dalam 6 wilayah zona gempa.

Struktur bangunan yang akan direncanakan terletak pada wilayah gempa 4. Berikut ini adalah grafik dan tabel Respons Spektra pada wilayah gempa zona 4 untuk kondisi tanah lunak, sedang, dan keras.



Beban gempa yang diperhitungkan ialah beban hidup ditambah dengan beban mati yang telah direduksi. Untuk mencari beban geser gempa

untuk analisis beban statis ekuivalen digunakan rumus:

$$V=(C.I)/R.Wt$$

Dimana:

- V = Gaya geser dasar rencana total, N
- R = Faktor modifikasi respons
- Wt = Berat total struktur, N
- I = Faktor keutamaan gedung
- C = Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.

Perencanaan Kolom

Penampang persegi dalam daerah "compression control" (overreinforced')

Jika $P_n > P_b$ atau $e < e_b$ ---> tercapai keadaan ini.

Langkah perhitungan untuk menentukan P_n :

1. Check apakah $e < e_b$ atau $e > e_b$ (e diketahui, e_b dihitung)
2. Tentang lokasi garis netral.

Jika $e < e_b$ ---> maka $x > x_b$ ---> $\epsilon_s < \epsilon_y$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x = \dots \cdot x$$

$$C_s = A'_s (f_y - 0,85 f'_c) = \dots \dots \dots$$

$$T = A_s \cdot f_s = 0,003 E_s \frac{d-x}{x} \dots \dots \dots x$$

Karena , $f_s = E_s \cdot \epsilon_s$

$$\epsilon_s : \epsilon_c = (d-x) : x$$

$$\epsilon_s = 0,003 \frac{d-x}{x}$$

Σ Momen terhadap $P_n = 0$

$$0 = C_s (\bar{y} - e - d') + C_c [1/2a (\bar{y} - e)] + T [d - (\bar{y} - e)]$$

$$0 = x^3 - \dots \dots \dots x^2 + \dots \dots \dots x - \dots \dots \dots$$

Diperoleh $x = \dots \dots \dots$

3. Menentukan $P_n = C_c + C_s - T$

4. Kontrol apakah Σ momen terhadap pusat plastis:

$$P_n \cdot e_n = C_s (\bar{y} - d') + C_c (\bar{y} - 1/2a) + T (h - \bar{y} - d')$$

Penampang persegi dalam daerah "tension control" (underreinforced')

Jika $P_n < P_b$ atau $e > e_b$ ---> terjadi keadaan ini.

Untuk penampang bertulangan rangkap ada 2 kejadian:

- a. Tulangan tekan telah leleh, $f'_s \geq f_y$, sehingga $f'_s = f_y$
- b. Tulangan tekan belum leleh, $f'_s < f_y$, sehingga $f'_s = f'_s$

Apabila pada saat kondisi balanced, $f'_s \leq f_y$, maka pada saat kondisi tarik akan terjadi tulangan tekan belum leleh ($f'_s < f_y$) dan f'_s dihitung dengan,

$$f's = 0,003 Es((x-d^{\wedge}))/x$$

Karena nilai $f's$ tergantung dari nilai letak garis netral x yang akan ditentukan (belum diketahui), maka suatu langkah analisis yang rasional adalah melakukan cara coba-coba.

Cara coba-coba ini dilakukan dengan mencoba suatu nilai x yang lebih kecil dari xb , kemudian dilakukan langkah analitis. Apabila dari hasil analitis diperoleh $e = Mn/Pn$ yang mendekati e yang diketahui maka selesai.

Prosedur analisis lainnya, adalah dengan mengasumsikan tulangan tekan leleh ($f's=fy$), sehingga diketemukan nilai x dan tentunya untuk sebelum melangkah selanjutnya perlu di cek apakah memang asumsi tulangan tekan lele telah benar dengan cara mensubstitusikan nilai x yang telah diperoleh ke persamaan:

$$f's = 0,003 Es((x-d^{\wedge}))/x \geq fy$$

bila sesuai asumsi maka lanjutkan ke langkah analisis selanjutnya, bila tidak sesuai, maka harga x yang diperoleh dari asumsi $f's=fy$ perlu direvisi dan dilakukan cara coba-coba (Struktur Beton 2, Ir. Pujio Priyono, MT).

