

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PERSONA JAKARTA

Adhitiyo Eka Mahaendra, Prasetya Dita Perdana, Himawan Indarto^{*)}, Bambang Pardoyo^{*)}

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

ABSTRAK

Hotel Persona yang terletak di jalur utama Bekasi ke Jakarta yaitu di daerah Jatiwaringin No.60. Hotel Persona akan dibangun secara vertikal dengan jumlah lima lantai yang terdiri dari empat lantai dan satu lantai atap. Struktur gedung didesain menggunakan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan “Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung (SNI 2847-2013)”. Analisis beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen berdasarkan “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)”. Pada perencanaan struktur gedung ini digunakan konsep Desain Kapasitas. Konsep ini bertujuan agar apabila terjadi gempa kuat, sendi plastis dapat terbentuk pada elemen struktur balok. Guna menjamin terjadinya sendi plastis pada balok tersebut, maka kolom harus didesain lebih kuat dari balok (Strong Column Weak Beam). Pada struktur bawah digunakan pondasi Bored Pile, karena tanah pada area pembangunan gedung termasuk jenis tanah keras. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan menggunakan bantuan program analisis struktur menunjukkan bahwa elemen struktur Gedung Perhotelan ini aman secara analisis dengan pembebanan gempa.

kata kunci : SRPMK, Desain Kapasitas, Respon Spektrum

ABSTRACT

Persona Hotel located on the main route from Bekasi to Jakarta, in area Jatiwaringin 60. Hotel Persona will be built vertically with the number five floors consisting of four floors and a roof floor. Building structure designed use Special Moment Resisting Frame System based on Concrete requirements for structural building Codes (SNI 2847-2013) Analysis of seismic loading was conducted using equivalent static method based on Indonesian Earthquake Resistant Building Codes (SNI 03-1726-2012). In designing this building structure, we used the concept of capacity design. The purpose of this concept was to provide enough ductility by designing plastic hinges on beam. In order to guarantee plastic hinges are formed on the beams, the columns should be designed to be stronger than the beams (Strong Column Weak Beam). The foundation was designed as bored pile, because the soil in that area was hard soil type. The results of the structural analysis show that the Hotel Building structure was able to withstand the designed earthquake loading.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

keywords: *SRPMK, Capacity Design, Spectrum Response*

PENDAHULUAN

Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk di suatu kota, maka semakin besar pula kebutuhan akan tempat tinggal. Baik tempat tinggal permanen maupun sementara, dimana kebutuhan akan tempat tinggal akan berpengaruh terhadap aktifitas/kegiatan manusia pada suatu kota. Jakarta adalah salah satu kota maju di Indonesia, dimana aktifitas / kegiatan baik dari luar kota maupun dalam kota cukup besar baik untuk keperluan wisata maupun pekerjaan. Untuk itu dibutuhkan tempat tinggal sementara seperti hotel. Maka dari itu akan dibangun Hotel Persona untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hotel Persona akan dibangun secara vertikal dengan jumlah lantai yang terdiri dari lima lantai. Tata Cara Perhitungan Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726-2012) menetapkan suatu konsep Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*), dimana struktur gedung direncanakan mempunyai tingkat daktilitas yang cukup, sehingga struktur tetap berdiri walaupun berada dalam kondisi diambang keruntuhan.

STUDI PUSTAKA

Gambaran Umum

Struktur gedung direncanakan mempunyai tingkat daktilitas yang cukup, sehingga struktur tetap berdiri walaupun berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Kekuatan struktur gedung sangat terkait dengan keamanan dan ketahanan struktur dalam menahan beban yang bekerja pada struktur tersebut, sedangkan derajat kekakuan struktur sangat bergantung pada jenis sistem struktur yang dipilih. Efisiensi suatu sistem struktur yang direncanakan bergantung pada jenis bahan yang digunakan. Sistem struktur yang dipilih harus menghasilkan kekakuan maksimum dengan massa bangunan yang seminimal mungkin, maka akan dihasilkan sistem struktur yang ringan namun kuat dalam menahan beban lateral yang bekerja pada struktur terutama beban lateral akibat gempa.

