

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG POLITEKNIK KESEHATAN SEMARANG

Muhammad Irvan Zidny, Whanda Aristia Widiyanto, Ilham Nurhuda^{*)}, Himawan Indarto^{*)}

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

ABSTRAK

Perencanaan struktur gedung Politeknik Kesehatan Semarang ini didesain dengan mengacu pada SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012. Struktur gedung Politeknik Kesehatan Semarang ini termasuk Kriteria Desain Seismik tipe D dengan tingkat resiko kegempaan tinggi, sehingga dalam perencanaannya digunakan metode sistem rangka gedung dengan konfigurasi struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). 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 Sumuran, 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 ini aman secara analisis.

kata kunci : *Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Desain Kapasitas Respon Spektrum, SNI 1726-2012*

ABSTRACT

Structure design of Semarang Health Polytechnic building was designed with SNI 2847-2013 and SNI 1726-2012, Semarang Health Polytechnic building structures was included in Seismic Design Criteria Type D with high seismic risk level, so in designing the building used special moment resisting frames system method. It also used the concept of capacity design. The purpose of this concept if the strong earthquake is occur, plastic hinges can be formed on the element beams structure. In order to ensure 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 caisson foundation, because the soil in that area was hard soil type. The results of the structural analysis show that the building was safe analytically.

keywords: *Spesial Moment Resisting Frame System, Capacity Design Spectrum Respons, SNI 1726-2012*

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Peningkatan prasarana gedung perkuliahan sangat diperlukan sejalan dengan semakin pesatnya pertumbuhan sosial ekonomi pada hampir seluruh wilayah di Indonesia. Mengingat pentingnya peranan gedung ini, maka pembangunannya harus ditinjau dari beberapa sisi. Hal tersebut antara lain peninjauan kelayakan konstruksi gedung, dalam hubungannya dengan klasifikasi bangunan sesuai dengan tingkat pelayanan dan kemampuan dalam menerima beban. Dalam kaitannya dengan keselamatan maka perlu diperhatikan juga tingkat keamanan dan kenyamanan dalam pemakaian gedung tersebut. Perencanaan suatu gedung tidak hanya mempertimbangkan aspek keindahan atau estetika semata, akan tetapi sangat diperlukan perencanaan dan evaluasi di bidang struktural bangunannya.

METODOLOGI

Bangunan dirancang dengan konsep *strong column weak beam* dengan sistem rangka pemikul momen khusus agar lebih daktail. Dalam perencanaan tahanan gedung terhadap gempa digunakan peraturan SNI 1726-2012 dengan lokasi gempa Semarang. Dalam pemilihan pondasi dipilih menggunakan pondasi sumuran sesuai dengan jenis tanah keras pada lokasi pembangunan. Perhitungan struktur dilakukan dengan menentukan beban beban yang terjadi dengan fungsi gedung. Selanjutnya dilakukan perhitungan struktur sekunder berupa tangga, pelat lantai, balok anak dan kuda – kuda baja serta struktur primer berupa balok induk, kolom, dan pondasi dengan bantuan program analisis struktur.

Pengumpulan Data

Data yang didapat untuk kepentingan proses perencanaan struktur gedung adalah sebagai berikut:

- Data Teknis
 - 1. Data tanah
- Data Non Teknis
 - 1. Nama proyek : Pembangunan Gedung Politeknik Kesehatan Semarang
 - 2. Lokasi bangunan : Semarang, Jawa Tengah
 - 3. Fungsi bangunan : Gedung Perkuliahan
 - 4. Jumlah lantai : 5 lantai
 - 5. Mutu beton (fc) : 30 MPa
 - 6. Mutu baja : 240 MPa (polos)
400 MPa (ulir)
 - 7. Pondasi : Sumuran

Standar Yang Digunakan

Untuk keperluan perencanaan struktur gedung, digunakan standar struktur yang berlaku di Indonesia, yaitu:

- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012) .
- Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2015)

- Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)

Perencanaan Pembebanan

Dalam Perencanaan gedung ini beban yang bekerja adalah sebagai berikut :

- | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|--|
| a. Beban Mati (D_L) | | | |
| - Berat sendiri pelat | $= 0,12 \times 24$ | $= 2,88 \text{ kN/m}^2$ | |
| - Berat Pasir Setebal 1 cm | $= 0,01 \times 16$ | $= 0,16 \text{ kN/m}^2$ | |
| - Berat keramik penutup lantai | $= 22 \times 0,01$ | $= 0,22 \text{ kN/m}^2$ | |
| - Berat spesi tebal 3 cm | $= 22 \times 0,03$ | $= 0,66 \text{ kN/m}^2$ | |
| - Berat instalasi M/E/P | $= 0,25$ | $= 0,25 \text{ kN/m}^2$ | |
| - Berat plafond + penggantung | $= 12 + 8$ | $= 0,20 \text{ kN/m}^2$ | |
| Berat total | $= 4,37 \text{ kN/m}^2$ | | |
| b. Beban Hidup (L_L) | $= 2,5 \text{ kN/m}^2$ | | |
| c. Beban Perencanaan (W_U) | $= 1,2 D_L + 1,6 L_L$ | | |
| | $= 1,2 (4,37) + 1,6 (2,5)$ | | |
| | $= 9,244 \text{ kN/m}^2$ | | |

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perhitungan struktur, antara lain:

Kombinasi Pembebanan Tetap

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

Kombinasi Pembebanan Sementara

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

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

dimana :

D : beban mati

L : beban hidup

E_x, E_y : beban gempa

I_e : faktor keutamaan gempa (1,5)

R : koefisien modifikasi respons (8)

PERHITUNGAN STRUKTUR

Analisa Struktur

Langkah untuk menentukan konfigurasi sistem rangka pemikul momen diawali dengan menentukan kategori resiko struktur gedung terhadap pengaruh gempa. Acuan dari langkah ini adalah fungsi bangunan gedung itu sendiri seperti halnya gedung kuliah yang berkategori resiko IV. 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 IV memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) yang bernilai 1,5. Langkah selanjutnya adalah menentukan kategori desain seismic gedung dilihat dari nilai S_{DS} dan S_{D1} berdasarkan wilayah zonasi gempa. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai $S_{DS} = 0,740g$ dan $S_{D1} = 0,370g$. Merujuk pada SNI 1726-2012 tabel 6 dan 7 menyatakan bahwa nilai $S_{DS} > 0,5$ dan $S_{D1} > 0,2$ 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. Sedangkan untuk analisis gaya gempa rencana (V) dipengaruhi beberapa faktor seperti ditunjukkan pada persamaan 1, diantaranya yaitu koefisien respons (R) dimana sistem struktur yang dipilih yaitu Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus, maka nilai koefisien respons diambil sebesar 8. Parameter percepatan respons (S_{DS}) besarnya tergantung pada wilayah gempa dan jenis tanah dimana struktur tersebut direncanakan, sedangkan untuk besarnya beban (W) merupakan beban mati total dari struktur gedung.

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \times W \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana

- V : gaya gempa rencana (kN)
- S_{DS} : parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek
- R : koefisien modifikasi respons
- I_e : faktor keutamaan gempa
- W : berat seismik efektif bangunan (kN)

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.6 simpangan antar lantai tingkat izin (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi di tingkat x (Δ_{x5}) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.

$$\Delta_{x5} = \frac{(\delta_e - \delta_e) \times C_d}{I_e} \quad \dots\dots\dots (2)$$

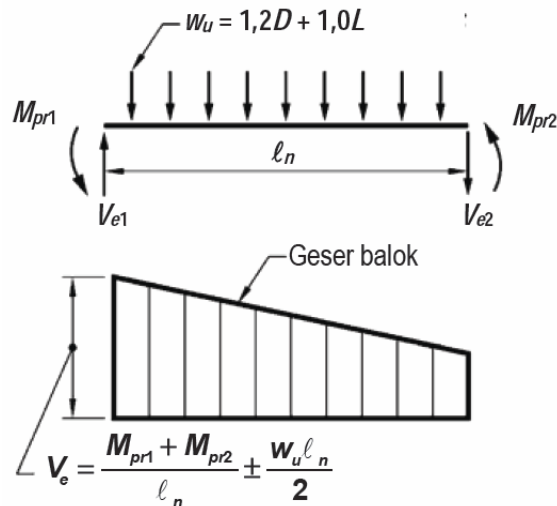
dimana:

- Δ : simpangan antar lantai tingkat izin (cm)
- C_d : faktor pembesaran defleksi
- δ_e, δ_e : defleksi pada lokasi yang disyaratkan (cm)
- I_e : faktor keutamaan gempa

Defleksi di atas tidak boleh melebihi *drift* limit tingkat yang diizinkan (Δ_a) sesuai dengan Tabel 16 Pasal 7.12.1 SNI 1726-2012, dimana nilai *story drift* (Δ_a) yang diizinkan tidak boleh melampaui 0,010 kali tinggi tingkat. Dari hasil analisis menggunakan program analisis struktur, didapatkan nilai simpangan antar lantai arah-x dan arah-y akibat beban gempa terbesar 3,982 cm dan masih masuk dalam *drift* limit tingkat yang diizinkan $\Delta_a = 4$ cm.

