



PERENCANAAN STRUKTUR RUMAH SAKIT ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Ahmad Faisol, Saddam Mirza, Nuroji^{*)}, Himawan Indarto^{*)}

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

ABSTRAK

Perencanaan struktur Rumah Sakit Islam Sultan Agung didesain dengan mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03–2847–2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non–Gedung (SNI 03–1726–2012), dimana analisis beban gempa struktur gedung ini dilakukan dengan Metode Analisis Dinamik Spektrum Respons. Dari hasil analisis dinamik spektrum respons struktur gedung ini termasuk dalam Kriteria Desain Seismik tipe D dengan tingkat risiko kegempaan tinggi, sehingga dalam perencanaannya digunakan metode sistem rangka gedung dengan konfigurasi struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem SRPMK ini didesain agar bangunan tidak roboh atau runtuh saat terjadi gempa yang melebihi gempa yang telah didesain, oleh karena itu model SRPMK ini dirancang agar memenuhi syarat kolom kuat balok lemah, dimana kolom didesain agar dapat menahan balok pada saat balok mengalami sendi plastis. Selain itu hubungan balok–kolom juga harus didesain dengan baik agar tidak terjadi keruntuhan terlebih dahulu saat balok mengalami sendi plastis. Perencanaan struktur Rumah Sakit Islam Sultan Agung ini memiliki konfigurasi bentuk yang tidak simetris, dimana ketika terjadi gempa gedung akan mengalami rotasi yang disebabkan oleh pusat kekakuan dan pusat massa yang tidak berada dalam satu titik, sehingga perlu dilakukan dilatasi agar pusat massa dan pusat kekakuan menjadi berimpit.

keywords: *SNI 1726–2012, sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), kolom kuat balok lemah, dilatasi*

ABSTRACT

Structure design of Sultan Agung Islamic Hospital designed by SNI 03–2847–2002 and SNI 1726–2012, where analysis of earthquake load structure the building made by Spectrum Analysis Method of Dynamic Response. The analysis dynamic response spectrum of building structure is included in Seismic Design Criteria of type D with high seismicity level of risk, so that the planning system is the method used by the building frame structure configuration bearers Special Moment Frame System (Sway–special). Sway–special system is designed to be the building does not collapse during an earthquake in excess of the earthquake that has been designed, therefore Sway–special the model is designed to

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

qualify the strong column weak beam, where the columns are designed to withstand the beam when the beam undergo plastic hinge. Additionally joint should also be designed to prevent well collapse when the beam experiencing first plastic hinge. The structure design of Sultan Agung Islamic Hospital has asymmetrical shape configuration , so when an earthquake the building will undergo rotational stiffness caused by the center of mass and the center of rigidity is not located in a single point, so that should be dilated so that the center of mass and center of stiffness becomes coincide.

keywords: *SNI 1726–2012, system special moment frame bearer (SRPMK), strong column weak beam, structure dilation*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perencanaan pembangunan Rumah Sakit Islam Sultan Agung diharapkan dapat meningkatkan mutu pendidikan dan mampu untuk melaksanakan fungsi sosial kemasyarakatan yaitu dengan memberi pelayanan kesehatan kepada masyarakat luas sehingga masyarakat akan merasa ikut terbantu dengan adanya rumah sakit ini. Pemilihan lahan untuk pembangunan rumah sakit didasarkan pada realita masih sangat minimnya rumah sakit yang cukup memadai di daerah Semarang terutama daerah Semarang bagian utara dan sekitarnya, sehingga Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung berinisiatif untuk membangun suatu Rumah Sakit Islam Sultan Agung ini di daerah Kaligawe Semarang.

Pembangunan Rumah Sakit Islam Sultan Agung ini menerapkan prinsip perencanaan bangunan yaitu suatu bangunan yang aman, kuat, nyaman, indah, awet dan ekonomis. Oleh karenanya suatu perencanaan bangunan harus mempunyai kontrol mutu yang harus dapat dipertanggungjawabkan.

