



PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG SILOAM HOSPITALS MEDAN

Lasmaria Angelina P, Fitri Aprilliana, Windu Partono^{*)}, Rudi Yuniarto Adi^{*)}

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

ABSTRAK

SNI 1726- 2012 telah dibuat dan digunakan sebagai dasar untuk perhitungan bangunan tahan gempa. Peraturan ini menggantikan peraturan RSNI 1726- 2002 yang tidak sesuai untuk wilayah Indonesia yang sering mengalami peristiwa gempa. Gedung Siloam Hospitals Medan direncanakan menggunakan RSNI 1726- 2002. Tulisan ini menjelaskan tentang hasil perhitungan Gedung Siloam Hospitals Medan dengan menggunakan SNI 1726- 2012. Perhitungan analisa struktur Gedung Siloam Hospitals Medan menggunakan bantuan software SAP2000. Dari hasil analisa didapatkan gaya-gaya dalam yang digunakan untuk menghitung dimensi elemen struktur dan jumlah tulangan yang dibutuhkan. Perencanaan struktur gedung ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana diharapkan struktur gedung memiliki tingkat daktilitas tinggi mengingat gedung ini berada di wilayah rawan gempa dengan kondisi tanah lunak.

kata kunci : *tulangan, gempa, tanah lunak*

ABSTRACT

SNI 1726- 2012 has been implemented and used as basic guidance for earthquake-resistant building design. This regulation replaced RSNI 1726- 2002 which is not suitable for Indonesia's area that always undergoes earthquake. Siloam Hospitals Medan Building was designed by RSNI 1726- 2002. This journal describes the result of Siloam Hospitals Medan Building's calculation by SNI 1726- 2012. Structural analysis of Siloam Hospitals Medan Building is calculated by SAP2000 software. The outputs are internal forces which are used to calculate the dimension of structure and bar which is needed. This structure uses the method of Special Moment Resisting Frame which is expected that it has a high ductility due to its location where is in soft soil earthquake risk area.

keywords: *bar, earthquake, soft soil*

PENDAHULUAN

Kota Medan saat ini dihuni oleh 2.983.868 jiwa. Dengan jumlah yang sangat banyak ini tentu saja semakin banyak permasalahan yang dapat timbul di lingkungan perkotaan tersebut,

^{*)} *Penulis Penanggung Jawab*

salah satunya permasalahan kesehatan. Untuk membantu masyarakat memperoleh layanan kesehatan, terlebih dahulu perlu disediakan sarana dan prasarana kesehatan yang baik. Salah satu sarana yang paling penting adalah rumah sakit.

Maksud dari pembangunan Siloam Hospitals Medan yaitu untuk menyediakan sarana kesehatan yang memadai bagi masyarakat guna membantu masyarakat memperoleh kesehatan, sedangkan tujuan dari adanya pembangunan gedung Siloam Hospitals Medan ini antara lain :

- Memenuhi kebutuhan masyarakat akan sarana kesehatan yang lengkap dan bermutu.
- Turut mendukung pertumbuhan dan perkembangan Kota Medan khususnya dalam merintis kawasan terpadu.

METODE PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Metode perencanaan dan analisis perhitungan pada struktur bangunan gedung Siloam Hospitals Medan adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan dan perhitungan beban gempa
Perencanaan dan perhitungan beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan gedung Siloam Hospitals Medan ditinjau berdasarkan standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung (SNI 1726-2012).
2. Perencanaan dan perhitungan struktur
Perencanaan dan perhitungan portal serta elemen pada bagian struktur atas dilakukan dengan pemodelan menggunakan program SAP2000 v.12 serta dikombinasikan pula dengan cara perhitungan manual.
Kombinasi pembebanan yang digunakan yaitu:
 1. Kombinasi 1 = 1,4 D
 2. Kombinasi 2 = 1,2 D + 1,6 L
 3. Kombinasi 3 = 1,2 D + 0,5 L + 1,0 (I/R) Ex + 0,3 (I/R) Ey
 4. Kombinasi 4 = 1,2 D + 0,5 L + 0,3 (I/R) Ex + 1,0 (I/R) Ey
 5. Kombinasi 5 = 1 D + 1 L
3. Perencanaan dan perhitungan pondasi
Perencanaan dan perhitungan jenis struktur pondasi yang akan digunakan ditinjau berdasarkan besarnya beban yang akan diterima dan keadaan situs tanah di lokasi pembangunan serta harus memperhatikan faktor non struktural seperti kondisi sosial yang ada di lingkungan sekitarnya.

