

PERENCANAAN STRUKTUR HOTEL GRANDHIKA SEMARANG

Ridho Paradipta, Muhammad Bahruddin, Nuroji^{*)}, Purwanto^{*)}

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

ABSTRAK

Perencanaan Struktur Hotel Grandhika Semarang ini direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Gedung berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada zonasi gempa wilayah Kota Semarang. Pemilihan SRPMK diharapkan struktur gedung memiliki tingkat daktilitas tinggi. Struktur daktil 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 desain 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 didesain agar tidak terjadi keruntuhan terlebih dahulu. Analisis struktur gedung ini berdasarkan pada SNI 03-1726-2012 dan dibantu menggunakan program SAP2000 v15 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. Dari konsep desain kapasitas tersebut akan diperoleh detail penulangan yang benar sesuai metode SRPMK yang digunakan.

Kata kunci: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, kolom kuat balok lemah, hubungan balok-kolom, periode getar struktur.

ABSTRACT

Structural Design of Grandhika Hotel Semarang is designed by Special Moment Frame Bearer System (SRPMK) in Semarang's seismic zone. By choosing 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 v15 software which the results of the analysis are used to determine the

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

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. From concept capacity design will be obtained details of the correct corresponding reinforcement method of SRPMK.

Keywords: *Special Moment Frame Bearer System, strong column weak beam, the joint of the beam-column, Structural fundamental period.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Semarang merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang saat ini sedang mengalami perkembangan yang cukup pesat. Kota Semarang juga merupakan salah satu pusat bisnis, perdagangan, industri, dan pendidikan di kawasan Indonesia. Seiring dengan perkembangan permintaan tempat tinggal sementara bagi para penduduk kota Semarang maupun penduduk di luar Semarang, maka dibutuhkan adanya fasilitas tempat tinggal sementara dalam hal ini adalah hotel.

Hotel Grandhika Semarang rencananya dibangun di Jalan Pemuda Semarang, gedung ini terdiri dari 10 lantai, 1 lantai atap (*lower roof*) dan 1 lantai *basement*. Fungsi umum struktur bangunan adalah sebagai area residensial.

Dalam pembangunan hotel harus memperhatikan aspek arsitektur dan tata ruang fungsional gedung. Sehingga elemen-elemen struktur yang digunakan dalam bangunan hotel harus mampu mengakomodasi aspek tersebut dan beban yang diterimanya.

Maksud dan Tujuan

Perencanaan proyek ini bermaksud untuk membangun suatu gedung yang berfungsi sebagai hotel yang terdiri dari 10 lantai, 1 lantai *lower roof*, dan 1 lantai *basement* dengan mengedepankan segi ekonomis dan tetap aman secara struktural.

Tujuan perencanaan proyek ini antara lain:

1. Memperoleh struktur yang aman dan ekonomis.
2. Mengontrol perilaku struktur agar dapat berperilaku daktail.
3. Menentukan detail penulangan struktur dengan benar.

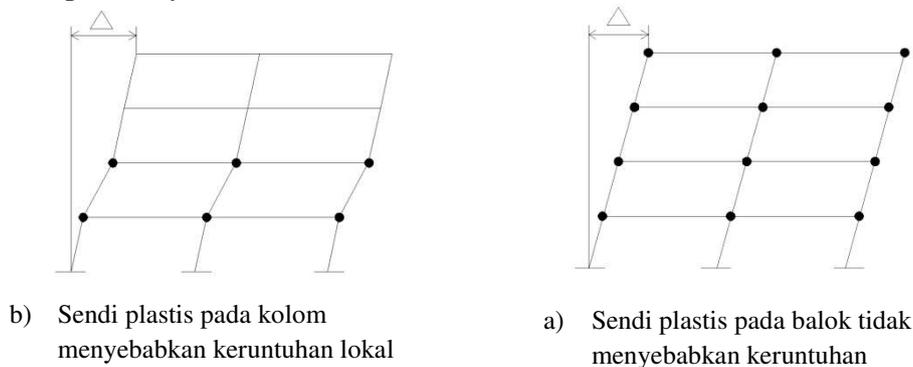
Batasan Masalah

Pokok-pokok permasalahan yang dibahas dalam laporan ini adalah:

1. Merencanakan dimensi suatu struktur gedung dengan menggunakan desain kapasitas, termasuk pondasi dan kekuatan tanahnya.
2. Membuat gambar rencana berdasarkan hasil dari perhitungan struktur yang mengacu pada peraturan di Indonesia.
3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didasarkan pada Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kota Semarang.

