



PERENCANAAN STRUKTUR HOTEL GET'S SEMARANG

Ricky Imanda, Ray Irwan Maulana, Nuroji^{*)}, Himawan Indarto^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Gedung Hotel GET'S Semarang ini merupakan bangunan ireguler yang berbentuk "L". Oleh karena itu gedung ini direncanakan dibuat pemisahan bangunan (dilatasi) untuk merubah bangunan ireguler menjadi bangunan regular. Dengan dijadikanya bangunan regular maka diharapkan kekakuan dan distribusi masa cenderung akan berhimpitan atau setidaknya relative berdekatan. Pada kondisi demikian, maka torsi hanya akan terjadi relative kecil terhadap bangunan yang sedang bergetar akibat gempa. Perencanaan struktur Hotel GET'S Semarang pada Laporan Tugas Akhir ini direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Gedung berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada zonasi gempa wilayah Kota Semarang. Pemilihan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) diharapkan struktur gedung memiliki tingkat daktilitas tinggi. Struktur daktail yaitu struktur yang mampu mengalami simpangan pasca elastis yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama dan mampu mempertahankan kekuatan struktur sehingga struktur tetap berdiri walaupun berada diambang keruntuhan. Sistem ini direncanakan menggunakan konsep disain kapasitas berupa kolom kuat balok lemah. Sehingga struktur kolom dibuat lebih kuat dari struktur balok, agar pada bagian balok terjadi sendi plastis terlebih dahulu. Sehingga bangunan ini tidak sampai mengalami keruntuhan total pada saat terjadi gempa kuat. Join-join pada hubungan balok-kolom juga didisain agar tidak terjadi keruntuhan terlebih dahulu. Analisis struktur gedung ini berdasarkan pada SNI 03-1726-2012 dan dibantu menggunakan program SAP2000 v12 untuk mengetahui periode getar struktur dan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut. Periode getar struktur pada SRPMK harus dibatasi agar struktur tidak terlalu fleksibel.

kata kunci : *dilatasi, sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), kolom kuat balok lemah, hubungan balok-kolom, SNI 03-1726-2012, periode getar struktur*

ABSTRACT

GET'S Hotel Building Semarang has an irregular shape. This building has a letter "L" shape. Separation of building (dilatation) is planned to transform an irregular building becomes a regular building. By construction of the regular building, it is expected the stiffnes and mass distribution tens to be coincide in position or at least be closer. In the condition, when the building shaking because of earthquake, it will cause a small torsion.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

Structure design of GET'S Hotel Semarang in this final project is designed by Special Moment Frame Bearer System (SRPMK) in Semarang's seismic zone. By choosing Special Moment Frame Bearer System (SRPMK), it is expected the structure has a high ductility. Ductile structure is a kind of structure types which is able to has a large post elastic deviation repeatedly and frequently because of earthquake that caused the first yield and it is able to maintain the strength of the structure so that the structure remains standing in spite of the edge of collapse. This structure is designed by using a capacity design of Strong Column Weak Beam. In this condition, the column structure is made stronger than beam structure, so that the part of the beam becomes the first plastic joints. The building will not be collapse totally when the strong earthquake occurs. The joints of the beam-column are designed to prevent the first collapse. The structure analysis of this building is based on SNI 03-1726-2012 and supported by SAP2000 v12 software which the results of the analysis are used to determine the fundamental period of the structure and the forces on the structure. Structural fundamental period on SRPMK has to be limited so that the structure is not very flexible.

keywords: *dilatation, special moment frame bearer system (SRPMK), strong column weak beam, the joint of the beam-column, SNI 03-1726-2012, Structural fundamental period*

PENDAHULUAN

Struktur Hotel GET'S Semarang merupakan gedung dengan ketinggian 31 meter dan memiliki konfigurasi bangunan berbentuk ireguler. Konfigurasi bangunan diharapkan mempunyai bentuk yang sereguler mungkin agar pusat massa dan pusat kekakuan berhimpit sehingga kemungkinan terjadinya deformasi menjadi kecil terhadap pengaruh momen puntir akibat gempa. Dengan deformasi menjadi kecil maka untuk struktur berperilaku daktail, tingkat daktilitas yang diperlukan lebih rendah dibandingkan dengan bangunan yang berbentuk ireguler. Struktur yang berperilaku daktail sendiri bertujuan agar pada saat terjadi gempa, struktur mampu berdeformasi tanpa kehilangan kekuatannya sehingga tidak mengalami keruntuhan total. Dengan tidak terjadinya keruntuhan total maka dapat memberikan kesempatan orang untuk menyelamatkan diri dan menjaga aset yang ada di dalamnya. Sedangkan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat melakukan perencanaan struktur gedung dengan penerapan dilatasi.
2. Dapat melakukan analisis struktur gedung dengan menggunakan konfigurasi keruntuhan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
3. Dapat melakukan perencanaan struktur gedung berdasarkan peraturan terbaru.