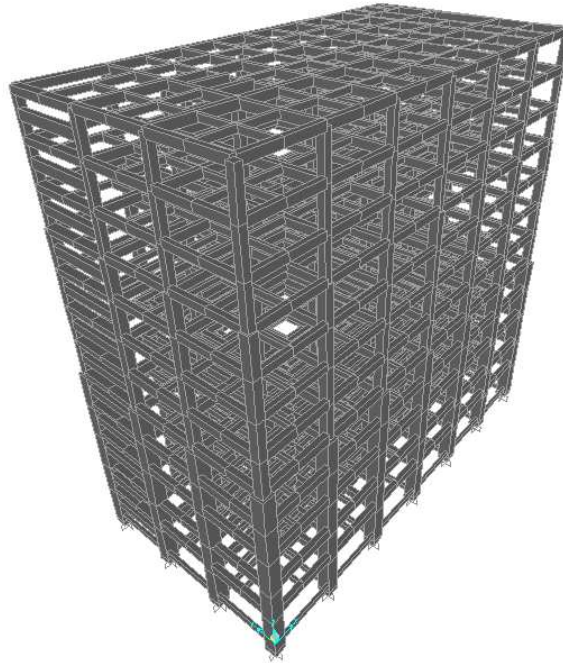
PENYAJIAN DAN PENGOLAHAN DATA

Perhitungan Gempa

Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012), dimana analisis beban gempa struktur gedung bertingkat tinggi dilakukan dengan Metode Statik Ekuivalen sebagai berikut:

1. Lokasi bangunan : Medan, Sumatera Utara
2. Tinggi bangunan : 49.3 m (13 lantai)
3. Jenis tanah : Tanah Lunak (Kelas Situs SE)
4. Analisis gempa : Metode Statik Ekuivalen

- 5. Faktor keutamaan (I_e) : 1.5 (Gedung Rumah Sakit)
- 6. Kategori risiko : IV
- 7. Koefisien respons (R) : 8 (Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus)

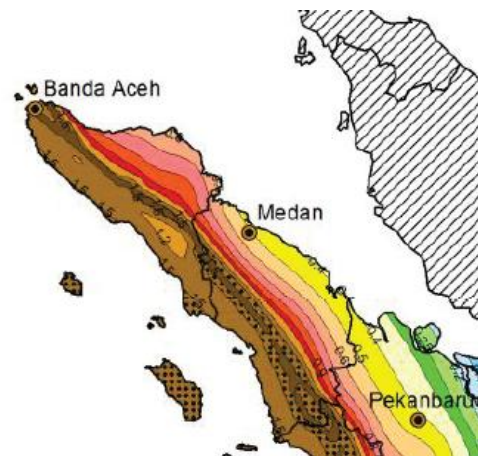
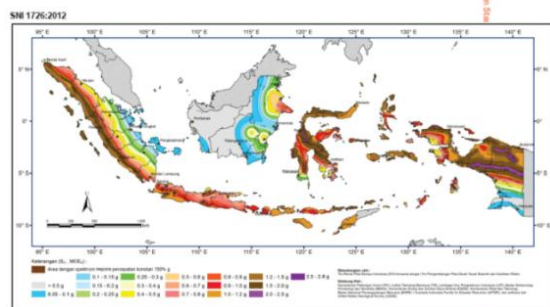