Maksud dan Tujuan

Tugas akhir ini dilakukan untuk merencanakan kekuatan struktur gedung RSI Sultan Agung Semarang berdasarkan Tata Cara Perhitungan Perencanaan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non–Gedung (SNI 03–1726–2012).

Berdasarkan hal diatas, tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk merencanakan struktur atas dan bawah gedung yang terdiri daribalok, kolom, dan fondasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Standar Perencanaan

Berikut adalah studi literatur yang digunakan dalam evaluasi ini yaitu:

- Tata Cara Perhitungan Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non–Gedung (SNI 03–1726–2012).
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03–2847–2002).
- Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPRG 1987).

Gambaran Umum

Gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung ini terdiri atas 9 lantai dengan 1 lantai atap, dengan fungsi bangunan sebagai rumah sakit. Seluruh komponen struktur menggunakan beton bertulang. Lokasi RSI Sultan Agung ini adalah terletak di kota Semarang, Jawa Tengah. Gedung rumah sakit ini memiliki bentuk yang tidak simetris, sehingga menyebabkan pusat kekakuan dan pusat massa gedung tidak berada pada satu titik, sehingga perlu dilakukan dilatasi. Gedung rumah sakit ini kemudian dibagi menjadi 4 bagian, yaitu gedung A, B, C dan D. Karena ukuran dari masing-masing bagian gedung hampir sama, maka perhitungan struktur diwakili oleh salah satu bagian gedung yaitu gedung A. Dilatasi bangunan ini diharapkan dapat membuat pusat massa dan pusat kekakuan menjadi berimpit.

Pembebanan Struktur

Struktur bangunan gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang ini diperhitungkan terhadap beberapa kemungkinan kombinasi pembebanan (*load combination*) yang terjadi.

Pembebanan pada struktur ini meliputi beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Beban-beban tersebut terbagi menjadi kombinasi beban tetap dan sementara:

- Kombinasi Pembebanan Tetap

$$U = 1,4 D$$

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

- Kombinasi Pembebanan Sementara

$$U = 1,2 D + 1 L \pm 1,0 E_x \pm 0,3 E_y$$

$$U = 1,2 D + 1 L \pm 0,3 E_x \pm 1,0 E_y$$

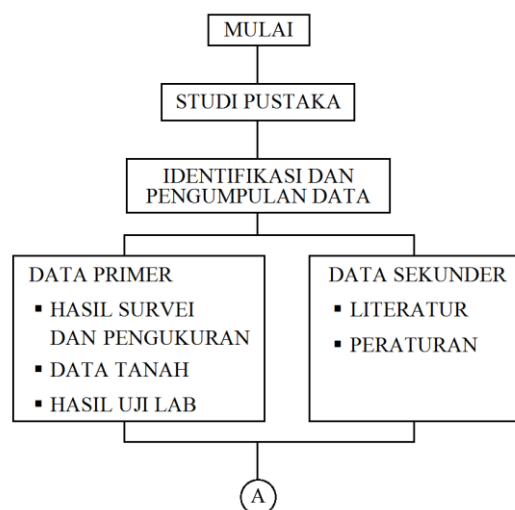
Dimana:

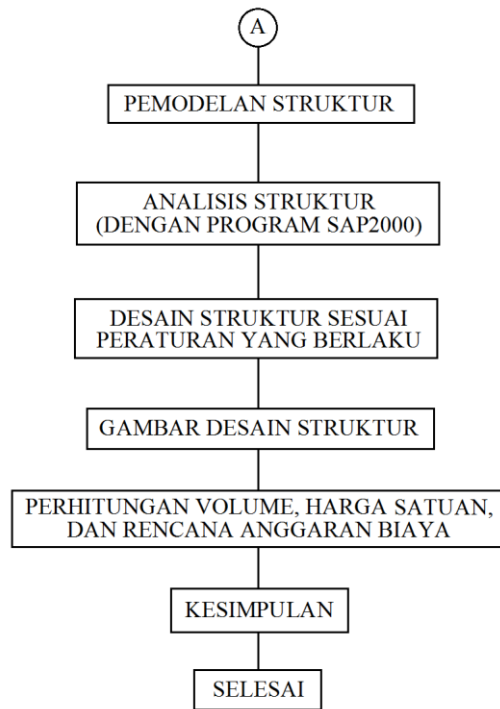
D = beban mati

L = beban hidup

Ex, Ey = beban gempa

METODOLOGI





Gambar 1. Diagram Alir Metode Perencanaan

PERENCANAAN STRUKTUR

Analisis Struktur Gedung Terhadap Gempa

Analisis struktur gedung tahan gempa, ditentukan berdasarkan konfigurasi struktur dan fungsi bangunan yang dikaitkan dengan tanah dasar dan peta zonasi gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2012 untuk Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

Analisis beban gempa menggunakan metode spektrum respons berdasarkan SNI 03-1726-2012. Data perencanaan:

- Lokasi bangunan: Semarang
- Kategori risiko: IV
- Koefisien respons (R): 8 (SRPMK)

Adapun langkah perencanaan beban gempa dengan metode respons spektrum adalah sebagai berikut (Pasal 6 SNI 03-1726-2012):

1. Menentukan nilai S_S dan S_1
2. Menentukan kelas situs
3. Menentukan nilai S_{MS} dan S_{M1}

$$S_{MS} = F_a \times S_S$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

4. Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

5. Menentukan Periode, T

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

6. Menentukan spektrum respons desain, Sa

– untuk $T < T_0$:

$$S_a = S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

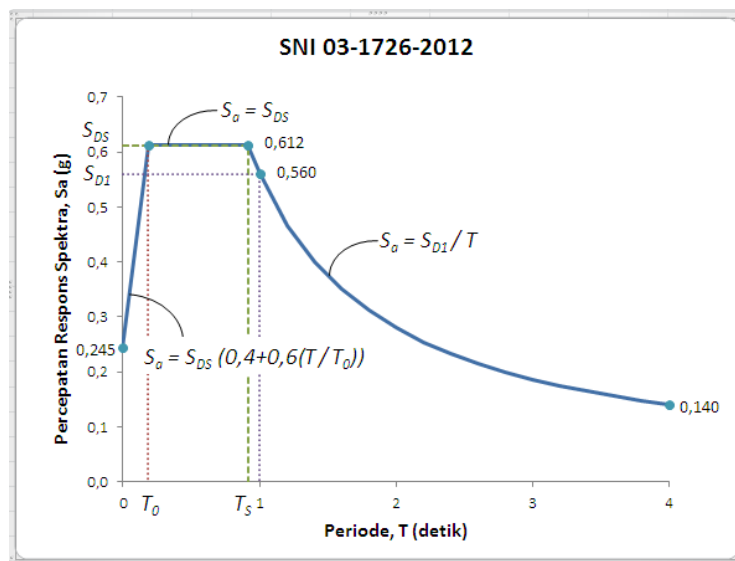
– untuk $T_0 < T < T_s$:

$$S_a = S_{DS}$$

– untuk $T > T_s$:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dari hasil perhitungan spektrum analisis kemudian dibuat grafik spektrum respons percepatan desain seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Respons Spektrum Desain Wilayah Semarang Kelas Situs Tanah Lunak (SE) Sesuai SNI 03-1726-2012

Periode Pendekatan Fundamental

Nilai waktu fundamental struktur awal bangunan (T_c) yang didapatkan dari hasil analisis model struktur dibatasi tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 14 (SNI 03-1726-2012) dan periode fundamental pendekatan Tayang ditentukan dari persamaan 32 (SNI 03-1726-2012).