Kemudian untuk lokasi Hotel GET'S yang direncanakan, terletak di Jl. Letjend M.T. Haryono No. 312 – 316 Semarang.

METODOLOGI

Sistem Struktur yang digunakan dalam Perencanaan gedung Hotel GET'S Semarang adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) hal ini dilakukan agar struktur bangunan mampu bertahan terhadap beban gempa yang terjadi dan struktur menjadi lebih daktail.

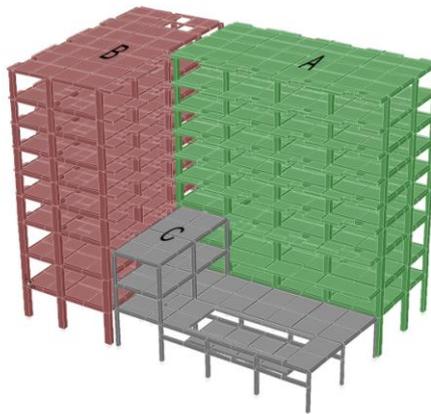
Desain kapasitas (*capacity design*) yang digunakan pada Hotel GET'S Semarang ini adalah *strong column-weak beam (SCWB)*. *Strong column-weak beam* yaitu kapasitas kolom lebih besar dibandingkan kapasitas balok. Jika beban maksimum terjadi, maka kolom lantai dasar dan balok terjadi sendi plastis tetapi struktur masih daktail.

Model Struktur yang digunakan dalam perhitungan analisis dimodelkan dengan SAP 2000 v.12 dimana komponen kolom dan balok merupakan struktur *frame*, sedangkan plat lantai dan plat atap dimodelkan dengan struktur *shell*.

TAHAPAN PERENCANAAN

Pemodelan Struktur

Perancangan konfigurasi struktur bangunan berdasarkan gambar kerja dari konsultan arsitek merupakan bangunan ireguler berbentuk L, dari pemodelan stuktur dilakukan dilatasi sehingga konfigurasi bangunan berubah menjadi bangunan reguler. Pemisahan gedung yang dilakukan seperti yang terlihat pada Gambar 1 sebagai berikut.

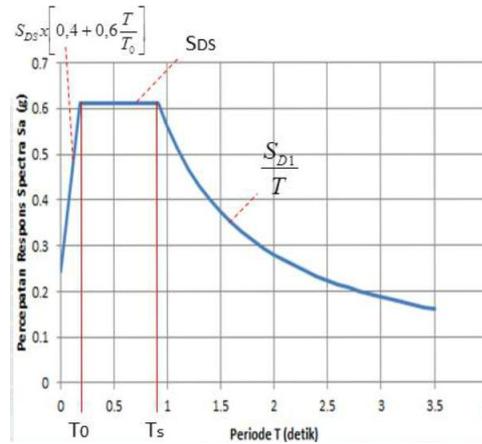


Gambar 1. Layout dilatasi gedung

Pemisahan dilakukan menjadi tiga bagian gedung, untuk gedung A dan B memiliki 9 lantai sedangkan untuk gedung C memiliki 3 lantai. Dengan dilakukannya dilatasi maka nantinya perlu dilakukan perhitungan separasi gedung / jarak dilatasi.