Data umum Proyek

Data umum dari perencanaan proyek ini sebagai berikut :

1. Nama proyek : Hotel Persona Jakarta
2. Lokasi bangunan : Jalan Jatiwaringin No. 60 Jakarta Timur
3. Fungsi bangunan : Gedung Perhotelan
4. Jumlah lantai : 5 lantai
5. Mutu beton (fc) : 25 MPa
6. Mutu baja tulangan: 240 MPa (polos)
400 MPa (ulir)
7. Pondasi : *Bored pile*
8. Kondisi tanah : Tanah sedang dengan nilai N-SPT rata-rata sebesar 35, 13

Perencanaan Pembebanan

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung ini, beban yang bekerja adalah sebagai berikut:

- 1 Beban mati (Dead Load)
 Terdiri dari :
 Beban sendiri pelat (tebal = 12cm) = $2.400 \cdot 0,12 = 288 \text{ kg/m}^2$
 Beban penutup lantai + spesi (3cm) = $24 + 63 = 87 \text{ kg/m}^2$
 Beban plafond + penggantung = $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
 Beban Instalasi ME = 25 kg/m^2
 Beban dinding = 100 kg/m^2 untuk setiap tinggi 1 meter (bata ringan).
- 2 Beban hidup (Live Load)
 Berdasarkan fungsi gedung perhotelan, beban hidup yang terjadi diperhitungkan sebesar $q = 250 \text{ kg/m}^2$ untuk lantai 2-5 dan $q = 150 \text{ kg/m}^2$ untuk atap.

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perhitungan struktur, antara lain:

Kombinasi Pembebanan Tetap

$$U = 1,4 D \dots\dots\dots(1)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(2)$$

Kombinasi Pembebanan Sementara

$$U = 1,2 D + 1 L + 1,0 (I_e/R) E_x + 0,3 (I_e/R) E_y \dots\dots\dots(3)$$

$$U = 1,2 D + 1 L + 0,3 (I_e/R) E_x + 1,0 (I_e/R) E_y \dots\dots\dots(4)$$

Dimana .:

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- E_x, E_y = Beban gempa
- I_e = Faktor keutamaan gempa (1)
- R = Koefisien modifikasi respons (8)

METODE PERENCANAAN

Pengumpulan Data

Data teknis yang didapat untuk kepentingan proses Perencanaan Struktur Gedung Apartemen ini adalah sebagai berikut:

- Data tanah.
- Gambar rencana bangunan.

Analisa Dan Pembahasan

Tahapan perencanaan dan analisis perhitungan beserta acuannya dalam perencanaan struktur gedung apartemen adalah sebagai berikut:

- Perencanaan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Perencanaan Struktur Sekunder Bangunan.

- Perencanaan Balok Induk.
- Perencanaan Kolom.
- Perencanaan Hubungan Balok Kolom.
- Perencanaan Pondasi.

Literatur

Berikut adalah literatur yang digunakan dalam evaluasi ini yaitu :

- Tata Cara Perhitungan Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726-2012).
- Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
- Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Langkah untuk menentukan konfigurasi sistem rangka pemikul momen khusus diawali dengan menentukan kategori resiko struktur gedung terhadap pengaruh gempa. Acuan dari langkah ini adalah fungsi bangunan gedung itu sendiri seperti halnya gedung apartemen yang berkategori resiko II. Langkah berikutnya adalah menentukan faktor keutamaan gempa dari struktur gedung, yakni dengan merujuk pada SNI 1726-2012 halaman 15 Tabel 2 yang menyatakan bahwa struktur gedung yang berkategori resiko II memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) yang bernilai 1. Langkah selanjutnya adalah menentukan kategori desain seismik gedung dilihat dari nilai SD_S dan SD_1 berdasarkan wilayah zonasi gempa. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai $SD_S = 0,578g$ dan $SD_1 = 0,36g$. Merujuk pada SNI 1726-2012 tabel 6 dan 7 menyatakan bahwa nilai $SD_S > 0,5g$ dan $SD_1 > 0,2g$ berkategori desain seismik D. Dari SNI gempa 2012 pasal 7.2.5.5 yang menyatakan bahwa struktur gedung dengan kategori desain seismik D, E dan F menggunakan konfigurasi sistem rangka pemikul momen khusus.