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n \\ &= 0,0466 \times 41,1^{0,9} \end{aligned}$$

$$= 1,321 \text{ detik}$$

Dengan nilai $S_{D1} = 0,56 \text{ g}$, maka didapat koefisien $C_u = 1,4$

$$\begin{aligned} T_{\text{maks}} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 1,321 \\ &= 1,8494 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 v12, didapatkan nilai waktu fundamental struktur awal (T_c) pada struktur gedung bertingkat tinggi sebagai berikut:

$$T_x = 1,723 \text{ detik}$$

$$T_y = 1,674 \text{ detik}$$

Perhitungan Balok Induk

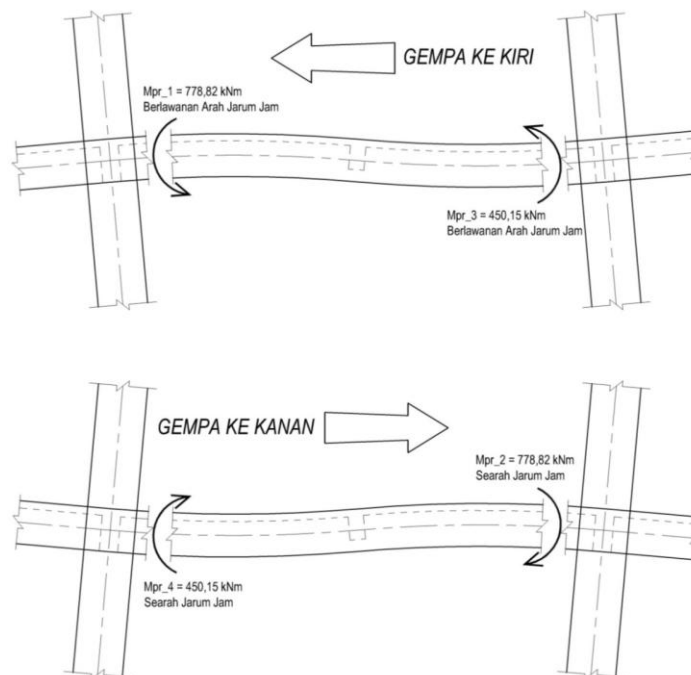
Pada perencanaan balok induk, dimensi tinggi balok induk direncanakan dengan $h = (1/10 - 1/15) L$ dan lebar balok induk diambil $b = (1/2 - 2/3) h$ menurut (Vis dan Gideon, 1993).

Tulangan Longitudinal

Balok harus memikul beban gempa dengan perencanaan lentur momen ultimit (M_u) \leq momen nominal (M_n) pada daerah tumpuan dan lapangan balok.

Tulangan Transversal

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 3. Probable Moment Balok Menahan Gempa ke Kiri dan Kanan