Analisis Gempa Dinamis

Analisis beban gempa struktur gedung bertingkat tinggi dilakukan dengan metode analisis gempa dinamis responns spectrum. Langkah pertama dalam menentukan respons spektrum adalah menentukan nilai S_{DS} dan S_1 dari peta zonasi gempa. Dari peta zonasi gempa untuk wilayah Semarang didapat nilai S_{DS} sebesar 0,85 g dan S_1 sebesar 0,3 g. Selanjutnya adalah menentukan kelas situs dari nilai N-SPT rata-rata, karena nilai N-SPT rata-rata untuk gedung ini kurang dari 15 maka termasuk kelas situs SE (Tanah Lunak). Selanjutnya menentukan nilai F_a , F_v , S_{MS} , S_{M1} , S_{DS} , S_{D1} , T_0 dan T_s sebagai parameter penggambaran grafik spektrum respons percepatan disain (S_a). Grafik spektrum respons percepatan disain (S_a) seperti yang terlihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Grafik spektrum respons percepatan disain (Sa)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pada tabel 6 dan tabel 7, gedung Hotel GET'S Semarang ini termasuk gedung dengan kategori desain seismik tipe D. Gedung dengan kategori desain seismik tipe D tidak dibatasi untuk direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Penjelasan pemilihan system struktur yang digunakan berdasarkan kategori desain seismik seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Batasan sistem struktur

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	4B	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,j}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	10 ^{h,j}	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10

*) Keterangan :

TB = Tidak dibatasi

TI = Tidak diijinkan

Sumber: SNI 1726-2012 Tabel 9

Perencanaan Pembebanan

Pembebanan struktur meliputi beban mati (D) dan beban hidup (L) yang mengacu berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) sedangkan beban gempa (E) berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012).

Kombinasi pembebanan (*Load combination*) adalah gabungan kombinasi dari beban-beban yang mungkin terjadi selama umur rencana bangunan. Hal ini berkaitan dilakukan untuk menganalisa kekuatan struktur agar bangunan yang dirancang/ didesain dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Untuk kombinasi pembebanan digunakan kombinasi beban tetap dan beban sementara, kombinasi yang digunakan antara lain.

Kombinasi 1 : 1.4 D

Kombinasi 2 : 1.2 D + 1.6 L

Kombinasi 3 : 1.2 D + 0.5 L + 1 Ex + 0.3 Ey

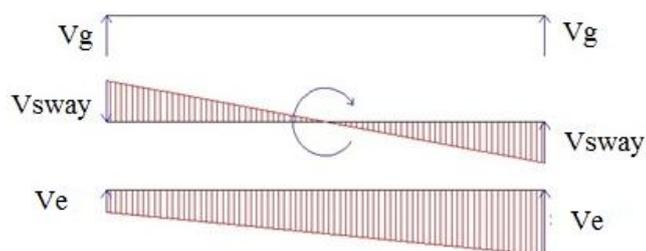
Kombinasi 4 : 1.2 D + 0.5 L + 0.3 Ex + 1 Ey

Perencanaan Struktur Primer Balok Induk

Perencanaan balok pada muka kolom, kuat lentur positif tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya dan kuat lentur (M_n) harus lebih besar dari momen ultimitnya (M_u). Sedangkan untuk merencanakan kuat geser balok berdasarkan *moment probable* (M_{pr}). *Moment probable* adalah kapasitas momen balok pada saat plastis. *moment probable* dihitung berdasarkan kuat lentur konvensional dengan menggunakan nilai reduksi $\phi = 1$ dan tegangan tarik baja 1,25 fy. Gaya geser terfaktor pada muka tumpuan dihitung sebagai berikut.

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \pm \frac{W_u x L_n}{2}$$

Diagram gaya geser terfaktor pada muka tumpuan pada rangka yang bergoyang ke kanan seperti yang terlihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram gaya geser balok

Perencanaan Struktur Primer Kolom

Kuat lentur kolom dihitung berdasarkan desain kapasitas *strong column weak beam* yaitu sebagai berikut.

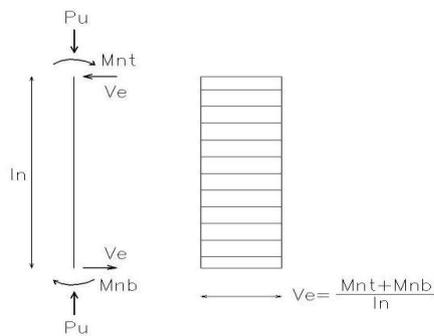
$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$$

Dimana Momen nominal kolom minimal 1,2 kali dari jumlah momen nominal balok yang menyambung pada hubungan balok-kolom. Pemeriksaan dilakukan pada semua arah gaya gempa. Dalam menghitung momen nominal kolom perlu memperhatikan gaya aksial yang terjadi, karena mempengaruhi besarnya momen nominal kolom.