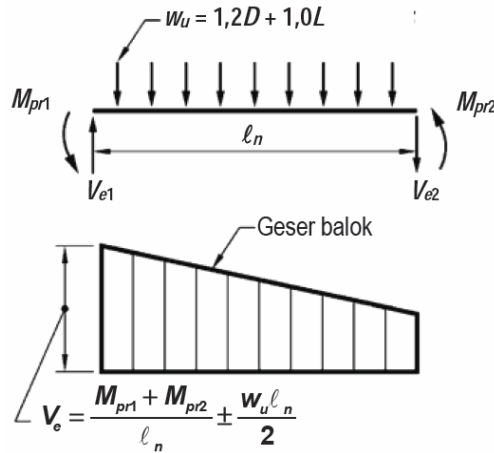
Perencanaan Struktur Sekunder Bangunan

Perencanaan struktur sekunder bangunan meliputi tangga, pelat lantai & balok anak. Perencanaan tangga meliputi perencanaan dimensi tangga, *antrede* dan *optrade* berdasarkan tinggi tiap lantai dan area luasan dalam perencanaan tangga. Dalam perencanaan tangga diperhitungkan penulangan pelat tangga, pelat bordes, dan balok tangga. Pengelompokan pelat berdasarkan ukuran pelat yang dibatasi oleh tiap balok, baik balok anak maupun balok.

Perencanaan Balok Induk

Pada perencanaan balok induk, dimensi tinggi balok induk direncanakan dengan $h = (1/10 - 1/15) L$ dan lebar balok induk diambil $b = (1/2 - 2/3) h$. Balok harus memikul beban gempa dengan perencanaan lentur momen ultimit (M_u) \leq momen nominal (M_n) pada daerah tumpuan dan lapangan balok. Kuat lentur maksimum (M_{pr}) pada daerah sendi

plastis dihitung berdasarkan tulangan terpasang dengan tegangan tarik baja $f_s = 1,25 f_y$ dan faktor reduksi 1,0 dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser berdasarkan analisis struktur.



Gambar 1. Probable Moment Balok Menahan Gempa ke Kiri dan Kanan

Gaya geser rencana balok direncanakan berdasarkan kuat lentur maksimum balok (M_{pr}) yang terjadi pada daerah sendi plastis balok yaitu pada penampang kritis dengan jarak $2h$ dari tepi balok. Gaya geser rencana pada muka tumpuan dihitung sebagai berikut:

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} + \frac{W_u \cdot l_n}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- V_e : Gaya geser akibat sendi plastis di ujung – ujung balok (kN).
- $M_{pr1,2}$: Kekuatan lentur mungkin komponen struktur (kNm).
- W_u : Gaya geser terfaktor (kN).
- l_n : Panjang bentang bersih (m).

Dari hasil perhitungan, didapatkan diameter tulangan utama D22, diameter tulangan sengkang D10 dan diameter tulangan torsi D13.