Gambar 1. Pemodelan Struktur Gedung

Menentukan respons spektrum disain berdasarkan SNI 1726-2012 sesuai pada Gambar 2 dan Gambar 3 adalah sebagai berikut:

Menentukan Nilai S_s dan S

1. Spektral percepatan- S_s



Keterangan (S_s , MCE_s):

Area dengan spektrum respons percepatan konstan 150% g	0.1 - 0.15 g	0.25 - 0.3 g	0.5 - 0.6 g	0.8 - 0.9 g	1.2 - 1.5 g	2.5 - 2.8 g
< 0.5 g	0.15 - 0.2 g	0.3 - 0.4 g	0.6 - 0.7 g	0.9 - 1.0 g	1.5 - 2.0 g	
0.05 - 0.1 g	0.2 - 0.25 g	0.4 - 0.5 g	0.7 - 0.8 g	1.0 - 1.2 g	2.0 - 2.5 g	

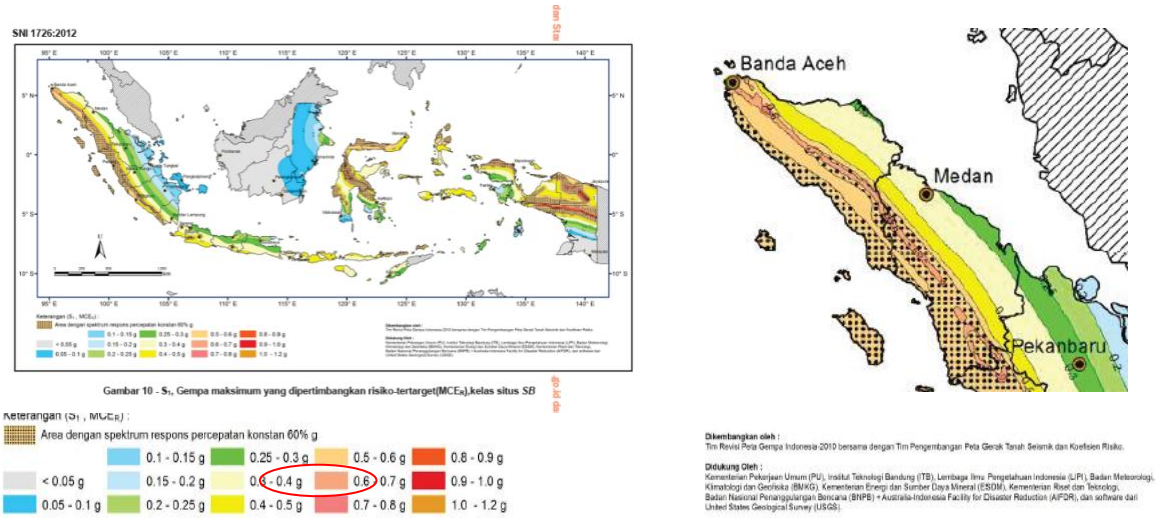
Dikembangkan oleh:
Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Sismik dan Koefisien Risiko.

Didukung Oleh:
Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Institut Teknologi Bandung (ITB), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Riset dan Teknologi, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) + Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR), dan software dari United States Geological Survey (USGS).

Gambar 2. Respons Spektra Percepatan pada 0,20 detik, 2% dalam 50 tahun (redaman 5%) - S_s

Dari peta pada Gambar 1, wilayah Kota Medan memiliki nilai $S_s = 0,5g$

2. Spektral percepatan- S_1



Gambar 3. Respons Spektra Percepatan pada 1,0 detik, 2% dalam 50 tahun (redaman 5%) – S_1

Dari peta pada Gambar 2, wilayah Kota Medan memiliki nilai $S_1 = 0,3 g$

Menentukan Koefisien Situs (Situs coefficient)

Nilai N-SPT pada kedalaman antara 0 – 30 meter adalah:

Tabel 1. Hasil Penyelidikan Tanah

Lapis ke-	Kedalaman (m)	t (m)	SPT (N)				t/ $\Sigma N_{\text{terkecil}}$
			N1	N2	N3	$\Sigma N_{\text{terkecil}}$	
1	0 - 2.45	2.45	2	4	5	6	0.408
2	2.45 - 4.45	2	1	1	1	2	1
3	4.45 - 6.45	2	2	2	3	4	0.5
4	6.45 - 8.45	2	3	3	5	6	0.333
5	8.45 - 10.45	2	8	10	16	18	0.111
6	10.45 - 12.45	2	11	14	16	25	0.08
7	12.45 - 14.45	2	14	15	20	29	0.069
8	14.45 - 16.45	2	10	16	16	26	0.077
9	16.45 - 18.45	2	12	16	20	28	0.071
10	18.45 - 20.45	2	25	28	37	53	0.037
11	20.45 - 22.45	2	28	33	37	61	0.0327
12	22.45 - 24.45	2	17	19	20	36	0.055
13	24.45 - 26.45	2	18	20	27	38	0.052
14	26.45 - 28.45	2	31	40	44	71	0.028
15	28.45 - 30	1.55	28.675	37.675	41.675	66.35	0.023
Jumlah	30						2.8767

Nilai \bar{N} adalah $\frac{30}{2.8767} = 10.428$

Karena $\bar{N} \leq 15$ maka tanah termasuk kelas situs SE (Tanah Lunak)

Perhitungan Pelat Lantai

Perhitungan *one way slab*:

$$H_{\min} = \frac{1}{28} \times l_x$$

$$H_{\max} = \frac{1}{28} \times l_y$$

Perhitungan *two way slab*:

$$H_{\min} = \frac{Ln \times (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta}$$

$$H_{\max} = \frac{Ln \times (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36}$$

Keterangan :

Ln : Bentang arah memanjang (mm)

fy : mutu baja (Mpa)

β : Perbandingan l_y/l_x

1. Menentukan tebal plat diantara H_{\min} dan H_{\max} .

Dengan ketentuan:

H_{\min} adalah 120 mm (SNI 03-2874-2002 pasal 11.5(3))

- a. Menentukan beban-beban yang bekerja.
- b. Menentukan kapasitas momen nominal (M_n) tumpuan dan lapangan arah x,y yang bekerja pada pelat.
- c. Menentukan besarnya momen yaitu:
Momen yang digunakan untuk perhitungan adalah perhitungan berdasarkan hasil SAP 2000 v.12.

2. Menghitung penulangan plat dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menghitung momen arah lapangan dan tumpuan sisi x dan y
- b. Menghitung tebal selimut
- c. Menghitung tinggi efektif

$$\text{Arah } x, \quad dx = H - p - 0,5\phi_x$$

$$y, \quad dy = H - p - 0,5\phi_y - \phi_x$$

- d. Menghitung M_n , R_n , ρ_b , R_{nb} , dan R_{max}

$$M_n = \left(\frac{M_u}{\phi} \right)$$

$$R_n = \left(\frac{M_n}{b \times d_x^2} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$m = \left(\frac{f_y}{0,85 \times f'c} \right)$$

$$R_{nb} = \rho_b \times f_y \left(1 - \frac{1}{2} \times \rho_b \times m \right)$$

$$R_{maks} = 0,75 \times R_{nb1}$$

- e. Mencari rasio penulangan (ρ) dengan persamaan
Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$)

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(m)(R_n)}{f_y}} \right]$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = \frac{\beta \times 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \quad , \text{ atau}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

- f. Menentukan luas tulangan dan spasi yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d \times 10^6$$

$$s = \left(\frac{0,25 \times \pi \times P^2 \times b}{A_s} \right)$$

Keterangan :

A_s = Luasan tulangan (mm^2)

ρ = ρ yang diambil

b = lebar pelat per meter panjang (m)

d = tinggi efektif (m)

s = spasi (mm)

- g. Menentukan tulangan dengan diameter yang telah ditentukan, dengan jarak tertentu.