Kuat geser kolom dihitung berdasarkan *moment probable* pada balok sisi atas dan sisi bawah. Gaya geser V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} tetapi V_{sway} harus lebih besar dari V_u analisis. Karena geser yang terjadi pada kolom tidak akan melebihi goyangan akibat *moment probable* balok. Berikut adalah formula yang digunakan untuk mencari V_{sway} .

$$V_{sway} = \frac{M_{pr\ top} * DF_{top} + M_{pr\ bot} * DF_{bot}}{l_u}$$

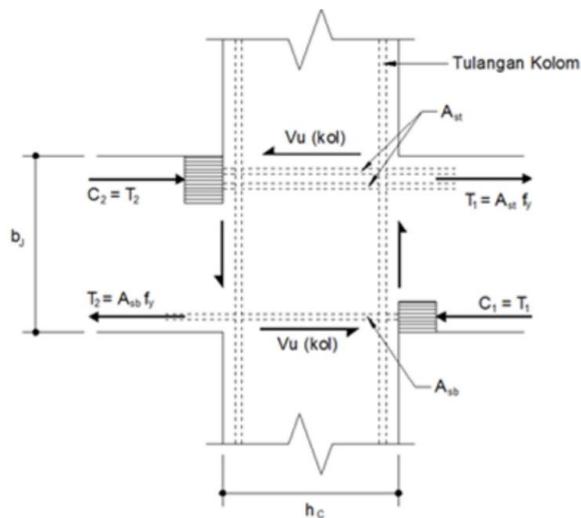
Diagram gaya geser rencana kolom yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Diagram gaya geser kolom

Perencanaan Struktur Primer Hubungan Balok-Kolom

Perencanaan hubungan balok-kolom dihitung berdasarkan gaya-gaya yang terjadi pada HBK yakni gaya geser dari balok dan kolom. Pada hubungan balok-kolom terjadi *freebody* gaya-gaya seperti yang terlihat pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Gaya-gaya yang bekerja pada hubungan balok-kolom

Untuk *joint interior*, jumlah tulangan *confinement* yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom.

Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder meliputi pelat lantai, balok anak dan tangga. Pembebanan meliputi beban mati dan beban hidup dihitung berdasarkan PPIUG 1983. Besarnya beban hidup untuk pelat lantai dengan fungsi hotel yaitu 250 kg/m^2 , untuk ruang mesin dan ruang pertemuan yaitu 400 kg/m^2 , untuk pelat atap yaitu 100 kg/m^2 , untuk fungsi parkir yaitu 800 kg/m^2 dan karena di *basement* berhubungan langsung dengan muka air tanah pada kedalaman 0,5 meter dan tinggi *basement* adalah 4 meter maka gaya uplift dihitung sebesar 3500 kg/m^2 . Tebal dan perencanaan penulangan pelat lantai berdasarkan tipe pelat yaitu *one way slab* dan *two way slab*. Direncanakan tebal pelat basement 25 cm, pelat lantai 12 cm dan pelat atap 10 cm.

Perencanaan tangga meliputi perencanaan dimensi, pembebanan, dan disain penulangan pelat tangga. Perencanaan dimensi berupa tebal pelat tangga, panjang oprade dan panjang antrede. Untuk perencanaan pembebanan, besarnya beban hidup untuk tangga sebesar 300 kg/m^2

Perencanaan penulangan pelat lantai, balok anak dan tangga berdasarkan gaya dalam yang dihasilkan dimana tulangan yang dipasang harus mampu menahan gaya tersebut.

Perencanaan Separasi Gedung

Denah bangunan gedung hotel get's ini dilakukan dilatasi (pemisahan bangunan). Untuk itu gedung ini harus memiliki separasi gedung (building separation). Separasi pada umumnya dibutuhkan untuk melindungi atau mereduksi kemungkinan terjadinya benturan pada struktur-struktur yang berdampingan. Untuk menentukan separasi minimum, maka untuk setiap struktur perlu ditentukan displacement inelastic maksimum lantai.