Eksentrisitas

Eksentrisitas terjadi karena pusat rotasi dan pusat massa pada gedung tidak berimpit, dengan adanya hal ini mengakibatkan gedung akan mengalami momen torsi yang mengakibatkan gedung mengalami punter, contohnya pada struktur yang tidak beraturan.

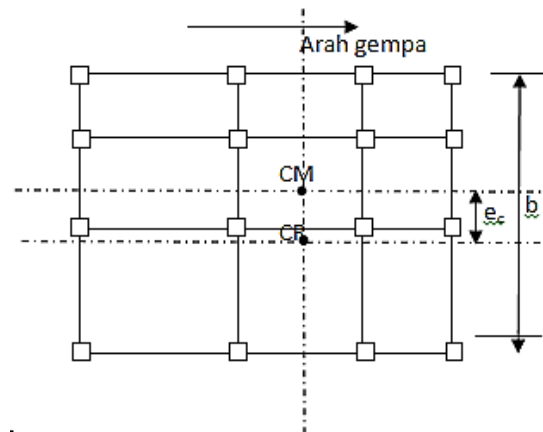
1. Momen punter horizontal

Peraturan gempa (1983) pasal 3.4.7.

a. Momen punter rencana

Untuk memperhitungkan gerakan memuntir, gaya geser tingkat akibat gempa (yaitu F_i diatas taraf yang ditinjau) harus dikerjakan suatu eksentrisitas rencana ed yang diukur dari titik pusat kekakuan.

Eksentrisitas teoritis ec adalah jarak pusat massa dan pusat kekakuan tegak lurus arah gempa yang ditinjau



Pengertian pusat massa dan pusat kekakuan

Pusat Massa:

Adalah titik tangkap resultant dari jumlah semua beban gravitasi yang bekerja diatas taraf yang ditinjau.

Pusat kekakuan:

Adalah titik tangkap resultant gaya geser yang bekerja yang terdapat pada taraf lantai yang bersangkutan.

Eksentrisitas rencana (ed)

c.1. Jika $ec < 0,1b$ dan gedung tersebut bertingkat ≤ 4 , maka $ed=0$

Jadi momen punter rencana = 0

→ tidak ada punter

c.2. Jika $0,1b < ec < 0,3b$, maka ed dipilih dari 2 keadaan yang kritis yaitu:

$$ed = 1,5ec + 0,05b$$

atau,

$$ed = ec - 0,05b$$

pengaruh torsi hanya perlu ditinjau untuk pembebanan gempa dalam satu arah saja.

c.3. Jika $ec > 0,3b$, maka struktur harus dianalisa dengan analisa dinamis 3 dimensi.

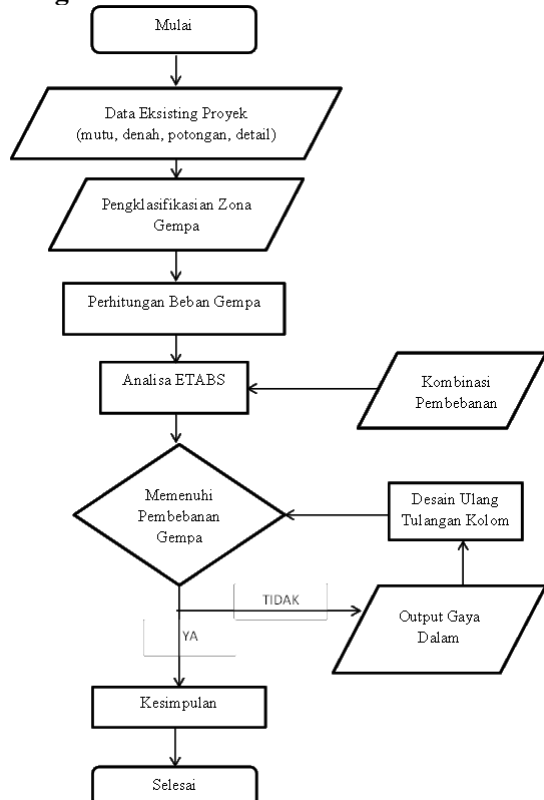
3. METODOLOGI PENELITIAN

Data Perencanaan

a. Data umum Gedung

- Nama Gedung : Tower Amsterdam-Denhag Condotel Holland Park
- Fungsi Gedung : Hotel
- Lokasi : Proyek Condotel Holland Park, Batu
- Luas Bangunan : ± 1260 m²
- Jumlah Lantai : 8 Lantai
- Elevasi Bangunan : ± 28 m

Diagram Alur Penelitian



4. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN Rasio Tulangan Kolom Etabs

Untuk rasio tulangan kolom output dari etab ditampilkan dalam lampiran 1, dan di ambil beberapa sample kolom tulangan yang mengalami peningkatan rasio tulangan $\geq 2\%$ dari eksisting.