Perhitungan Balok

1. Perhitungan tulangan longitudinal

- Menghitung tinggi efektif balok

$$d_{ef} = H - p - d_s - d_l$$

- Menghitung luasan tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \times f_y \times d}$$

- Menentukan jumlah dan ukuran diameter sesuai dengan luasan yang dibutuhkan.

- Melakukan cek momen nominal:

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$\phi M_n = \phi A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

- Melakukan cek tulangan minimum ($A_{s \text{ min}}$)

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \times f_y} \times b_w \times d$$

Tetapi tidak boleh kurang dari:

$$A_s = \frac{1,4 \times f_y}{b_w \times d}$$

- Cek rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \times \rho_b$$

- Melakukan pengecekan dimana ρ harus kurang dari $\rho \text{ max}$.
- Cek penampang *under reinforced*

Syarat tulangan *under reinforced* :

$$\frac{a}{d_t} < \frac{a_{te1}}{d_t}$$

2. Perhitungan momen kapasitas

- Menghitung momen pada rangka goyang kanan M_{pr_1}, M_{pr_3} (eksterior, interior) dan rangka goyang kiri M_{pr_2}, M_{pr_4} (eksterior, interior) dengan rumus:

$$a_{pr} = \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$M_{pr} = 1,25 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right)$$

3. Pembuatan diagram gaya geser

- Menghitung reaksi balok akibat gravitasi :

$$V_g = \frac{W_u \times l_n}{2_n}$$

- Menghitung V_{sway}

$$V_{sway_kanan} = \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n}$$

$$V_{sway_kiri} = \frac{M_{pr2} + M_{pr4}}{l_n}$$

- Menghitung keseimbangan gaya geser

4. Melakukan perhitungan tulangan geser

- Menghitung V_c

V_c dapat diambil = 0 jika :

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis diujung balok lebih besar 1/2 atau lebih kuat geser perlu maksimum V_u
- Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan seismik kurang dari $A_g \cdot f_c / 20$

Jika tidak dipenuhi V_c dihitung menggunakan rumus :

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} \times b_w \times d$$

- Menghitung gaya geser yang akan ditahan oleh tulangan

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Dengan syarat:

$$V_{s_{max}} = \frac{2\sqrt{f_c}}{3} \times b_w \times d$$

- Menghitung spasi tulangan geser

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d}$$

- Menentukan diameter dan jarak tulangan

Perhitungan Kolom

Tahapan perhitungan perencanaan kolom adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan terhadap syarat komponen struktur kolom yang didisain, yaitu:
 - a. Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi
 - b. Ukuran penampang terkecil kolom tidak kurang dari 300 mm
 - c. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang kolom terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.
2. Menghitung konfigurasi diameter penulangan dan jumlah tulangan yang akan digunakan dengan ketentuan $0,01 < \rho_g < 0,06$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{b \times h}$$

3. Menghitung besarnya kapasitas pada kolom berdasarkan pada masing-masing kondisi
4. Membuat diagram interaksi P-M berdasarkan dimensi penampang dan penulangan kolom yang telah ditentukan
5. Pengecekan terhadap kekuatan kolom dengan ketentuan kolom yang direncanakan harus 20% lebih kuat dari balok pada hubungan balok-kolom, yaitu:

$$\sum M_c \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_g$$

6. Perhitungan tulangan transversal
Besarnya gaya geser rencana kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V_u = \frac{M_{ut} + M_{ub}}{\ell_n}$$

- a. Dalam bentang ℓ_o

1. Perhitungan V_e tidak perlu lebih besar dari:

$$V_{sway} = \frac{M_{prob_top} DF_{top} + M_{prob_btm} DF_{btm}}{\ell_n}$$

Dimana :

DF = faktor distribusi momen pada bagian atas dan bawah yang di disain

M_{prob_top} dan M_{prob_btm} = jumlah momen kapasitas balok pada sendi plastis.