TYPE BALOK	B.1: 40 x 60		
	TUMP	LAP	TUMP
DETAIL BALOK			
UKURAN BALOK	60 X 40		
TULANGAN ATAS	6 D22	2 D22	6 D22
TULANGAN BAWAH	3 D22	3 D22	3 D22
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100

Gambar 2. Penulangan balok induk

Perencanaan Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 23.4 dijelaskan bahwa untuk komponen-komponen struktur pada perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang memikul gaya akibat beban gempa dan menerima beban aksial terfaktor yang lebih besar dari $0,1.A_g.f'_c$, maka komponen elemen struktur tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi $0,1.A_g.f'_c$.
2. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.
3. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

Kolom dirancang lebih kuat dibandingkan balok (*strong column weak beam*) Kolom ditinjau terhadap portal bergoyang atau tidak bergoyang, serta ditinjau terhadap kelangsingan. Kuat lentur kolom dihitung berdasarkan desain kapasitas *strong column weak beam* yaitu sebagai berikut.

$$\sum M_{nc} > 1,2 \sum M_{nb} \dots\dots\dots (6)$$

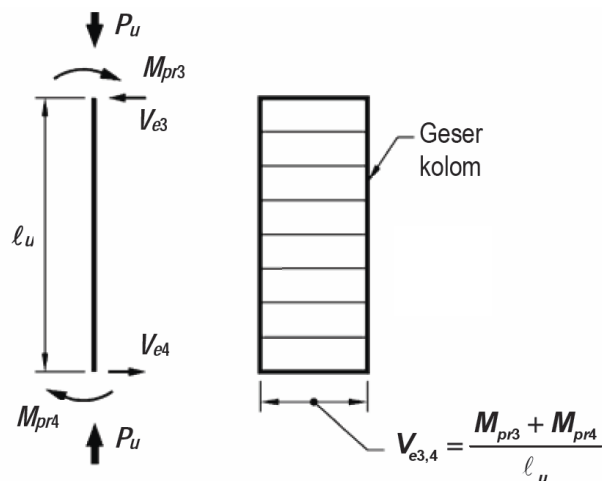
Dimana :

$\sum M_{nc}$ = Jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

$\sum M_{nb}$ = Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

Kuat geser kolom SRPMK terjadi sendi-sendi plastis terjadi pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut.

Pada perencanaan kolom, gaya geser didapat dengan menjumlahkan M_{pr} kolom atas dengan M_{pr} kolom bawah dibagi dengan tinggi bersih kolom. Gaya geser tidak perlu diambil lebih besar gaya geser rencana dari kuat hubungan balok kolom berdasarkan M_{pr} balok, dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur.



Gambar 3. Gaya Geser Rencana Kolom SRPMK.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 23.4.5(1), Kuat gaya geser rencana V_e ditentukan dari kuat momen maksimum, M_{pr} dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di Hubungan Balok Kolom yang bersangkutan. Namun pasal tersebut juga dibatasi bahwa V_e tidak perlu lebih besar dari gaya geser rencana yang ditentukan dari kuat Hubungan Balok-Kolom berdasarkan M_{pr} balok-balok melintang dan tidak boleh diambil kurang dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur. Gaya geser rencana dari kolom adalah sebagai berikut :

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

V_e : Gaya geser akibat sendi plastis di ujung – ujung balok (kN).

$M_{pr3,4}$: Kekuatan lentur mungkin komponen struktur (kNm).

ℓ_u : Panjang bentang bersih (m).

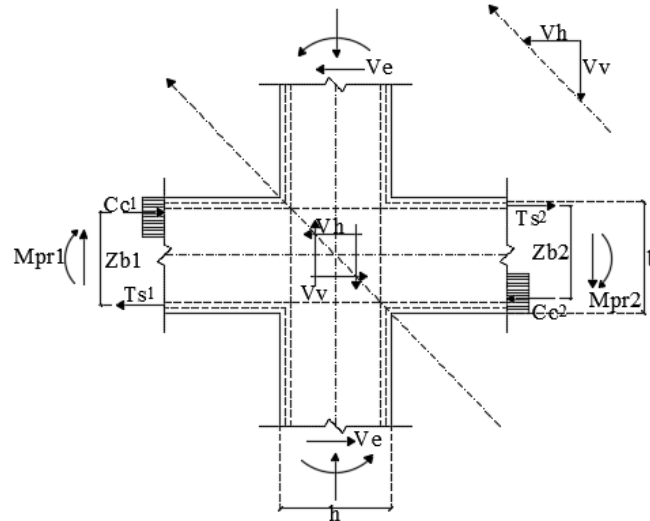
Dari hasil perhitungan, didapatkan diameter tulangan utama D22 dan diameter tulangan sengkang D10.