Label	Story	Section	Location	P	M Major	M Minor	PMM Combo	PMM Ratio or Rebar %	Rasio Kolom Eksisting %	Selfish
C153	lt 3 Den	K18	Bottom	1162.3846	-34.8645	125.3622	comb-4	4.24%	2.00%	2.24%
C141	lt 1	K18	Top	1634.5361	25.1119	121.121	comb-3	4.39%	2.00%	2.39%
C144	lt 1	K18	Bottom	1662.2866	-34.9456	126.1345	comb-3	5.03%	2.00%	3.03%
C147	lt 1	K18	Bottom	1629.8618	-30.641	119.3847	comb-4	4.36%	2.00%	2.36%
C147	lt 1	K18	Top	1608.7129	26.7091	114.5029	comb-4	4.68%	2.00%	2.68%
C147	lt 1	K18	Bottom	1616.4618	-39.2018	119.9202	comb-4	4.63%	2.00%	2.63%
C150	lt 1	K18	Bottom	1613.3384	-32.7191	120.3353	comb-4	4.43%	2.00%	2.43%
C153	lt 1	K18	Top	1707.1803	26.5057	140.0546	comb-4	5.56%	2.00%	3.56%
C307	lt 1	K37	Top	258.0007	8.77	19.7164	comb-4	4.16%	1.70%	2.46%
C88	Lobby	K16	Top	1692.2886	24.0798	116.6191	comb-4	5.56%	2.80%	2.76%
C88	Lobby	K16	Bottom	1720.017	15.2254	145.1174	comb-4	5.96%	2.80%	3.16%
C74	Lobby	K16	Top	1698.2029	-24.7618	117.4483	comb-4	5.66%	2.80%	2.86%
C76	Lobby	K16	Top	1680.0332	-29.9354	111.1395	comb-4	5.47%	2.80%	2.67%
C76	Lobby	K16	Bottom	1707.7616	15.1291	145.3818	comb-4	5.83%	2.80%	3.03%
C86	Lobby	K15	Top	1760.1051	17.6034	131.7513	comb-2	5.40%	3.10%	2.30%
C86	Lobby	K15	Bottom	1767.8535	-12.8217	148.0844	comb-2	5.83%	3.10%	2.73%
C129	Lobby	K15	Top	1767.2427	-33.4361	137.0827	comb-2	5.83%	3.10%	2.73%
C5	lg 1	K16	Top	1702.9383	22.9798	118.6237	comb-4	5.71%	2.80%	2.91%
C11	lg 1	K16	Top	1704.5814	-22.6117	119.3028	comb-4	5.74%	2.80%	2.94%
C82	lg 1	K37	Bottom	257.4107	-1.1116	-20.3508	comb-4	3.70%	1.70%	2.00%
C110	lg 1	K37	Top	262.1885	2.0094	23.3237	comb-4	4.93%	1.70%	3.23%
C110	lg 1	K37	Bottom	266.0367	-1.4005	-29.0151	comb-4	5.53%	1.70%	3.83%

Selain hasil diatas, juga terdapat beberapa kolom yang mengalami kegagalan struktur, dengan rasio tulangan melebihi batas kolom tahan gempa yaitu $\leq 6\%$