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. *Probable Moment* pada rangka balok terlihat pada Gambar 1.



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

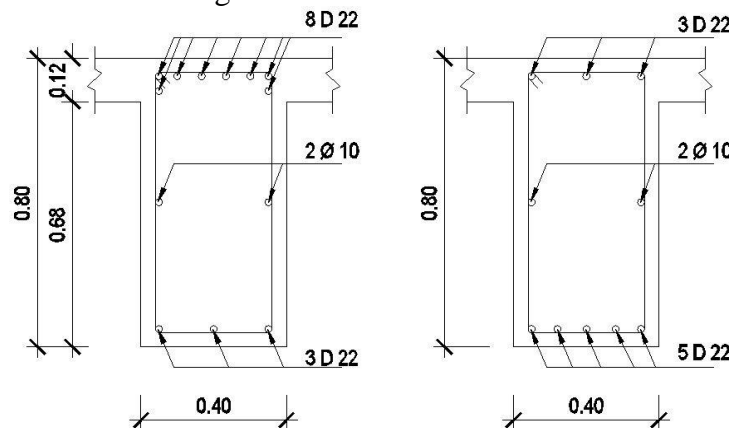
Gaya geser rencana balok direncanakan berdasarkan kuat lentur maksimum balok (M_{pr}) yang terjadi pada daerah sendi plastis balok yaitu pada penampang kritis dengan jarak $2h$ dari tepi balok. Gaya geser terfaktor pada muka tumpuan dihitung dengan persamaan 3.

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} + \frac{W_u \cdot l_n}{2} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- V_e : gaya geser akibat sendi plastis di ujung – ujung balok (kN)
- M_{pr} : 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 D10.



Gambar 2. Penulangan balok induk pada tumpuan (kiri) dan lapangan (kanan)

Perencanaan Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6 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.

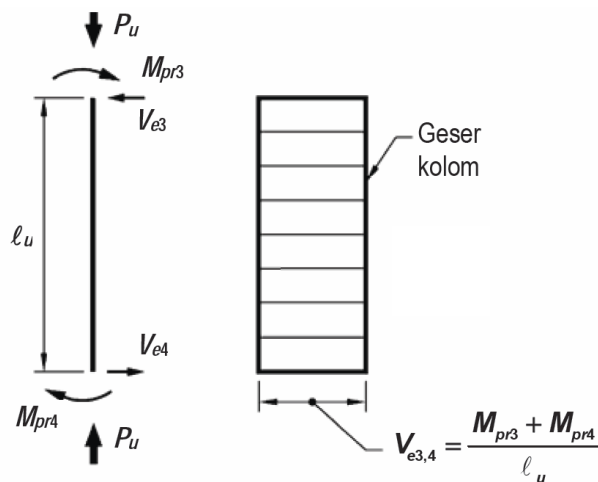
$$\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb} \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

ΣM_{nc} : jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka – muka joint (kNm)

ΣM_{nb} : jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka – muka joint (kNm)

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. Diagram gaya geser rencana kolom yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gaya geser rencana Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

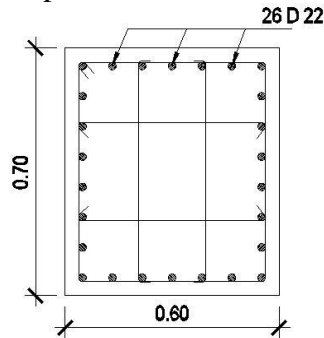
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.5., kuat gaya geser rencana V_e ditentukan dari kuat momen maksimum, M_{pr} dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di Hubungan Balok Kolom yang bersangkutan. Namun pasal tersebut juga dibatasi bahwa V_e tidak perlu lebih besar dari gaya geser rencana yang 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 seperti yang ditunjukkan pada persamaan 5.

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

- V_e : gaya geser akibat sendi plastis di ujung – ujung balok (kN).
- M_{pr} : kekuatan lentur mungkin komponen struktur (kNm).
- ℓ_u : panjang bentang bersih (m).