TINJAUAN PUSTAKA

Struktur bangunan mempunyai nilai kekakuan lateral dan waktu getar alami (T) yang berbeda-beda dimana hal ini dapat menyebabkan respon percepatan maksimum struktur tidak selalu sebesar percepatan getaran gempa. Gaya inersia gempa yang bekerja pada titik pusat massa bangunan dapat lebih besar daripada massa bangunan itu sendiri. Desain kapasitas berkonsep pada terbentuknya sendi plastis yang memencarkan energi gempa dan membatasi besarnya gempa yang masuk ke dalam struktur. Keberadaan sendi plastis ini harus ditentukan terlebih dahulu. Permasalahan yang terjadi yaitu kemampuan deformasi plastis struktur beton bertulang yang terbatas. Mekanisme keruntuhan suatu rangka portal terbuka beton bertulang harus ditentukan sedemikian rupa sehingga pemencaran energi gempa berlangsung dengan baik dan keruntuhan yang bersifat fatal dapat dihindari. Tempat bagi sendi-sendi plastis harus ditentukan dan didetailkan sedemikian rupa sehingga komponen struktur yang bersangkutan berperilaku duktail (lihat Gambar 1). Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara memperbesar kekuatan kolom pada suatu titik buhul daripada kekuatan balok untuk membuat terjadinya sendi plastis di dalam balok (*strong column-weak beam*). Degradasi kekakuan tidak dapat dihindari, tetapi degradasi kekakuan yang berlebihan dapat menyebabkan keruntuhan struktur.



Gambar 1. Pola pembentukan sendi plastis

Faktor-faktor yang diperhatikan dalam perencanaan gedung dengan desain kapasitas yaitu peningkatan kuat lentur balok sebagai elemen utama pemencar energi gempa dan pengaruh beban dinamis kolom. Gideon dan Takim (1993) menjelaskan faktor-faktor yang menyebabkan meningkatnya kuat lentur balok disebabkan oleh:

1. Kuat leleh aktual tulangan (f_y) umumnya lebih besar dari nilai nominal.
2. Pengaruh *strain-hardening* pada tulangan baja tidak diperhitungkan.
3. Kemungkinan bertambah besarnya kokoh tekan dan regangan tekan maksimum beton akibat adanya pengekangan yang baik.

Momen kapasitas yang terdapat pada ujung-ujung balok dapat dihitung dengan rumus:

$$M_{pr(b)} = \phi Mn_{(b)} \dots \dots \dots (1)$$

dengan,

$M_{pr(b)}$: momen *probable* balok

$Mn_{(b)}$: momen nominal balok

Momen kapasitas balok dapat diperhitungkan sebagai momen rencana yang bekerja pada kolom jika daerah sendi plastis sudah direncanakan penulangannya. Ukuran kolom harus dibuat lebih besar untuk mengantisipasi terjadi sendi plastis pada ujung kolom di atas

lantai dasar. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memberikan koefisien pembesar dinamis pada perhitungan kolom, yaitu:

$$M_{nc} \geq 1,2 M_{nb} \dots \dots \dots (2)$$

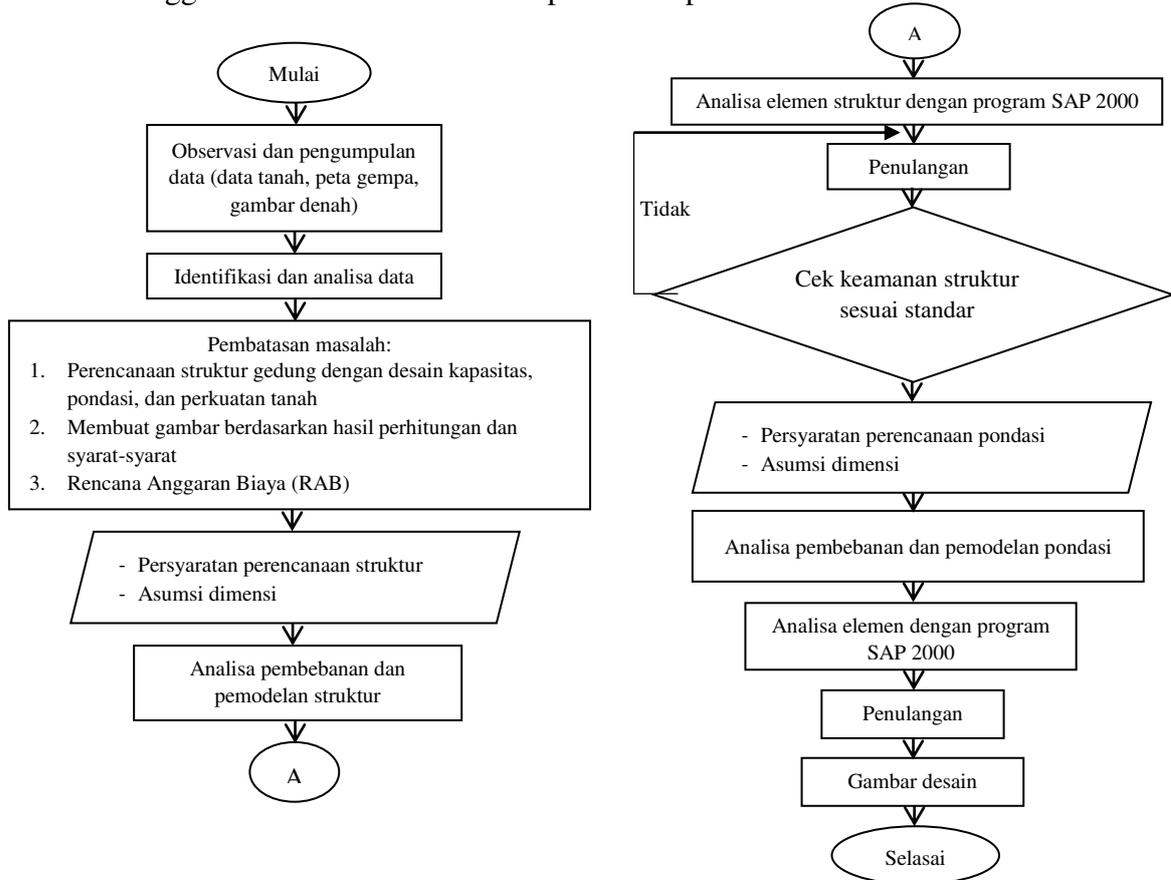
dengan,

M_{nc} : jumlah M_n dua kolom yang bertemu di joint hasil dari diagram interaksi

M_{nb} : jumlah M_n balok yang bertemu di *joint*

METODE

Suatu perencanaan diperlukan adanya metode yang menjelaskan tahapan-tahapan proses dari awal hingga akhir. Metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir perencanaan Hotel Grandhika

KONTROL PERILAKU GEDUNG

Kontrol perilaku gedung mencakup beberapa hal sebagai berikut:

1. Pemodelan



Gambar 3. Pemodelan struktur Hotel Grandhika

Analisa struktur dilakukan secara tiga dimensi dengan menggunakan program SAP 2000 v15. Seluruh komponen struktur primer yaitu pelat, balok dan kolom dimodelkan secara 3 dimensi di dalam analisis (Gambar 3).

Bentuk ragam dan waktu getar alami dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Bentuk ragam dan waktu getar alami struktur

Ragam 1	Ragam 2	Ragam 3
T = 1,953 detik	T = 1,484 detik	T = 1,292 detik
Translasi Y	Translasi X	Rotasi Z

2. Kontrol Partisipasi massa

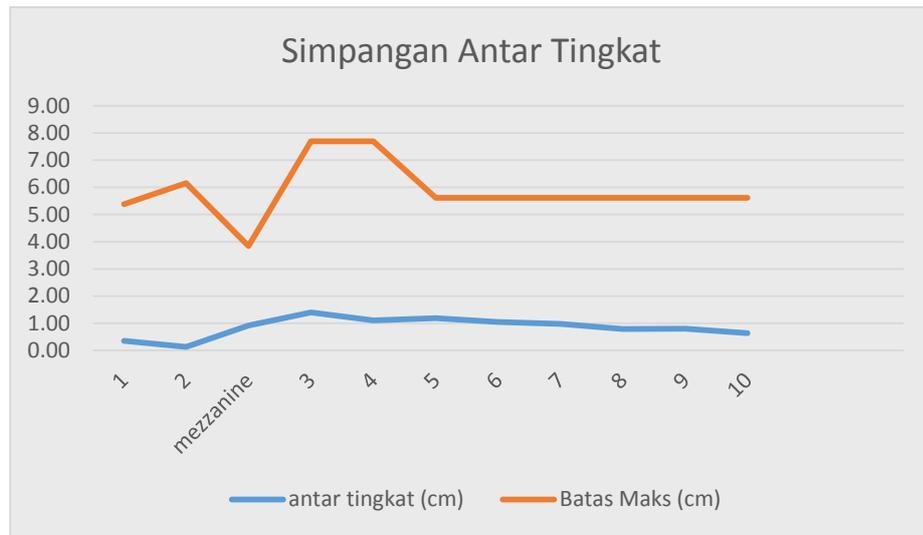
SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1 mengharuskan partisipasi massa yang terjadi minimal 90%. Hasil analisa menunjukkan partisipasi massa mencapai 93,3% (X) dan 90,13% (Y) pada ragam ke 21.

3. Kontrol waktu getar alami

Batas waktu getar alami gedung menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1 ditentukan dengan persamaan $T_a = C_t \cdot h_n^x$. Dimana nilai $C_t = 0,0466$ dan nilai $x = 0,9$ (Tabel 15 SNI 03-1726-2012) sedangkan h adalah tinggi gedung, yaitu sebesar 46,7 m, sehingga diperoleh T_a sebesar 1,481 detik. Nilai $C_u \times T_a = 2,07$ detik. Waktu getar berdasarkan hasil analisis (T_c) terbesar (ragam 1) adalah sebesar 1,953 detik ($T_a < T_c < C_u \cdot T_a$), periode fundamental gedung (T) lebih kecil dari periode maksimal yang disyaratkan sehingga dapat disimpulkan gedung cukup kaku.