Label	Story	Section	Location	P	M			PMM Combo	PMM Ratio or Rebar %	Rasio Kolom Eksisting %
					M Major	M Minor	PMM Combo			
C154	Atap Rawah Den & Lt Menuz Arms	K25	Top	554.5337	16.7671	164.1216	comb-1	0%	3.20%	
C51	Lt 4 Arms & Menuz den	K25	Top	480.1889	-14.5309	113.2228	comb-1	0%	3.20%	
C153	lt 1	K18	Bottom	1732.1325	-37.5453	149.3463	comb-3	0%	2.00%	
C107	lt 1	K17	Bottom	375.8941	-9.5628	-26.9874	comb-4	0%	1.70%	
C66	Lobby	K16	Top	1730.3318	-29.724	150.2892	comb-3	0%	2.80%	
C66	Lobby	K16	Bottom	1738.0802	13.9828	161.4245	comb-3	0%	2.80%	
C74	Lobby	K16	Bottom	1725.9513	13.2891	-147.1036	comb-4	0%	2.80%	
C129	Lobby	K15	Bottom	1794.9911	14.4879	146.4141	comb-2	0%	3.10%	
C141	Lobby	K16	Top	2122.8658	27.4445	158.6889	comb-2	0%	2.80%	
C141	Lobby	K16	Bottom	1890.5542	-12.6774	-162.1078	comb-1	0%	2.80%	
C144	Lobby	K16	Top	1878.6764	18.645	215.8607	comb-3	0%	2.80%	
C144	Lobby	K16	Bottom	1906.4248	-12.903	235.9181	comb-3	0%	2.80%	
C147	Lobby	K16	Top	1884.9707	23.3135	-223.4203	comb-3	0%	2.80%	
C147	Lobby	K16	Bottom	1912.7191	15.6212	244.7633	comb-3	0%	2.80%	
C150	Lobby	K16	Top	2083.7344	21.44	-143.5455	comb-2	0%	2.80%	
C150	Lobby	K16	Bottom	2111.4629	-15.5468	161.2421	comb-2	0%	2.80%	
C153	Lobby	K16	Top	1908.4622	19.4958	-140.0149	comb-1	0%	2.80%	
C153	Lobby	K16	Bottom	1940.8354	-13.5762	171.4793	comb-1	0%	2.80%	
C3	lg 1	K16	Top	1725.2763	-26.3244	148.3721	comb-3	0%	2.80%	
C3	lg 1	K16	Bottom	1753.0427	14.6317	-159.283	comb-3	0%	2.80%	
C11	lg 1	K16	Top	1728.1504	11.3831	147.8216	comb-3	0%	2.80%	
C11	lg 1	K16	Bottom	1730.0048	10.4951	-148.6188	comb-3	0%	2.80%	
C13	lg 1	K16	Top	1744.9028	-25.6451	153.2447	comb-3	0%	2.80%	
C13	lg 1	K16	Bottom	1772.6512	12.7347	-166.9575	comb-3	0%	2.80%	
C31	lg 1	K16	Top	1843.1255	19.1216	199.3949	comb-3	0%	2.80%	
C31	lg 1	K16	Bottom	1870.874	-10.5348	-217.0266	comb-3	0%	2.80%	
C33	lg 1	K16	Top	1805.5936	13.4215	-179.4484	comb-3	0%	2.80%	
C33	lg 1	K16	Bottom	1831.342	-7.6998	194.2194	comb-3	0%	2.80%	
C55	lg 1	K16	Top	1811.1017	20.398	-184.1902	comb-3	0%	2.80%	
C55	lg 1	K16	Bottom	1838.8521	-11.7688	199.612	comb-3	0%	2.80%	
C57	lg 1	K16	Top	1850.4025	15.2743	-199.2151	comb-3	0%	2.80%	
C57	lg 1	K16	Bottom	1878.1528	-9.2553	216.7228	comb-3	0%	2.80%	
C59	lg 1	K16	Top	1846.1324	21.025	-202.3857	comb-3	0%	2.80%	
C59	lg 1	K16	Bottom	1873.8808	-12.6389	220.4686	comb-3	0%	2.80%	

Dari kedua tabel kolom diatas dapat disimpulkan bahwa gedung Condotel Holland Park Batu dalam perencanaannya masih belum menerapkan beban gempa SNI 1726-2002.

Analisa Struktur(Etabs 2015)

Data Pembebanan

- Pembebanan pada Plat

Beban pada Plat Lantai Beban Mati

- Berat Sendiri Plat
 $0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$

- Urukan Pasir
 $0.04 \times 1600 = 64 \text{ kg/m}^2$

- Spesi
 $0.03 \times 2100 = 63 \text{ kg/m}^2$

- Keramik
 $0.01 \times 2200 = 22 \text{ kg/m}^2$

- Plafond + penggantung
 $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$

- M/E
 $= 20 \text{ kg/m}^2$

$$DL = 475 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$LL = 250 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate = $1,2 DL + 1,6 LL$
 $= 970 \text{ kg/m}^2$