TYPE KOLOM	K.1 LANTAI 1-3		K.1 LANTAI 4-5	
	TUMP	LAP	TUMP	LAP
DETAIL KOLOM				
UKURAN KOLOM	60 X 60		60 X 60	
JUMLAH TULANGAN	24 D22	24 D22	20 D22	20 D22
SENGKANG	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150
LEG	4 leg D13- 100	2 leg D13- 100	4 leg D13- 100	2 leg D13- 100

Gambar 4. Penulangan balok induk

Perencanaan Hubungan Balok Kolom

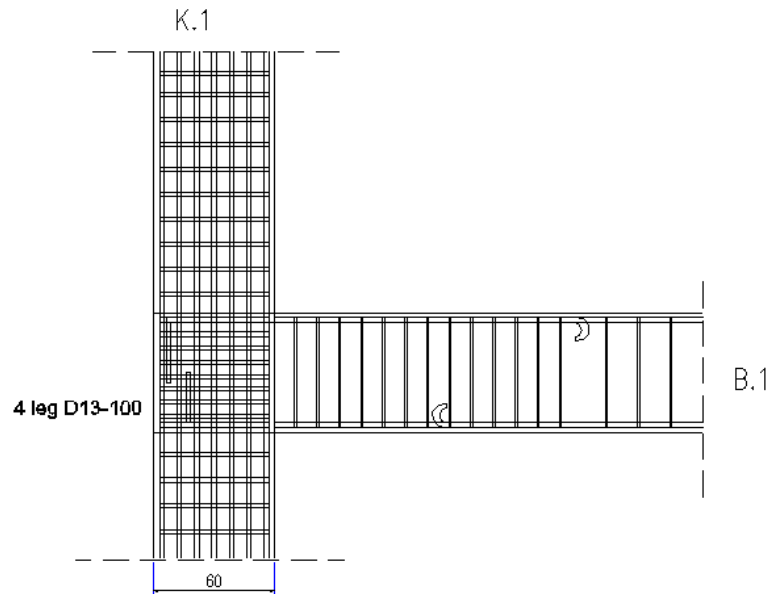
Hubungan balok–kolom (HBK) atau *beam–column joint* mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu struktur gedung bertingkat tinggi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hal ini dikarenakan joint yang menghubungkan balok dengan kolom akan sangat sering menerima gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom secara bersamaan. Hal ini dapat mengakibatkan joint yang mempertemukan balok dan kolom menjadi tidak kuat dan cepat runtuh. Maka dari itu diperlukan tulangan pengekang untuk mampu menerima dan menyalurkan gaya-gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom. Sehingga konsep SRPMK dapat dipenuhi. Dapat kita lihat free body gayanya seperti pada Gambar 5.



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

Dirancang tulangan 4 leg D13 ($A_{st} = 530,67 \text{ mm}^2$), dengan spasi minimum (s) tulangan adalah 100 mm.

Detail penulangan pengekuat yang terpasang pada hubungan balok-kolom dapat dilihat pada Gambar di bawah ini :



Gambar 6. Detail Tulangan Pengekuat pada Hubungan Balok-Kolom

Perencanaan Pondasi

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan pondasi, antara lain:

Kombinasi Pembebanan Tetap

$$U = 1 \text{ D} \dots\dots\dots(8)$$

$$U = 1 \text{ D} + 1 \text{ L} \dots\dots\dots(9)$$

Kombinasi Pembebanan Sementara
 1D + 1 L + 0,125 E(10)

Dimana :