2. Nilai V_c harus diambil = 0, jika:
 - a. V_e akibat gempa lebih besar dari 0,5V_u
 - b. Gaya aksial terfaktor tidak melampaui Agf^c/20
- Selain itu, nilai V_c dapat dihitung :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6} \right) \times b_w \times d$$

Trial spasi dan diameter tulangan dihitung melalui persamaan:

$$V_{s \text{ terpasang}} = \frac{A_s \times f_y \times d}{s}$$

Jika $V_c < \frac{V_u}{\phi}$ untuk bentang di luar l_o, dibutuhkan tulangan geser.

Apabila $V_c \geq \frac{V_u}{\phi}$ maka tidak dibutuhkan tulangan geser.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menentukan Nilai Koefisien Situs F_a dan F_v

Berdasarkan perhitungan menggunakan tabel dari SNI 03-1726-2012 dengan kelas situs SE (tanah lunak) untuk nilai S_s = 0,5g dan S₁ = 0,30g didapat nilai F_a = 1,7 dan nilai F_v = 2,8.

Menentukan Spektrum Respons Percepatan pada Perioda Pendek (S_{MS}) dan Perioda 1 detik (S_{M1})

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,7 \times 0,5g = 0,85g$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,8 \times 0,3g = 0,84g$$

Menentukan Spektral Respons Percepatan (*Spectral Response Acceleration*) S_{DS} dan S_{D1}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} 0,85g = 0,567g$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} 0,84g = 0,56g$$

Perhitungan Koefisien Respon Seismik (C_s)

Koefisien Respon Seismik (C_s) dihitung dengan persamaan:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$C_s = \frac{0,567}{\left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,106$$

Sedangkan nilai Cs hasil hitungan :

$$Cs \text{ hitungan} : Cs = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Untuk nilai minimum periode bangunan (Ta_{minimum}) ditentukan oleh persamaan berikut ini:

$$Ta_{\text{minimum}} = C_t \times h_n^x$$

Dimana :

H_n = ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (meter) = 49,3 meter
 Nilai C_t dan x ditentukan berdasarkan Tabel 2

Tabel 2. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(SNI 1726-2012-Tabel 15)

$$Ta_{\text{minimum}} = 0,0466 \times (49,3)^{0,9}$$

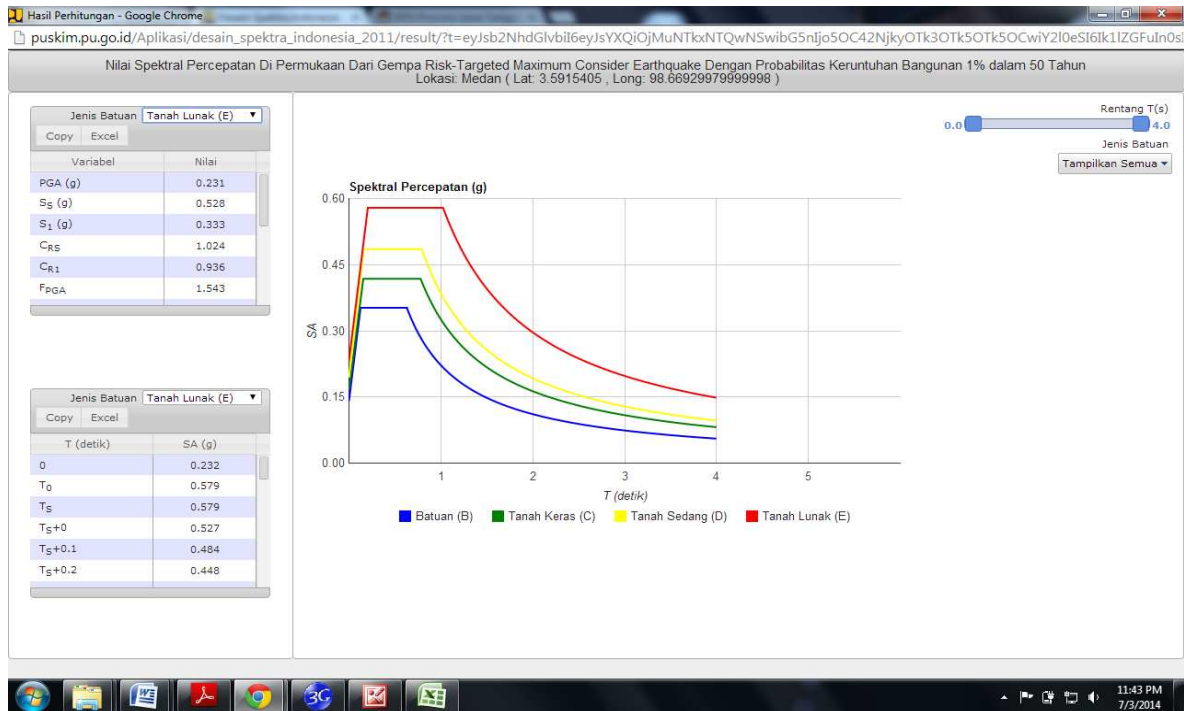
$$Ta_{\text{minimum}} = 1,555 \text{ detik}$$