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

- Akibat Gempa ke Kiri

$$V_{e_{kiri}} = V_{gravitasi} + V_{gempa}$$

$$= V_{gravitasi} + \left(\frac{Mpr_1 + Mpr_3}{Ln} \right)$$

$$V_{e_{kanan}} = V_{gravitasi} - V_{gempa}$$

$$= V_{gravitasi} - \left(\frac{Mpr_1 + Mpr_3}{Ln} \right)$$

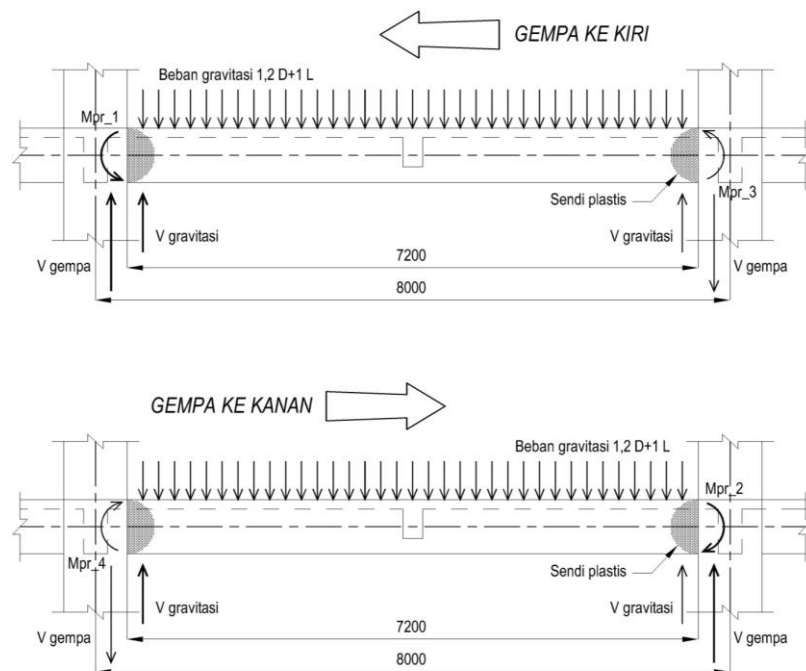
- Akibat Gempa ke Kanan

$$V_{e_{kanan}} = V_{gravitasi} + V_{gempa}$$

$$= V_{gravitasi} + \left(\frac{Mpr_2 + Mpr_4}{Ln} \right)$$

$$V_{e_{kiri}} = V_{gravitasi} - V_{gempa}$$

$$= V_{gravitasi} - \left(\frac{Mpr_2 + Mpr_4}{Ln} \right)$$



Gambar 4. Diagram Gaya Geser Akibat Beban Gravitasi dan Gempa

Perhitungan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 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 $0,1A_gf'c$, maka komponen elemen struktur tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi $0,1A_gf'c$
2. Sisi terpendek
Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.
3. Rasio b/h
Perbandingan lebar terhadap tinggi kolom tidak boleh kurang dari 0,3.

Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal

Kuat lentur minimum kolom dihitung dengan persyaratan kolom, sebagai berikut:

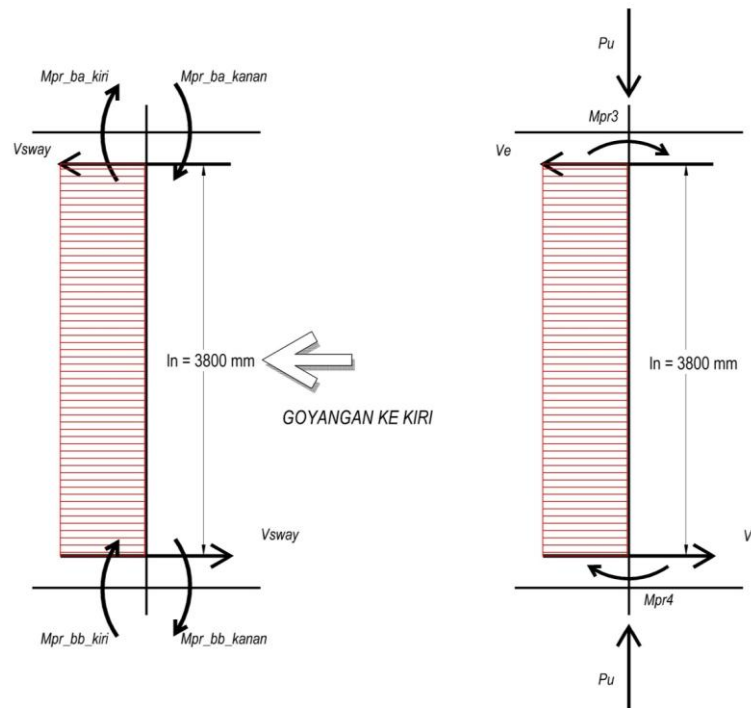
$$\Sigma Mc \geq \left(\frac{6}{5}\right) \Sigma Mg$$

Dimana ΣMc harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, konsisten dengan arah gempa yang ditinjau. Dalam hal ini hanya kombinasi beban dengan beban gempa yang dipakai untuk memeriksa syarat kolom kuat balok lemah.

Tulangan Transversal

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 Mpr kolom atas dengan Mpr kolom bawah dibagi dengan tinggi bersih kolom. Gaya geser tidak perlu diambil lebih besar gaya geser rencana dari kuat hubungan balok kolom berdasarkan Mpr balok, dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur.