$$\delta_M = \frac{C_d \times \delta_{\max}}{I_e}$$

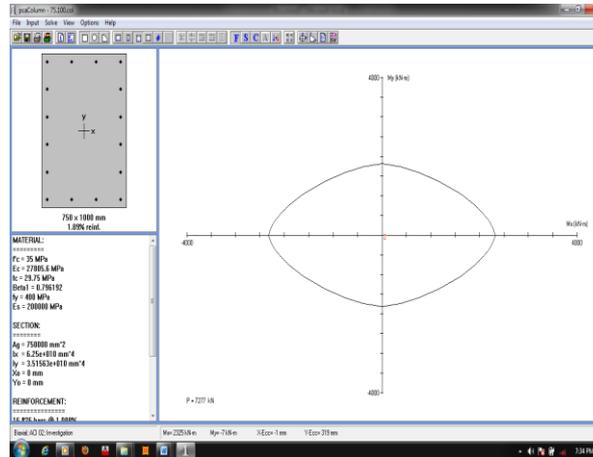
Struktur bangunan harus diposisikan berjarak paling tidak sejauh δ_M dari garis batas kepemilikan tanah. Karena gedung hotel get's ini merupakan dalam gedung yang sama maka digunakan peraturan suatu jarak pemisah sebesar.

$$\delta_{MT} = \delta_{M1} + \delta_{M2}$$

Perencanaan Struktur Bawah

Pondasi pada Hotel GET'S Semarang ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang. Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang pancang yang kami rencanakan adalah tiang dukung ujung (*end bearing pile*). Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang dipancang mencapai lapisan tanah keras. Oleh karena itu, kapasitas dukungnya dominan ditentukan oleh tahanan ujung tiang dari pada tahanan gesek tiang (*friction pile*) dan penurunan yang terjadi tidak perlu diperhitungkan karena penurunan yang terjadi kemungkinan kecil. Tiang pancang yang digunakan berdiameter 0,6 meter dan jumlah tiang setiap pile group adalah 4, 6 dan 9 tiang pancang.

Beban maximum yang terjadi pada satu tiang berasal dari gaya axial terfaktor terbesar (P_u) dan kapasitas kolom maximum (M_{pr}) lantai dasar. Gaya axial yang terjadi berasal dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 v12. Dengan memasukan gaya aksial terfaktor terbesar tersebut ke dalam gambar diagram interaksi dengan menggunakan program PCACOLUMN di dapatkan kapasitas kolom maximum (M_{pr-x} dan M_{pr-y}) seperti yang terlihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



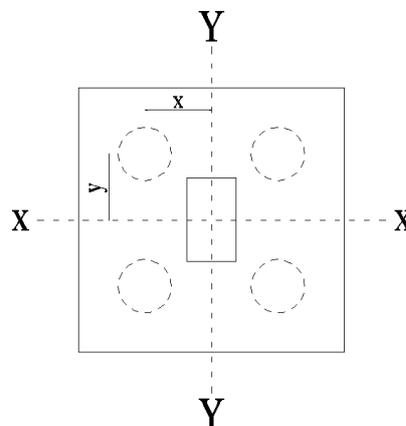
Gambar 6. Kapasitas momen pada kolom

Berikut adalah formula yang digunakan untuk menghitung beban maximum.

$$P = \frac{P_u}{n} \pm \frac{M_x \cdot y}{b \cdot \Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x}{a \cdot \Sigma x^2}$$

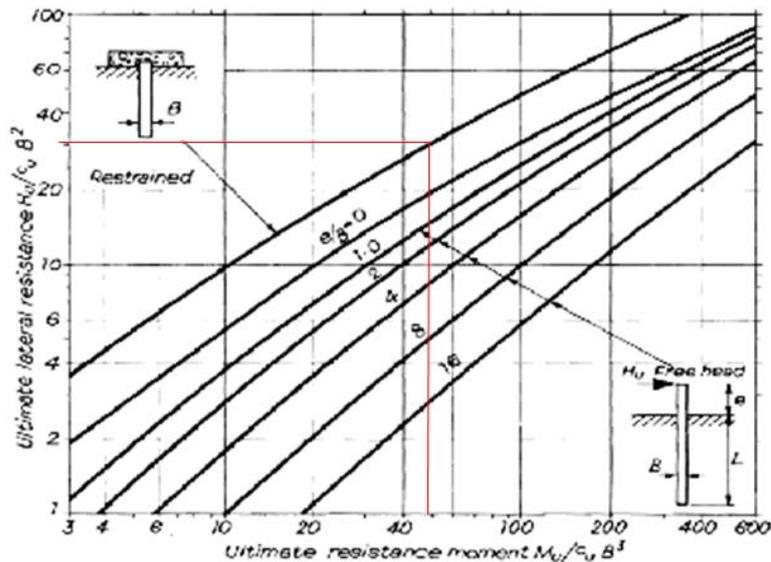
Keterangan :