4. Kontrol simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai yang dimaksudkan dalam SNI 03-1726-2012 pasal 7.12.1 adalah simpangan antar lantai saat kondisi gedung translasi. Gedung kenyataannya tetap akan mengalami rotasi walaupun tidak dominan sehingga simpangan antar lantai yang dihitung adalah berdasarkan simpangan pusat massa gedung. Simpangan antar lantai yang terjadi pada hotel Grandhika dengan berbagai kondisi pembebanan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Simpangan antar tingkat

5. Kontrol base shear

SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4.1 menjelaskan bahwa *base shear* yang terjadi (dinamis) > 0,85 *base shear* statik.

$$V_{\text{dinamis}} X = 3829,17 \text{ KN}$$

$$0,85V_{\text{statik}} X = 4976,42 \text{ KN}$$

$$V_{\text{dinamis}} Y = 2964,23 \text{ KN}$$

$$0,85V_{\text{statik}} Y = 3757,7 \text{ KN}$$

$V_{\text{dinamis}} < 0,85 V_{\text{statik}}$ (perlu pembesaran gaya gempa)

$$\text{Perbesaran } X = \frac{g \times I}{R} \times \frac{0,85 V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamis}}} = 1,62$$

$$\text{Perbesaran } Y = \frac{g \times I}{R} \times \frac{0,85 V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamis}}} = 1,56$$

PERENCANAAN STRUKTUR

Tinjauan perencanaan pada proyek ini meliputi struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas sendiri terdiri dari plat, tangga, balok anak, balok induk, kolom, HBK, dan *ramp*. Pondasi, *tie beam*, dinding *basement* dan *secant pile* termasuk dalam struktur bawah.

1. Balok Induk

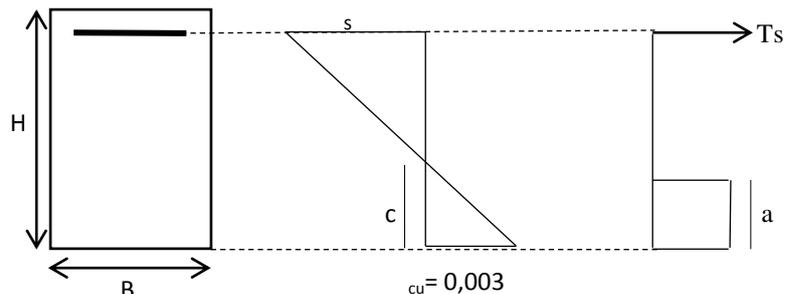
Perencanaan balok induk menggunakan dimensi tinggi diperkirakan $h = (1/15 - 1/10) L$ dan lebar diambil $b = (1/2 - 2/3) h$, menurut Vis dan Gideon, 1997. Perencanaan balok menurut SRPMK SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.1 adalah sebagai berikut:

- Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada komponen struktur tidak melebihi $0,1 A_g f'_c$.
- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif elemen struktur.
- Perbandingan lebar terhadap tinggi balok tidak boleh kurang dari 0,3 dan 250 mm.
- Lebar balok tidak boleh kurang dari 250 mm atau tidak boleh lebih dari lebar kolom penumpu.

Persentase tulangan tidak boleh kurang dari:

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y} \text{ dan tidak lebih kecil dari } \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dengan } \rho_{\max} = 0,75\rho_b.$$

Perhitungan tulangan balok induk dihitung berdasarkan konsep tulangan tunggal karena ketika balok induk mengalami tarik maupun tekan, maka kedua gaya itu akan saling menghilangkan. Model diagram regangan balok induk dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Model Diagram Regangan Balok Induk

H = tinggi balok

c = jarak dari serat tekan ke sumbu netral

B = lebar balok

a = 0,85 c

ϵ_s = regangan baja

Ts = gaya akibat tarik baja

ϵ_c = regangan beton

Kapasitas momen $M_n = A_s \times f_y \times d - a/2$, dikatakan aman jika $M_u \leq \phi M_n$.

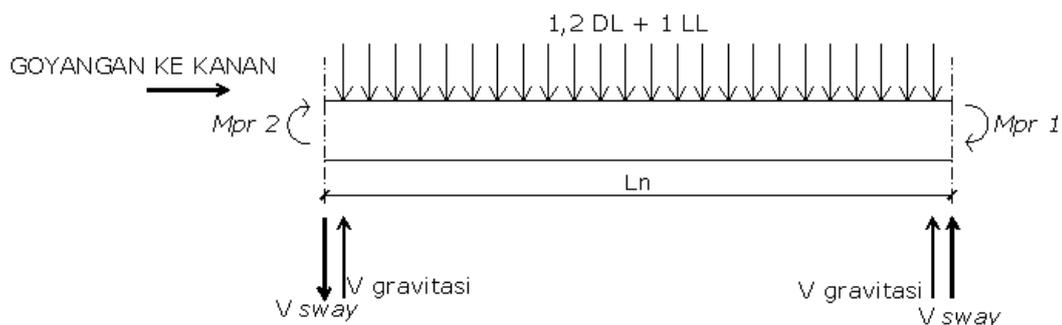
Cek kapasitas momen:

- Kapasitas momen positif dan negatif minimum pada sembarang penampang disepanjang bentang balok tidak boleh kurang dari 1/4 kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom-balok tersebut (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2.2).
- Kapasitas lentur positif pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kapasitas lentur negatifnya pada muka tersebut (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2.2).