\Karena $T = Ta$, maka didapatkan nilai periode fundamental struktur (T) sebesar 1,555 detik. Sehingga nilai Cs hasil hitungan sebesar :

$$Cs_{\text{hasil hitungan}} = \frac{0,567}{1,555 \cdot \left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,068$$

Karena nilai Cs maksimum = 0,106 lebih besar dari $Cs_{\text{hasil hitungan}}$, maka nilai Cs yang digunakan adalah $Cs_{\text{maksimum}} = 0,106$.

Apabila dibandingkan dengan nilai spektral yang diperoleh dari Puskim Pekerjaan Umum, kelas situs SE (tanah lunak) untuk nilai $S_S = 0,528$ g dan $S_1 = 0,333$ g didapat nilai $F_a = 1,644$ dan nilai $F_v = 2,666$. Dengan demikian terdapat perbedaan antara nilai perhitungan biasa dan nilai yang diperoleh dari Puskim. Hal ini tentu saja nantinya dapat menyebabkan gaya gempa yang terjadi pada bangunan akan berbeda pula.



Sumber : puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011

Gambar 4. Nilai Spektral Percepatan di Permukaan

Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,108 \times 17311151,36 = 1876096,029$$

Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{VX} \cdot V, \text{ dan}$$

$$C_{VX} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Beban- beban gempa pada Tabel 3 yang terjadi di tiap lantai tersebut, kemudian didistribusikan ke setiap joint dan dianalisa menggunakan SAP 2000.

Perhitungan Pelat Lantai

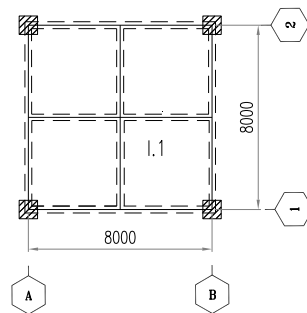
Perhitungan pelat lantai dengan menggunakan bantuan tabel CUR menghasilkan dimensi dan jarak tulangan yang termuat pada Tabel 4.