Beban pada Plat Atap

Beban Mati

- Berat Sendiri Plat
 $0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$

- Plafond + penggantung
 $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$

- M/E
 $= 20 \text{ kg/m}^2$

$$DL = 326 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

- Atap = 100 kg/m²
 - Air hujan
0.1 x 1000 = 100 kg/m²
LL = 200 kg/m²
- Beban Ultimate
= 1,2 DL + 1,6 LL
= 711,2 kg/m²

Perencanaan Kolom

- Kolom dengan keadaan Pud maksimal
Kita ambil contoh kolom K15 dengan dimensi 20 x 80 cm pada posisi C123 lantai Lobby didapat:
Pud : -1795,4512 x 100 = 179545,12 kg
(hasil Etabs 2015)
Mud : 7,2659 x 10000 = 72659 kg.cm
(hasil Etabs 2015)
Mutu beton : K 300 = 24,9 Mpa
Mutu Baja : U 40 = 392 Mpa

Langkah perhitungan

Cek kondisi tulangan desain

$$d = tb - \text{selimut} - \phi S - (0,5 \phi)$$

$$= 80 - 5 - 1 - (0,5 \times 1,4)$$

$$= 73,3 \text{ cm}$$

$$Xb = 0,003 \cdot d / (fy / E + 0,003)$$

$$= 45,18 \text{ cm}$$

$$ab = 0,85 \cdot Xb$$

$$= 0,85 \cdot 45,18$$

$$= 38,41 \text{ cm}$$

$$Cc = 0,85 \cdot b \cdot ab \cdot fc'$$

$$= 0,85 \cdot 20 \cdot 38,41 \cdot 249$$

$$= 162578 \text{ kg}$$

$$AS' = 0,5 (nst 0,25 \pi D^2)$$

$$= 0,5 (12 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 142)$$

$$= 9,24 \text{ cm}^2$$

$$Cs = AS' \cdot fs'$$

$$= 9,24 \cdot 3920$$

$$= 36206 \text{ kg}$$

$$Ts = As \cdot fy$$

$$= 9,24 \cdot 3920$$

$$= 36206 \text{ kg}$$

$$s = \text{selimut} + \phi S + 0,5D$$

$$= 5 + 1 + 0,5 \cdot 14$$

$$= 6,7 \text{ cm}$$

$$Pnb = Cc + Cs - Ts$$

$$= 162578 + 36206 - 36206$$

$$= 162578 \text{ kg}$$

$$Mnb = Cc(tb/2 - ab/2) + Cs(tb/2 - s) + Ts(tb/2 - s)$$

$$= 162578(80/2 - 38,41/2) + 36206(80/2 - 6,7) + 36206(80/2 - 6,7)$$

$$= 5792365 \text{ kg.cm}$$

$$e = \text{Mud/Pud}$$

$$= 72659/179545,12$$

$$= 0,404683792 \text{ mm}$$

$$eb = \text{Mnb/Pnb}$$

$$= 5792365/162578$$

$$= 36 \text{ mm}$$

Didapat e < eb maka kolom overreinforce!!

Dilakukan coba-coba nilai x

$$x = 67,98 \text{ cm}$$

(didapat dari coba-coba dengan mempertimbangkan Pnk yang paling mendekati dengan Pnb)

$$a = x \cdot 0,85$$

$$= 67,98 \cdot 0,85$$

$$= 57,78 \text{ cm}$$

Pn > Pb : zona kontrol tekan

$$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot lb \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 249 \cdot 20 \cdot 57,78$$