Gaya geser (Gambar 6) balok ditentukan oleh persamaan berikut:

$$V_{swaytotal} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm V_g \quad \text{dan} \quad V_s = \frac{V_{sway}}{\phi} - V_c$$

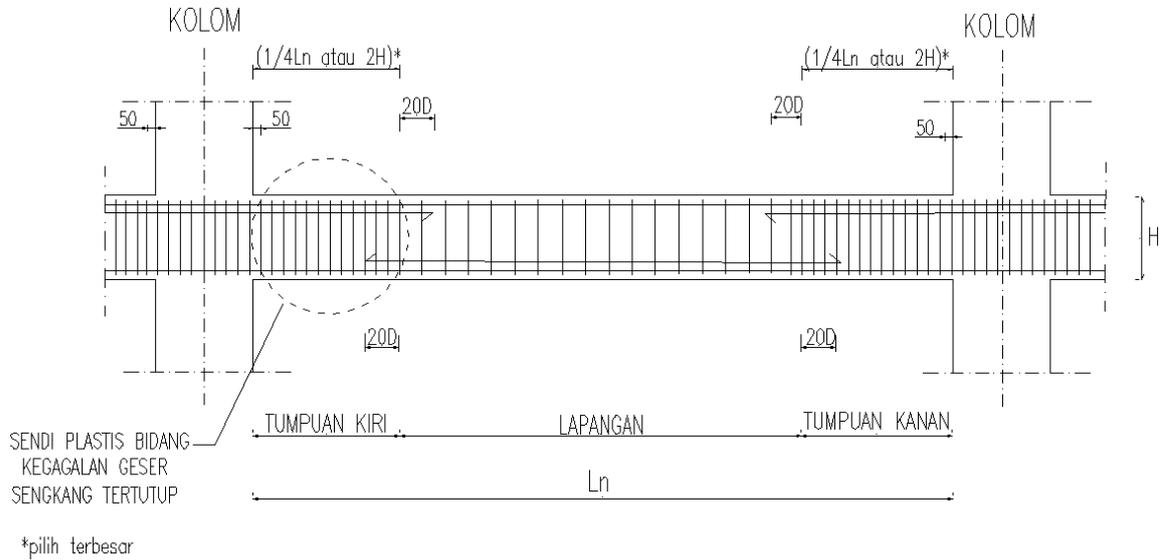
dengan $\phi = 0,75$ dan $V_c \neq 0$



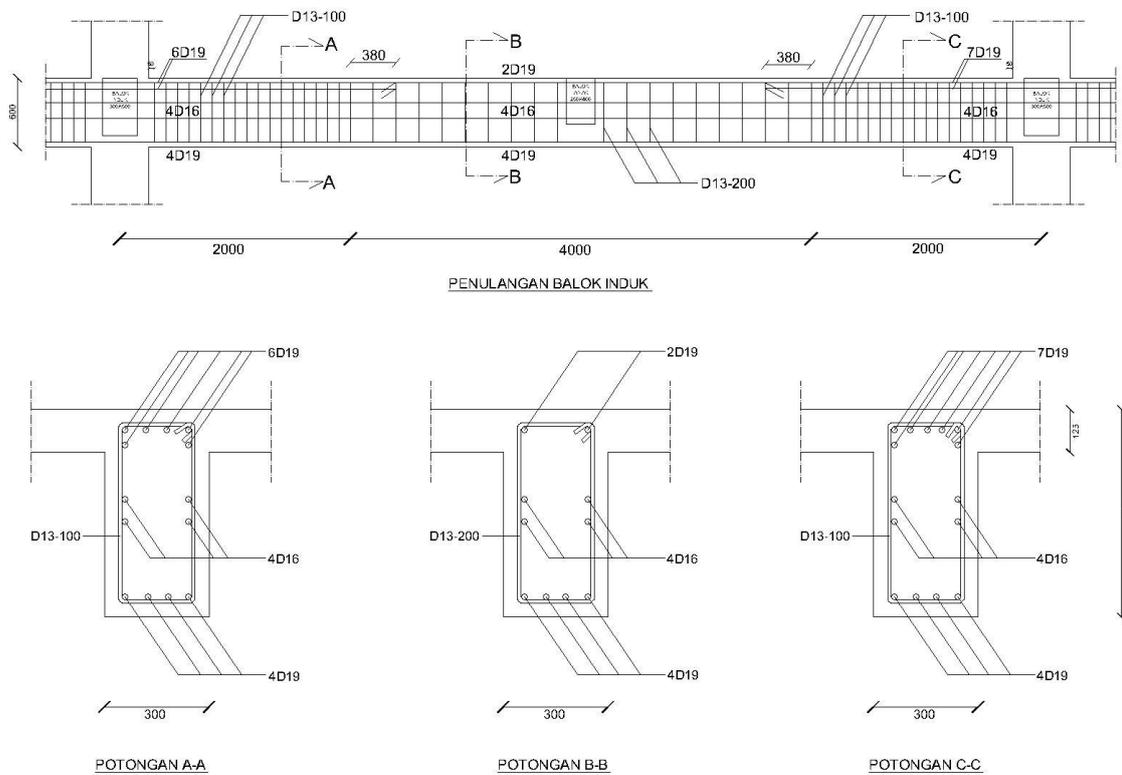
Gambar 6. Kondisi balok akibat goyangan ke kanan

SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.1 mensyaratkan bahwa tulangan transversal berupa sengkang tertutup harus dipasang di daerah sendi plastis dua kali tinggi balok ($2h$) diukur dari muka kolom dengan spasi maksimum tidak melebihi $\frac{1}{4}$ tinggi balok, 6 kali diameter tulangan lentur terkecil, dan 150 mm.