- n = banyak tiang
- a = banyak tiang dalam satu kolom
- b = banyak tiang dalam satu
- x,y = titik pusat tiang terhadap titik pusat penampang
- $\Sigma y^2 = (-y^2 + y^2)$
- $\Sigma x^2 = (-x^2 + x^2)$



Gambar 7. Titik pusat tiang terhadap titik pusat penampang

Dalam perencanaan perlu dilakukan cek geser pons dan kontrol gaya lateral. Cek geser pons adalah untuk mengetahui apakah tebal *pile cap* cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Sedangkan kontrol gaya lateral bertujuan untuk mengetahui momen lateral maximum yang mampu ditahan oleh tiang. Gaya lateral yang bekerja pada tiang pancang merupakan gaya geser yang bekerja pada dasar kolom yang ditentukan berdasarkan kapasitas kolom maksimum (M_{pr}). Untuk mencari momen lateral bisa menggunakan *Grafik Broms Ultimate Lateral Resistance* seperti pada Gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8. *Grafik Broms Ultimate Lateral Resistance*

Untuk mengikat *pile cap* agar tetap berperilaku jepit maka digunakan *tie beam*. *Tie beam* merupakan balok penghubung atau pengikat antar *pile cap* yang berfungsi agar *pile cap* tidak terjadi guling dan geser akibat goyangan kolom dan meningkatkan kekakuan antar *pile cap*.

KESIMPULAN

Dengan dilakukannya dilatasi pada perencanaan struktur gedung ini, maka kekakuan dan distribusi masa menjadi dekat sehingga rotasi menjadi kecil dan perilaku struktur lebih dominan translasi.

Dalam perencanaan struktur gedung ini menggunakan konsep desain kapasitas *strong column-weak beam (SCWB)* dan system rangka pemikul momen khusus (SRPMK), sehingga apabila level beban terlampaui maka *joint* balok dan *joint* kolom paling bawah terjadi sendi plastis, sehingga tidak sampai mengalami keruntuhan total pada saat terjadi gempa kuat dengan syarat balok tidak boleh mengalami kegagalan geser dan hubungan balok-kolom tidak boleh gagal sewaktu menerima gaya yang besar dari balok ke kolom.

Dalam pemodelan pondasi tiang pancang sebaiknya menggunakan sistem pondasi *end bearing* yaitu kedalaman tiang pancang direncanakan mencapai lapisan tanah keras sehingga tidak perlu memperhitungkan kegagalan struktur karena penurunan.

SARAN

Dalam pemodelan struktur sebaiknya terdapat koordinasi antara Perencana struktur dan Perencana arsitektur karena didalam disain pemodelan bangunan sebaiknya terjadi titik temu, sehingga dalam pemodelan bangunan tidak hanya dilihat keindahannya tetapi juga memiliki keamanan. Seperti pada konfigurasi bangunan Hotel Get's ini harus dilakukan perubahan disain arsitek yaitu dilakukan dilatasi karena apabila tidak dilakukan dilatasi perilaku struktur dominan rotasi padahal dimensi struktur yang digunakan sudah besar.

Dalam perencanaan struktur harus dilakukan pemilihan sistem rangka yang akan digunakan, apakah SRPMB, SRPMM atau SRPMK karena dalam pemilihan sistem rangka yang digunakan berpengaruh pada perilaku struktur tersebut apabila terbebani beban gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold C and Reitherman R. 1982. *Building Configuration and Seismic Design*. New york: Wiley and Sons.
- Badan Standardisasi Nasional. 2010. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 03-1726-2012. Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002. Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 1987. *Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, SNI 1727-1987. Bandung: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Teknik fondasi 2*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Satyarno, Iman, dkk. 2012. *Belajar SAP 2000 Cepat-Tepat-Mahir Seri 2*. Yogyakarta: Zamil Publishing.
- Wang, Chu-Kia, and Charles G. Salmon. 1994. *Disain Beton Bertulang*. Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.