$$= 244595 \text{ kg}$$

$$Cs = AS' \cdot fs'$$

$$= 9,24 \cdot 3920,00$$

$$= 36206 \text{ kg}$$

$$Ts = As \cdot fs$$

$$= 9,24 \cdot 493,02$$

$$= 4554 \text{ kg}$$

$$Pnk = Cc + Cs - Ts$$

$$= 276248 \text{ kg} > Pnb = 276223 \text{ kg}$$

$$Mnk = Cc(tb/2 - ab/2) + Cs(tb/2 - s) + Ts(tb/2 - s)$$

$$= 4074395 \text{ kg} > Mnb = 111783 \text{ kg.cm}$$

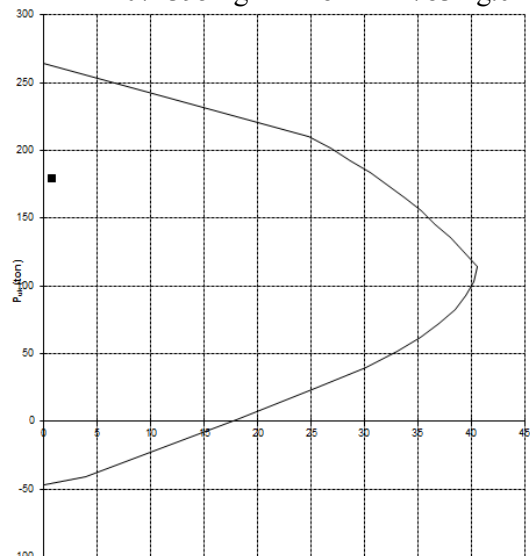
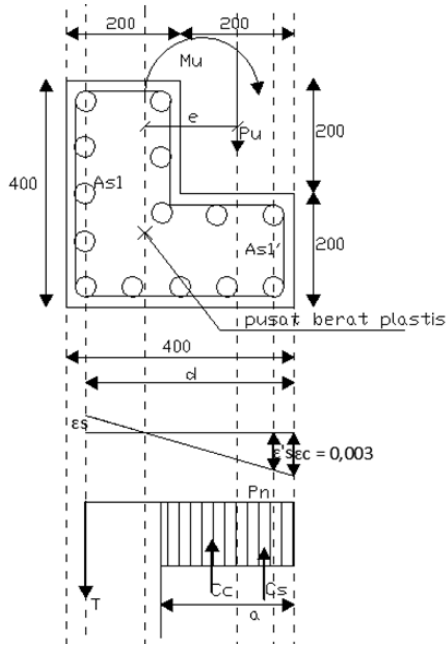


Diagram interaksi M_{uk} dengan P_{uk} K15

Nama Kolom	Output (Max)	Kondisi	b (cm)	h (cm)	φ diameter (mm)	jumlah tulangan
K15	Pud	Overreinforce	20	80	14	12
	Mud	Overreinforce				12
K16	Pud	Overreinforce	30	80	18	12
	Mud	Overreinforce				12
K17	Pud	Overreinforce	20	80	16	12
	Mud	Overreinforce				12
K18	Pud	Overreinforce	20	80	22	20
	Mud	Overreinforce				20
K19	Pud	Overreinforce	20	80	14	12
	Mud	Overreinforce				12
K20	Pud	Overreinforce	20	80	14	12
	Mud	Underreinforce				12
K21	Pud	Overreinforce	20	60	14	12
	Mud	Underreinforce				12
K22	Pud	Overreinforce	20	60	16	12
	Mud	Underreinforce				12
K25	Pud	Overreinforce	50	15	12	8
	Mud	Underreinforce				8
K26	Pud	Overreinforce	15	50	12	8
	Mud	Overreinforce				8
K37	Pud	Overreinforce	15	30	12	6
	Mud	Underreinforce				6

Rekab Penulangan Kolom Manual
Kolom dengan penampang L

Diambil sampel kolom K31 dengan dimensi 2.20.40



dengan tulangan 14 D 16

- $f'c = 249 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 3920 \text{ kg/cm}^2$
- $b = 20 \text{ cmh} = 40 \text{ cm}$
- $d' = 5 \text{ cm}$

$$d = 40 - d' = 40 - 5 = 35 \text{ cm}$$

$$X_b = (\epsilon_c \cdot d) / (f_y / 210000 + \epsilon_c) = (0,003 \cdot 35) / (3920 / 210000 + 0,003) = 21,58 \text{ cm}$$

$$a = \beta_1 X_b = 0,85 \cdot 21,58 = 18,34 \text{ cm}$$

$$As_1 (\text{tarik}) = 5 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = 5 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 162 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$As_1' (\text{tekan}) = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = 2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 162 = 4,02 \text{ cm}^2$$

$$d'' = (0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot h (d - 0,5h) + A [s_1] \cdot f_y (d - d'')) / (0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot h + (As_1 + A [s_1]) \cdot f_y) = (0,85 \cdot 249 \cdot 20 \cdot 40 (35 - 0,5 \cdot 40) + 4,02 \cdot 3920 (35 - 5)) / (0,85 \cdot 249 \cdot 20 \cdot 40 + (10,05 + 4,02) \cdot 3920) = 13,42 \text{ cm}$$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f'c \cdot ab + As_1' \cdot f_y - As_1 \cdot f_y = 0,85 \cdot 249 \cdot 18,43 \cdot 20 + 4,02 \cdot 3920 - 10,05 \cdot 3920 = 54376,59 \text{ kg} > Pud = 35811,67 \text{ kg}$$

(penampang oke !!!)