Secara umum detail tulangan balok dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Ketentuan penulangan balok induk



Gambar 8. Detail penulangan balok induk

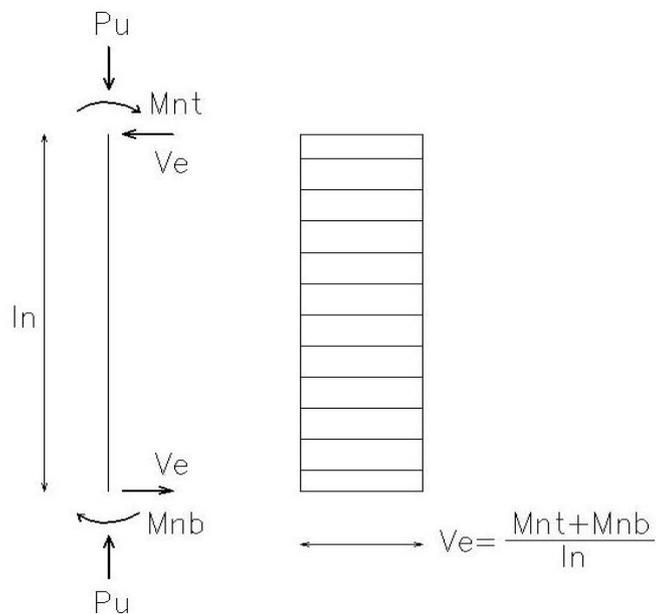
2. Kolom

Perencanaan balok menurut SRPMK SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.1 adalah:

- Beban aksial terfaktor yang terjadi melebihi $0,1 A_g f'_c$.
- Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.
- Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 350 mm.

Langkah-langkah perencanaan kolom adalah sebagai berikut:

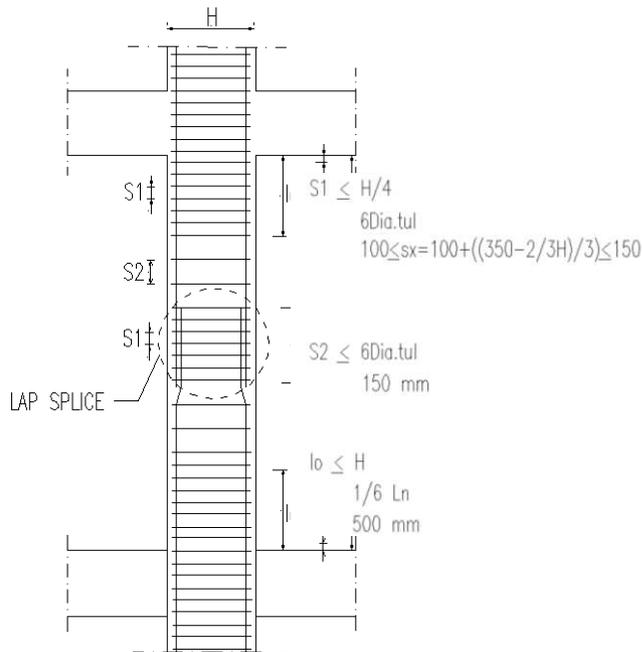
- Dimensi kolom sesuai dengan pemodelan gedung yang telah dibuat sebelumnya.
- Rasio penulangan kolom tidak boleh kurang dari 0,01, tidak boleh lebih dari 0,06 dan pada daerah sambungan tidak lebih dari 0,08 (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.3.1).
- Pengecekan kelangsingan kolom sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.1
- Perbesaran momen pada komponen SRPMK harus memenuhi diantaranya momen terfaktor yang diperbesar (M_c) dan momen akibat sendi plastis di ujung balok (M_{pr}).
- Kuat geser balok ditentukan oleh (Gambar 9):