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- E = Beban Gempa

Pondasi pada struktur gedung ini direncanakan menggunakan pondasi *bore pile*. Latar belakang pemilihan tipe pondasi tersebut adalah berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lokasi perencanaan, yang menyatakan bahwa untuk bangunan gedung dengan beban berat (gedung bertingkat 5 atau lebih) disarankan menggunakan pondasi dalam (*deep foundation*) seperti pondasi *bored pile*. Adapun spesifikasi dari pondasinya sebagai berikut:

- Diameter (D) = 600 mm ~ 0,6 m
- Luas (A_b) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 60^2 = 2826 \text{ cm}^2 \sim 0,2826 \text{ m}^2$
- Luas selimut (A_s) = $\pi \times D \times H = \pi \times 600 \times 8000 = 15072000 \text{ mm}^2 \sim 15,072 \text{ m}^2$
- Keliling Pile = 3,14 x 0,6 = 1,884 m
- Panjang (H) = 10 m
- $f'c \text{ pile cap}$ = 25 MPa
- $f'c \text{ tiang}$ = 25 MPa
- f_y = 400 Mpa

Untuk daya dukung tanah yang digunakan adalah dengan nilai terkecil. Tepatnya dengan menggunakan metode Skempton. Metode yang kita hitung dapat dilihat dari rumus sebagai berikut :

Daya dukung *allowable* pondasi *bored pile* dinyatakan dengan rumus :

$$Q_a = (Q_b + Q_s) / SF \dots\dots\dots (11)$$

Dan untuk menghitung kapasitas daya dukung ujung tiang adalah :

$$Q_b = \mu \cdot A_b \cdot C_b \cdot N_c \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

- Q_b = Kapasitas daya dukung ujung tiang.
- μ = faktor koreksi, dengan $\mu = 0,8$ untuk $d < 1 \text{ m}$, dan $\mu = 0,75$ untuk $d > 1 \text{ m}$
- C_b = Tahanan ujung sondir.
- A_b = Luas penampang tiang.
- N_c = Faktor kapasitas dukung.
- SF = Angka keamanan.

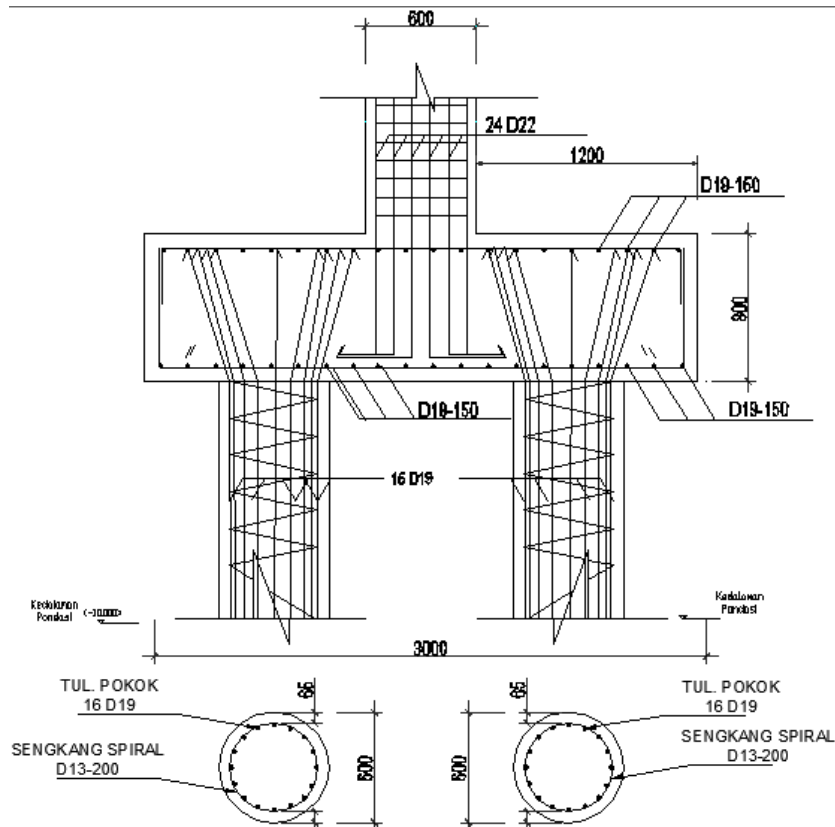
Tahanan kulit / Friksi (Q_s) diprediksi sebagai berikut :

$$Q_s = 0,45 \cdot c_u \cdot A_s \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