Gambar 5. Gaya Geser Rencana Kolom SRPMK

Hubungan Balok–Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Gaya–gaya pada tulangan longitudinal balok di muka hubungan balok–kolom harus ditentukan dengan menganggap bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$. Kuat hubungan balok–kolom harus direncanakan menggunakan faktor reduksi kekuatan.

Tulangan longitudinal balok yang berhenti pada suatu kolom harus diteruskan hingga mencapai sisi jauh dari inti kolom terkekang. Bila tulangan longitudinal balok diteruskan hingga melewati hubungan balok–kolom, dimensi kolom dalam arah paralel terhadap tulangan longitudinal balok tidak boleh kurang daripada 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok untuk beton berat normal.

Syarat Pendetailan Tulangan

Balok:

Panjang l_{dh} minimal diambil yang terbesar dari:

- $8d_b$
- 150 mm

Jarak sengkang maksimum pada daerah $2h$ (S_{b1}):

- $1/4d$
- 8 kali tulangan longitudinal terkecil balok
- 24 kali tulangan geser
- 300 mm

Jarak sengkang maksimum di luar $2h$ (S_{b2}):

- $1/4d$
- 600 mm

Sambungan tulangan balok/*lap splice* diberikan sengkang dengan jarak maksimum:

- $h/4$
- 100 mm

Kolom:

Jarak sengkang maksimum pada daerah L_o (S_{c1}):

- $1/4$ cross section dimensi kolom
- 6 kali d_b kolom
- $S_x, 100 \leq S_x \leq 150$ mm

Jarak sengkang maksimum di luar L_o (S_{c2}):

- 6 kali d_b kolom
- 150 mm

Panjang L_o diambil yang terbesar dari:

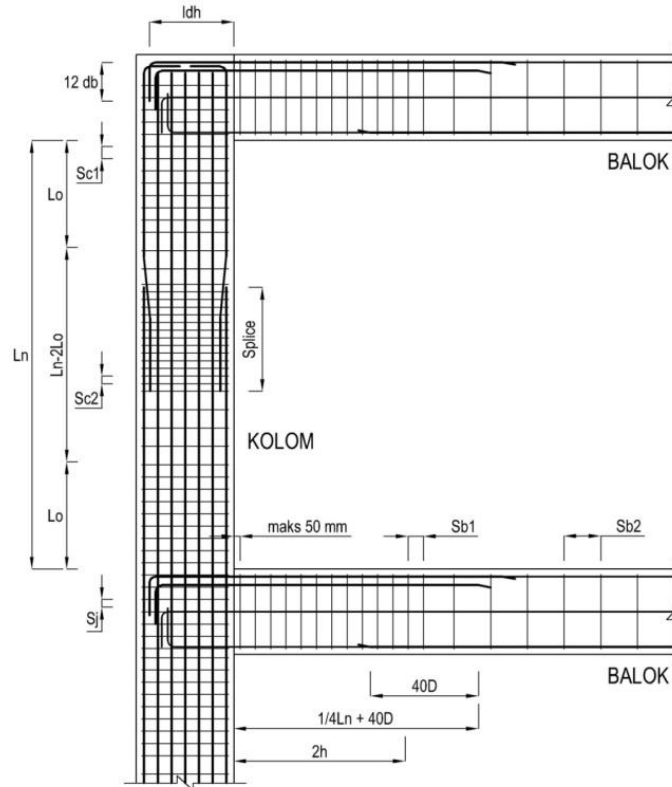
- Tinggi elemen struktur di joint
- $1/6 L_n$ kolom
- 500 mm

Sambungan tulangan/*lap splice* pada kolom, digunakan *Class B Lap Splice* jika semua tulangan disalurkan di lokasi yang sama. *Class B lap Splice* = $1,3 L_d$, untuk baja tulangan $D = 22$ mm, $L_d = 45 D$.