Gambar 9. Gaya pada kolom

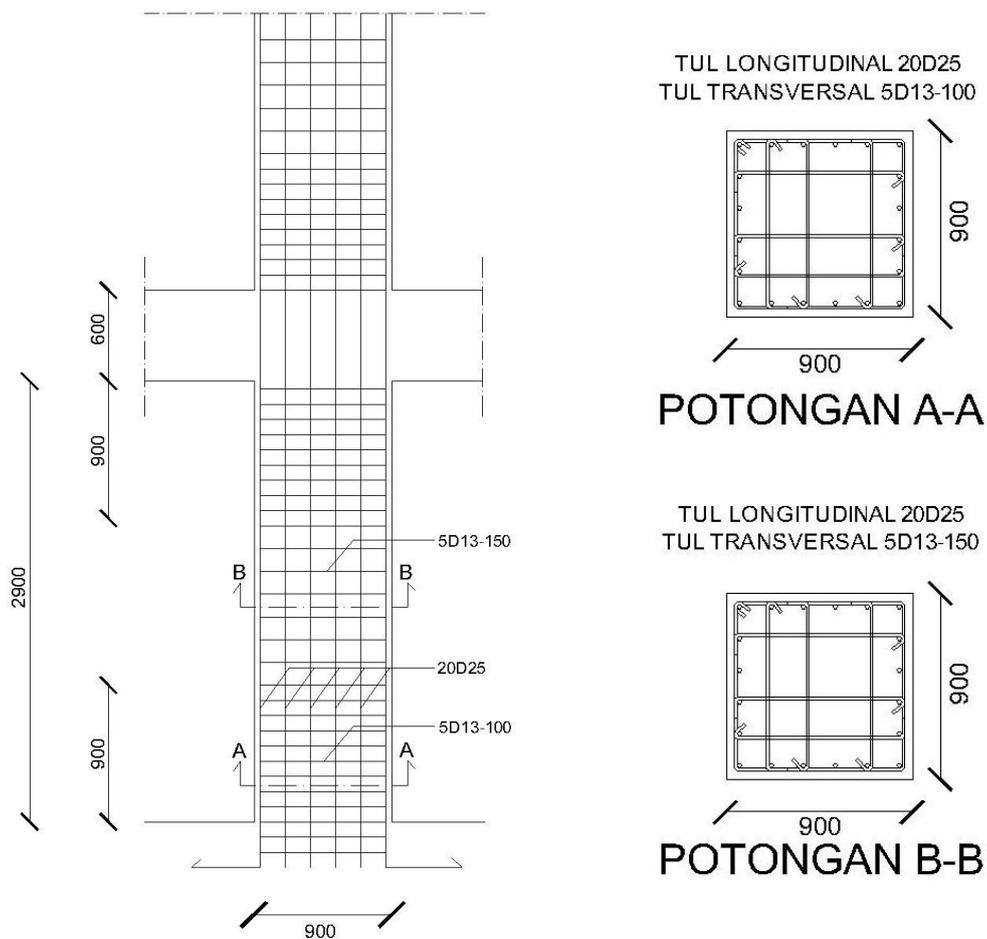
Karena kolom yang ditinjau adalah kolom dasar, maka untuk M_{nt} nya berasal dari M_{pr} balok (dengan $1,25 f_y$) yang ditumpu, sedangkan untuk M_{nb} berasal dari diagram interaksi kolom dengan $1,25 f_y$.

Ketentuan lain detail tulangan kolom dapat dilihat pada Gambar 10.



Tulangan transversal boleh terdiri dari sengkang tertutup tunggal atau majemuk atau kait silang. Setiap muka join dan pada kedua sisi setiap penampang yang berpotensi mengalami luluh lentur akibat berlangsungnya perpindahan lateral plastis dari rangka harus dipasang tulangan transversal tertutup di sepanjang l_o dari muka yang ditinjau (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1).