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'c \cdot ab (d - d'' - 0,5a) + As_1' \cdot f_y (d - d'' - d'') + As_1 \cdot f_y d'' = 0,85 \cdot 249 \cdot 18,34 (35 - 13,42 - 0,5 \cdot 18,34) + 4,02 \cdot 3920 (35 - 5 - 13,42) + 10,05 \cdot 3920 \cdot 13,42 = 838376,4 \text{ kg.cm} > Mud = 207018 \text{ kg.cm}$$

(penampang oke !!!)

Penulangan Kolom L

Jenis Kolom L	Dimensi	Gaya dalam eksisting	Gaya dalam output	Keterangan
K30	2.20.40	Pnb	61865,90566 > 55735,69	Pub penampang eksisting masih aman
		Mnb	1849507,38 > 174358	Mib penampang eksisting masih aman
K31	2.20.40	Pnb	54376,59 > 35811,67	Pub penampang eksisting masih aman
		Mnb	838376,4 > 207018	Mib penampang eksisting masih aman
K32	2.20.40	Pnb	61865,90566 > 9430,09	Pub penampang eksisting masih aman
		Mnb	1617639,661 > 253211	Mib penampang eksisting masih aman

Kontrol Eksentrisitas

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m
Lobby	D1	1122514,5	1122514,5	42,2676	12,8227	1122514,5	1122514,5	42,2676	12,8227	50,9674	11,1724
Lt 1	D2	1122045,14	1122045,14	42,2662	12,8199	1122045,14	1122045,14	42,2662	12,8199	49,716	11,4581
Lt 2	D3	1143077,66	1143077,66	42,267	12,8156	1143077,66	1143077,66	42,267	12,8156	47,146	11,5826
Lt 3 Den	D4	1178545,98	1178545,98	41,8595	12,895	1178545,98	1178545,98	41,8595	12,895	45,4836	11,6445
Lt 4 Ams & Menz den	D5	89780,13	89780,13	42,023	10,7668	89780,13	89780,13	42,023	10,7668	42,2405	15,5728
Atap Bawah Den 1 & Lt Menz Ams	D6	237013,08	237013,08	67,0521	6,9938	237013,08	237013,08	67,0521	6,9938	52,7107	10,3081
Lg 1	D7	617991,13	617991,13	24,3377	15,2668	617991,13	617991,13	24,3377	15,2668	34,3184	11,7287

(sumber: Analisa ETABS 2015)

Untuk mengetahui eksentrisitasnya diambil contoh lantai Lt1 dengan diaphragm D1 Diketahui:

Pusat massa : $x_1 = 42,26$ m (dari titik 0 m)

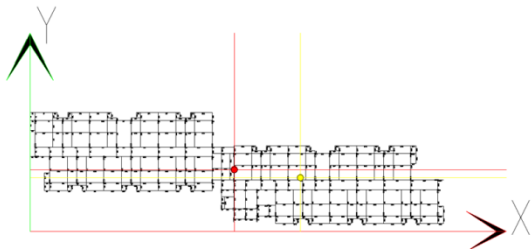
$y_1 = 12,81$ m (dari titik 0 m)

Pusat kekakuan: $x_2 = 49,716$ m (dari titik 0 m)

$y_2 = 11,45$ m (dari titik 0 m)

Panjang gedung : $x' = 85,5$ m

Lebar gedung : $y' = 22,95$ m



Koordinat pusat kekakuan dan pusat massa

$$Ec_x = |x_2 - x_1| = 7,4498 \rightarrow 0,1 b = 8,55$$

$$Ec_y = |y_2 - y_1| = 1,3618 \rightarrow 0,1 b = 2,295$$

Lantai Bangunan	koordinat x		koordinat y	
	koordinat	(0,1 b)	koordinat	(0,1 b)
Lobby	x 13,6798	> 8,55	y 1,6513	< 2,295
Lt 1	x 7,4498	< 8,55	y 1,3618	< 2,295
Lt 2	x 4,879	< 8,55	y 1,233	< 2,295
Lt 3 Den	x 3,6241	< 8,55	y 1,2505	< 2,295
Lt 4 Ams & Menz den	x 6,7765	< 8,55	y 0,816	< 2,295
Atap Bawah Den 1 & Lt Menz				
Ams	x 14,3414	> 8,55	y 3,7143	> 2,295
Lg 1	x 9,9807	> 8,55	y 3,5381	> 2,295