Hubungan Balok Kolom:

Jarak sengkang maksimum pada HBK (S_j):

- $S_j = S_{c1}$
- Jika kolom terjepit balok yang berpenampang sama di keempat sisinya maka jarak $S_j = 2 S_{c1}$



Gambar 6. Pendetailan Tulangan

Perhitungan Fondasi

Dari hasil uji bor sampai kedalaman 50 m tidak ditemukan tanah keras, sehingga kapasitas daya dukung fondasi direncanakan dari gaya gesekan antara tiang pancang dengan tanah. Adapun perencanaan fondasi pada struktur gedung Rumah Sakit Islam Sultan Agung ini, tiang pancang menggunakan spesifikasi teknis sebagai berikut:

1. Diameter (D) = 600 cm
2. Panjang (H) = 1.200 cm
3. Luas = 2.827 cm²
4. Keliling(O) = 188,5 cm
5. f'_c tiang pancang = K-500(42,5 MPa)
6. f'_c pile cap = K-300(24,9 MPa)
7. f_y = 400 Mpa

Dari perbandingan hasil perhitungan nilai daya dukung tanah berdasarkan kekuatan bahan dan nilai N-SPT, diambil nilai daya dukung tanah terkecil.

Kontrol Beban Maksimum (Pmaks) Tiang Pancang

Berikut merupakan perhitungan gaya Pmaks dan Pmin pada tiang fondasi dengan menggunakan formula di bawah ini:

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

Kontrol Gaya Lateral

Untuk tiang pancang dengan pembebanan lateral (misal akibat gempa), pada tahun 1965 Broms mengembangkan solusi sederhana berdasarkan dua asumsi, yaitu:

- a) Kegagalan geser untuk kasus tiang pancang pendek (*short piles*)
- b) Terjadi bending terhadap pancang untuk kasus tiang pancang panjang (*long piles*).

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui gaya lateral yang mampu ditahan oleh tiang pancang.

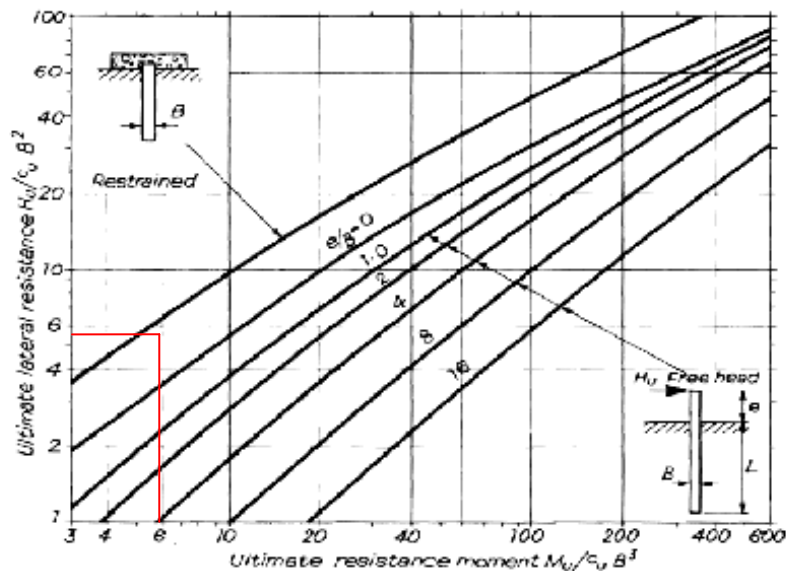


Fig. 6.30 Ultimate lateral resistance of long pile in cohesive soil related to ultimate resistance moment (after Broms^{6,13})

Gambar 7. Grafik Broms Ultimate Lateral Resistance (Das, 2004)

Dari perhitungan diatas didapat $V=2,3672 \text{ ton} < H_a=20,74 \text{ ton}$, maka gaya lateral yang terjadi masih dapat ditahan oleh tiap tiang pancang dan masih dalam batasan aman.