Gambar 10. Ketentuan penulangan kolom

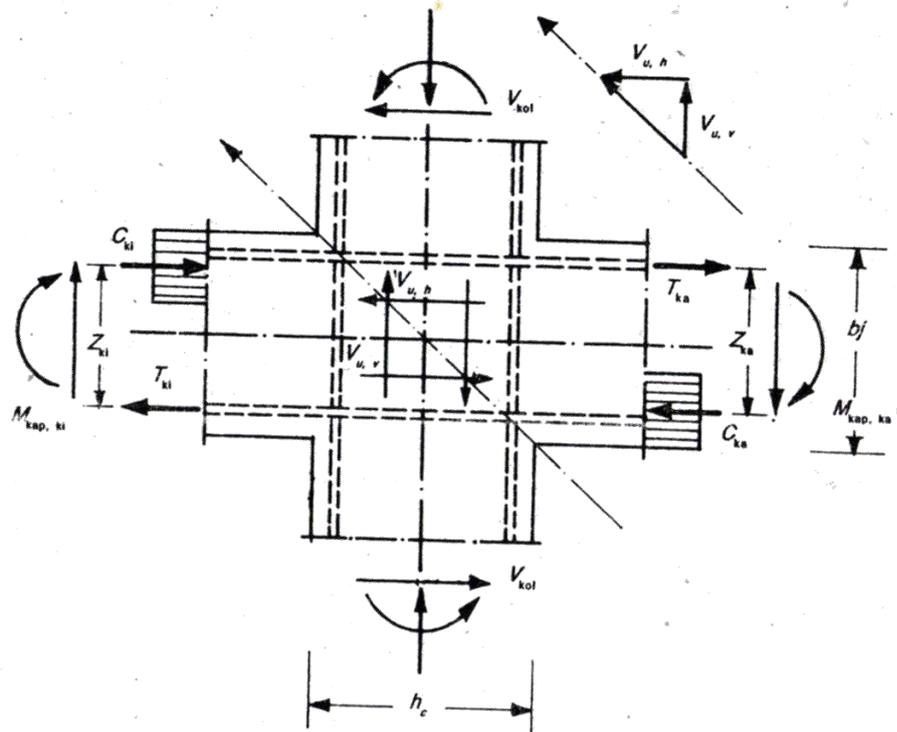


Gambar 11. Detail penulangan kolom

3. Joint atau HBK (Hubungan Balok-Kolom)

Kuat geser *joint* kolom balok sangat ditentukan oleh interaksi oleh dua mekanisme. Pertama, beban tekan lentur yang bekerja pada keempat komponen struktur yang berdekatan secara bersama-sama membentuk *strat* diagonal sepanjang *joint*. Kedua, pada *joint* untuk mengimbangi jumlah gaya lekat yang harus disalurkan oleh tulangan balok dan kolom, setelah terjadi retak diagonal, maka *strat* diagonal yang terjadi pada *joint* akan memikul tegangan-tegangan tekan. Tulangan geser horisontal diperlukan untuk menjamin gaya kekang horisontal pada *joint* tersebut.

Joint rangka harus memenuhi beberapa ketentuan dalam perencanaannya. Momen lentur dan gaya geser kolom serta geser horisontal dan geser vertikal yang melewati inti *joint* harus dianalisis dengan memperhitungkan seluruh pengaruh gaya-gaya yang membentuk keseimbangan pada titik *joint* (lihat Gambar 12).



Gambar 12. Gaya gaya yang bekerja pada *Joint*

4. Pondasi

Langkah-langkah perencanaan pondasi secara garis besar dapat diringkas sebagai berikut:

- Tentukan jenis pondasi sesuai jenis tanah dan kedalaman yang digunakan apakah menggunakan kekuatan *friksi* saja atau gabungan kekuatan *friksi* dan *bearing capacity*.
- Hitung daya dukung pondasi tunggal. Perhitungan dapat dilakukan dengan berbagai macam rumus kemudian interpretasikan hasil perhitungan tersebut.
- Hitung jumlah *pile* yang dibutuhkan akibat dari beberapa kondisi pembebanan.
- Kontrol beban maksimum (P_{max}) *pile* akibat gaya kombinasi aksial dan momen yang terjadi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

- e. Kontrol terhadap geser *pons* yang terjadi baik akibat kolom maupun *pile*.
- f. Kontrol terhadap gaya lateral. Pengontrolan dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan SAP 2000 atau menggunakan rumus Brom yang disesuaikan jenis tanahnya.

PENUTUP

KESIMPULAN

Hasil perencanaan Hotel Grandhika Semarang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang kuat, aman, dan ekonomis diperoleh dengan menggunakan suatu perencanaan struktur yang baik dan benar dan menggunakan standar teknis dan peraturan perencanaan struktur yang berlaku
2. Perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi dengan sistem ganda memerlukan suatu kontrol tertentu terhadap beberapa hal, diantaranya yaitu:
 - a. Pembatasan waktu getar fundamental struktur untuk menjaga agar struktur tersebut tidak terlalu fleksibel.
 - b. Kontrol partisipasi massa, dimana akibat perhitungan respons dinamik struktur mampu menghasilkan partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90%.
 - c. Kontrol simpangan struktur terhadap beban gempa, dimana simpangan struktur akibat gempa dibatasi.
 - d. Kontrol *base shear* gedung yang terjadi (dinamis) terhadap *base shear* hitungan (statik) dimana harus mengikuti ketentuan $V_d \leq 0,85 V_s$ jika tidak gaya gempa harus dikalikan faktor amplifikasi.
3. Perencanaan Hotel Grandhika didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan menerapkan konsep desain kapasitas, sehingga menghasilkan perilaku struktur *strong column-weak beam*.
4. Anggaran biaya yang telah direncanakan untuk Hotel Grandhika sebesar Rp 41.261.088.000,00.
5. Gambar rencana dibuat berdasarkan analisa perhitungan namun harus tetap mempertimbangkan pelaksanaan di lapangan.

SARAN

Beberapa saran yang berkaitan dengan perencanaan gedung bertingkat tinggi adalah:

1. Permodelan struktur dikerjakan dengan memperhatikan perilaku gedung yang terjadi. Hal-hal yang telah dikontrol dan dibatasi di dalam perencanaan harus diperhatikan.
2. Sebaiknya dipilih metode analisis desain kapasitas untuk perencanaan struktur gedung tahan gempa agar tercapai perilaku *strong column-weak beam*.
3. Perencanaan struktur bangunan tahan gempa terbaru harus mengacu pada peraturan terbaru yang berlaku, misalnya SNI 03-1726-2012 untuk Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
4. Sebaiknya digunakan mutu beton $f'c$ 30 Mpa atau lebih untuk memperoleh dimensi struktur yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Braja M. Das, 2007. *Principles of Foundation Engineering Sixt Edition*, Nelson, Canada.
- Chu-Kia Wang, 1990. *Disain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. 2013. *Analisa Harga Satuan Pekerjaan Dilengkapi Dengan Daftar Harga Bahan dan Upah*. Semarang.