Hasil pengolahan data eksentrisitas

Jadi eksentrisitas rencananya:

- Untuk Lt1, Lt2, Lt3 Den, dan Lt 4 Ams & Menz den termasuk kriteria c.1
- Untuk lobby, atap bawah den 1 & Lt menz ams, dan lg 1 termasuk pada kriteria c.2

Dapat disimpulkan bahwa kegagalan struktur kolom dari bangunan yang kami studi juga dipengaruhi oleh eksentrisitas gedung tersebut.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil studi penelitian yang telah kami laksanakan dan juga dari analisa diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Beban gempa yang diaplikasikan ke perencanaan gedung berpengaruh secara signifikan terhadap struktur kolom hingga terjadi kegagalan struktur yaitu: K16(dibawah lantai Lobby dan Lg1), K18(dibawah lantai Lt1), K25(dibawah lantai Menz dan Lt 4 Amsterdam) dan K37(dibawah lantai Lt1) dengan kebutuhan tulangan melebihi batas struktur tahan gempa (< 6%) SNI 1726-2002.

- Eksentrisitas juga mempengaruhi kegagalan pada struktur kolomnya yang terdapat 3 lantai yang masuk kepada kriteria eksentrisitas c.2 dengan eksentrisitas $0,1 b < e < 0,3 b$ yaitu kolom lantai Lobby, kolom lantai Menzanne Amsterdam dan kolom lantai Lg1 yang dalam pelaksanaannya masih belum ditinjau

- Perencanaan kolom didapat hasil K15 dengan dimensi 20.80 tulangan 12D14, K16 dengan dimensi 30.80 tulangan 12D18, K17 dengan dimensi 20.80 tulangan 12D16, K18 dengan dimensi 20.80

- Tulangan 20D22, K19 dengan dimensi 20.80 tulangan 12D14, K20 dengan dimensi 20.80 tulangan 12D14, K21 dengan dimensi 20.80 tulangan 12D14, K22 dengan dimensi 20.60 tulangan 12D16, K25 dengan dimensi 50.15 tulangan 8D12, K26 dengan dimensi 15.50 tulangan 8D12, K37 dengan dimensi 15.30 tulangan 6D12.

- Untuk kontrol penampang kolom (L) didapat data Kolom K30 (2.20.40) dengan $P_{nb} = 61865,90566 > P_{ub} = 55735,69$; $M_{nb} = 1849507,38 > M_{ub} = 174358$ kekuatan penampang

aman menopang beban, K31 (2.20.40) dengan Pnb 54376,59 > Pub 35811,67; Mnb 838376,4 > Mub 207018 kekuatan penampang aman menopang beban, K32 (2.20.40) dengan Pnb 61865,90566 > Pub 9430,09; Mnb 1617639,661 > Mub 253211 kekuatan penampang aman menopang beban

- d. Dari analisa gedung menggunakan Etabs 2015 dapat disimpulkan dalam perencanaan sebelumnya masih belum ditinjau beban gempa dan sesuai dengan SNI 1726-2002 dan pengaruh dari eksentrisitas gedung tersebut.

Saran

- a. Untuk tujuan pengembangan studi ini perlu dilakukan peninjauan eksentrisitas gedung untuk perencanaan ulang struktur gedung termasuk dalam perencanaan balok dan platnya untuk penyempurnaan perencanaan.
- b. Disarankan untuk perencanaan gedung harus diperhitungkan untuk penambahan beban sesuai dengan peraturan SNI yang sesuai dalam struktur utama agar dalam pelaksanaannya tidak terjadi kegagalan struktur.
- c. Dibutuhkan solusi yang lebih efisien untuk menangani kegagalan struktur kolom yang perencanaannya ditinjau beban gempa dan eksentrisitasnya

DAFTAR PUSTAKA

- http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/
- Purwono M.Sc, Prof. Ir. Rachmat. 2005. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya : ITS Pers
- Priyono MT, Ir. Pujo. 2012. Diktat Kuliah Struktur Beton 1-2. Jember : Unmuh Jember
- <http://www.google.com/beton-bertulang/>
- www.wikipedia.com/