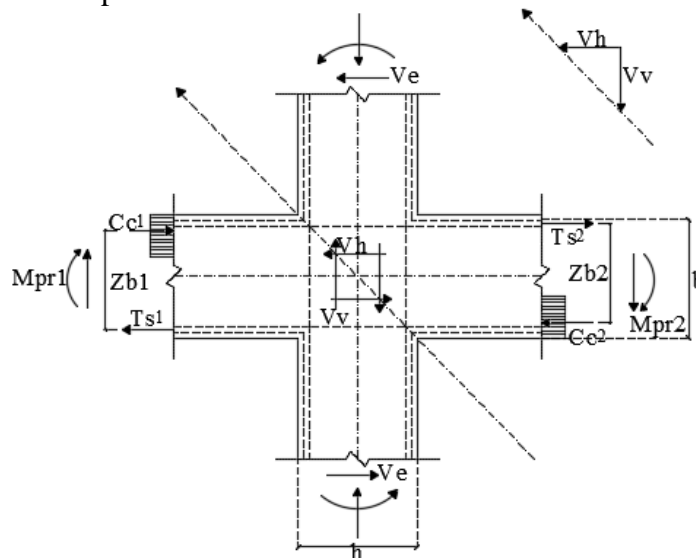
Dari hasil perhitungan, didapatkan diameter tulangan utama D22 dan diameter tulangan sengkang D10, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Detail penulangan kolom

Perencanaan Hubungan Balok – Kolom

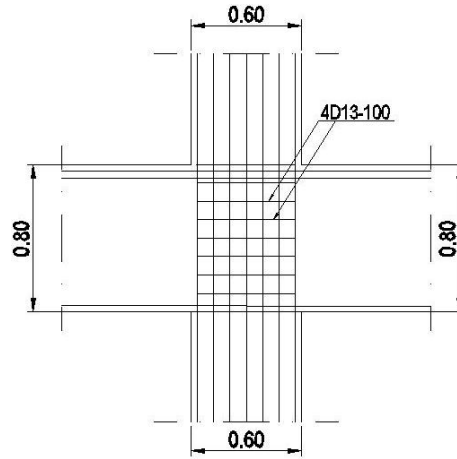
Hubungan balok – kolom (HBK) atau *beam – column joint* mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu struktur gedung bertingkat tinggi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hal ini dikarenakan joint yang menghubungkan balok dengan kolom akan sangat sering menerima gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom secara bersamaan. Hal ini dapat mengakibatkan joint yang mempertemukan balok dan kolom menjadi tidak kuat dan cepat runtuh. 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.



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 pengekok yang terpasang pada hubungan balok-kolom dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Detail Tulangan Pengekok pada Hubungan Balok-Kolom

Perencanaan Pondasi

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan pondasi, antara lain:
Kombinasi Pembebanan Tetap

$$U = 1 D$$

$$U = 1 D + 1 L$$

Kombinasi Pembebanan Sementara

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

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

dimana :

D : beban mati

L : beban hidup

E_x, E_y : beban gempa

I_e : faktor keutamaan gempa (1,5)

R : koefisien modifikasi respons (8)

Pondasi pada struktur gedung ini direncanakan menggunakan pondasi sumuran dengan diameter 2000 mm. Adapun yang menjadi latar belakang pemilihan tipe pondasi tersebut adalah berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lokasi perencanaan, kondisi tanah keras berada pada kedalaman -5 meter. Besarnya diameter pondasi ditentukan dari analisis daya dukung pondasi sumuran, dimana beban yang dipikul oleh pondasi tidak boleh melebihi daya dukung tiang yang diizinkan. Daya dukung tanah sebesar 668,5 Ton didapat dari perhitungan berdasarkan data sondir dengan menggunakan persamaan 6.

- Berdasarkan Data Sondir

$$Q_{all} = \frac{A_b \times q_c + A_s \times f_s}{SF} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- Q_{all} : daya dukung ijin pondasi (ton)
 A_b : luas penampang dasar sumuran (m^2)
 q_c : nilai konus pada ujung sumuran (ton/m^2)
 A_s : luas selimut sumuran (m^2)
 f_s : tahanan gesek pada selimut sumuran (ton/m)
SF : *safety factor*

KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan struktur, dapat disimpulkan

1. Perencanaan struktur didesain dengan konfigurasi Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), serta digunakan konsep desain kapasitas (*capacity design*), sehingga menghasilkan perilaku struktur *strong column – weak beam*. Konsep desain kapasitas yang direncanakan membuat struktur memiliki perilaku daktail, sehingga memungkinkan untuk melakukan deformasi yang besar untuk mengakomodir gaya gempa yang terjadi. Sedangkan pada analisis beban gempa digunakan metode analisis statik ekuivalen.
2. Pondasi yang digunakan adalah pondasi sumuran, karena kedalaman tanah keras pada area pembangunan berada pada kedalaman -5 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali, 2010. *Balok Beton Bertulang*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Surakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726-2012, BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727-2013, BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847-2013, BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, SNI 1729-2015, BSN, Bandung.
- Setiawan, Agus, 2013. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Edisi Keempat, Erlangga, Semarang.
- Vis, W.C., Gideon Kusuma, 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Wang, Chu – Kia, Charles G. Salmon, 1994. *Disain Beton Bertulang*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.