Kontrol Geser Pons

Perhitungan geser pons adalah untuk mengetahui apakah tebal pile cap cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Tegangan geser pons pada pelat dapat terjadi di sekitar beban terpusat yaitu di sekitar reaksi tumpuan terpusat, ditentukan antara lain oleh tahanan tarik beton di bidang kritis yang akan berusaha lepas menembus pelat.

Agar tidak terjadi geser pons harus dipenuhi persyaratan: $P_e < \phi V_c$, dimana:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{2 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c_{maks}} = 4 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

Persyaratan Simpangan Antar-Lantai

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.1 Syarat kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antartingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung pada kategori IV tidak boleh melampaui $0,015h_{sx}$ (tinggi tingkat di bawah tingkat yang bersangkutan), yaitu:

$$\Delta_i < 0,015 \times h_{sx}$$

$$\Delta_i < 0,015 \times 4.500 = 67,5 \text{ mm}$$

Dari analisis *output* SAP2000 v.12 didapat simpangan terbesar yaitu:

$$\Delta_{xmaks} = 9,05 \text{ mm}$$

$$\Delta_{ymaks} = 8,66 \text{ mm}$$

$$\Delta_{maks} = 9,05 \text{ mm} \leq 67,5 \text{ mm}$$

KESIMPULAN

1. Perencanaan suatu struktur bangunan yang kuat, aman, dan ekonomis harus didasarkan pada peraturan-peraturan perencanaan struktur yang berlaku.
2. Ketidakberaturan sistem struktur baik secara vertikal maupun horizontal perlu diberi perlakuan khusus yakni dengan memberi dilatasi agar memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa serta menghindari terjadinya penurunan setempat.
3. Perencanaan struktur didesain meng-gunakan Sistem Rangka Gedung dengan menggunakan konfigurasi kerutuhan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Di mana Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dirancang dengan menggunakan konsep *Strong Column Weak Beam*, di mana kolom dirancang sedemikian rupa agar struktur dapat berespons terhadap beban gempa dengan mengembangkan mekanisme sendi plastis pada balok-baloknya dan pada dasar kolom
4. Konsep desain kapasitas yang direncanakan membuat struktur 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 mengakomodasi gaya gempa yang terjadi.

SARAN

Dalam merencanakan struktur gedung yang berada di wilayah yang terdapat intensitas gempa, sebaiknya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan konsep Desain Kapasitas, karena dengan menggunakan metode perencanaan ini diharapkan sendi plastis dapat terbentuk di balok, sehingga apabila terjadi gempa yang kuat, struktur masih bisa berdiri (tidak terjadi keruntuhan) dan kemungkinan jatuhnya korban jiwa masih bisa dihindari.

Sebaiknya dalam perencanaan struktur gedung, tinjauan gempa dengan konfigurasi Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus pedoman yang digunakan berdasarkan SNI 03-1726-2012, karena pada aturan gempa yang terbaru ini memiliki faktor respon gempa dan kombinasi pembebanan yang lebih besar dari pedoman SNI 03-1726-2002.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.SNI 1726-2012, Bandung: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*.SNI 1726-2002, Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.SNI 03-2847-2002, Bandung: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Bandung: Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Dewobroto, Wiryanto., 2007, *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP2000*, Elex Media Komputindo Jakarta.
- W.C. Vis, Gideon Kusuma, 1993, *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- W.C. Vis, Gideon Kusuma, 1993, *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Sunggono, Ir., 1995, *Buku Teknik Sipil*, Nova Bandung.
- Bowles, E, Joseph. 1997. *Analisis dan Desain Pondasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Braja M. Das, 1985, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Udiyanto. Ir., 2000, *Menghitung Beton Bertulang*, Divisi Penerbitan BPPS Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Indarto, Himawan., 2010, *Materi Kuliah SAP 2000*, Semarang: -.
- Nuroji, 2011, *Materi Kuliah Struktur Beton Bertulang 2*, Semarang: -.