- C_u = kohesi tak terdrainase di sepanjang tiang
- A_s = luas selimut tiang

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh nilai Qall sebesar 92,718 ton. Dari hasil perhitungan penulangan *bored pile*, didapatkan diameter tulangan utama D19, diameter tulangan sengkang spiral D13. Dari perhitungan *pile cap* diperoleh diameter tulangan utama D19 dengan jarak spasi sebesar 150 mm.



Gambar 7. Detail Tulangan Pengekang pada Hubungan Balok-Kolom

KESIMPULAN

Hasil perencanaan struktur gedung Hotel Persona Jakarta yang telah dibahas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kombinasi beban dipilih yang terbesar, sehingga struktur, komponen elemen struktur, dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dirancang dengan menggunakan konsep *Strong Column Weak Beam*, di mana kolom dirancang sedemikian rupa agar struktur dapat berespon terhadap beban gempa dengan mengembangkan mekanisme sendi plastis pada balok-baloknya dan pada dasar kolom
3. Struktur yang direncanakan memiliki perilaku daktail, sehingga penampang balok dan kolom dalam menahan momen dan geser sesuai yang direncanakan. Selain itu memungkinkan untuk melakukan deformasi yang besar untuk mengakomodir gaya gempa yang terjadi.

SARAN

Dari penulisan Tugas Akhir ini, penulis ingin memberikan beberapa saran untuk pembaca agar dapat membuat Tugas Akhir yang lebih baik lagi. Adapun penulis memberikan saran–saran sebagai berikut:

1. Sebelum memulai suatu perencanaan struktur, sebaiknya data–data relevan yang diperlukan harus tersedia secara lengkap. Selain itu, pemilihan konsep perencanaan struktur dan tipe struktur yang akan digunakan juga harus dipersiapkan dengan baik, sehingga diperoleh hasil desain perencanaan konstruksi yang sesuai dari segi kekuatan, kenyamanan, dan keindahan estetika.
2. Pemilihan tipe struktur untuk perencanaan struktur tahan gempa sangat berpengaruh terhadap perilaku struktur. Sehingga diharapkan dengan pemilihan struktur yang baik dapat mereduksi goyangan yang diakibatkan beban gempa yang akan terjadi.
3. Nilai kelangsingan dan deformasi struktur menjadi sangat penting dalam perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi. Oleh karena itu, waktu getar struktur harus dibatasi agar tidak terjadi goyangan yang terlalu besar pada struktur yang dapat menyebabkan rasa tidak aman, nyaman, dan membahayakan penghuninya pada saat terjadi gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung SNI 1726-2012*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013*, BSN, Jakarta.
- Christady, Hary, 2008. *Teknik Fondasi 2 Cetakan ke-4*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Indarto, Himawan, 2004. *Mekanika Getaran dan Gempa*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kusuma, Gideon, 1995. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 seri beton 4*. Erlangga, Jakarta.
- Kusuma, Gideon and Andriono T., 1993. *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa*, Erlangga, Jakarta.
- McCormack, Jack C., 2003. *Desain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Pamungkas, Anugrah & Emy Hariyanti, 1999. *Desain Pondasi Tahan Gempa*, Erlangga, Jakarta.
- Sumber: “<http://rizaldyberbagidata.blogspot.com/2012/06/pondasi-dalam-perancangan-foundation.html>”
- Sumber: <http://kampuzsipil.blogspot.com/2012/10/menghitung-daya-dukung-tanah.html>.
- Sosrodarsono, Suyono, 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.