Tabel 3. Gaya Gempa Horizontal

Lantai	(h _i) (m)	W _i (kg)	W _i · (h _i ^k) (kg·m)	C _{vX}	F _x = F _y (kg)
atap	49.3	974957.84	48065421.51	0.113	246900.000
12	45.3	1162750.56	52672600.37	0.124	241200.000
11	41.3	1162750.56	48021598.13	0.113	219900.000
10	37.3	1241278.56	46299690.29	0.109	198600.000
9	33.3	1241278.56	41334576.05	0.098	177300.000
8	29.3	1241278.56	36369461.81	0.086	183000.000
7	25.3	1305755.52	33035614.66	0.078	158040.000
6	21.3	1779875.52	37911348.58	0.089	133020.000
5	17.3	1779875.52	30791846.5	0.073	108060.000
4	13.3	1891656.52	25159031.72	0.059	87000.000
3	8.8	1779875.52	15662904.58	0.037	54960.000
2	4.8	1749818.12	8399126.976	0.020	28080.000
dasar	0	0	0	0	0.000
Jumlah		17311151.4	423723221.1		

Tabel 4. Tulangan Pelat

Tipe Plat	l _y (m)	l _x (m)	h (mm)	M _{lx} (KN/m ²)	M _{ly} (KN/m ²)	M _{tx} (KN/m ²)	M _{ty} (KN/m ²)	Tulangan			
								l _x	l _y	t _x	t _y
I.1	4	4	12	3.387	3.387	-6.9	-6.9	Ø10- 125	Ø10-150	Ø10- 125	Ø10-150
I.2	5	4	12	4.875	2.844	-8.836	-7.347	Ø10- 125	Ø10-150	Ø10- 125	Ø10-150
I.3	4	2.667	12	2.74	0.99	-4.515	-3.28	Ø10- 125	Ø10-150	Ø10- 125	Ø10-150
I.4	3	2	12	1.54	0.558	-2.539	-1.845	Ø10- 125	Ø10-150	Ø10- 125	Ø10-150

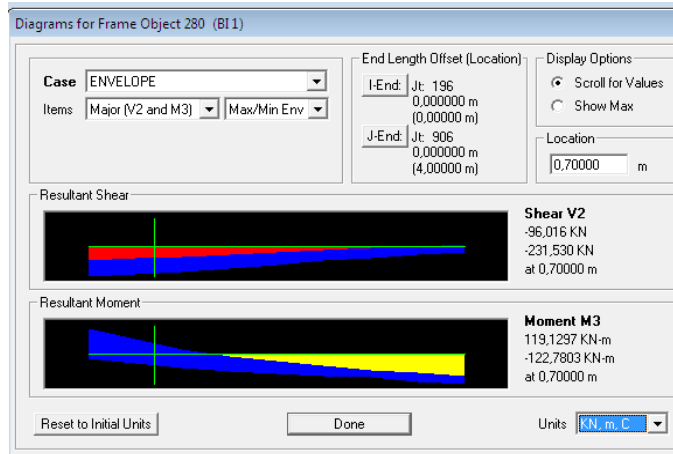


Gambar 5. Plat Lantai Tipe I.1

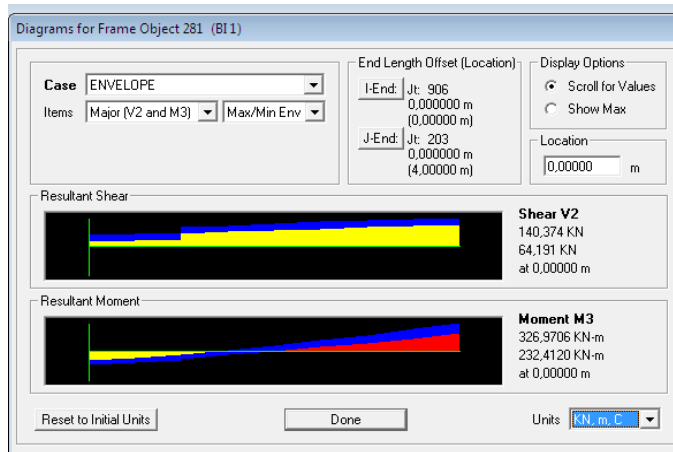
Perhitungan Balok

Perhitungan struktur balok dengan menggunakan bantuan SAP2000 menghasilkan gaya-gaya dalam berupa momen pada tumpuan dan lapangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.

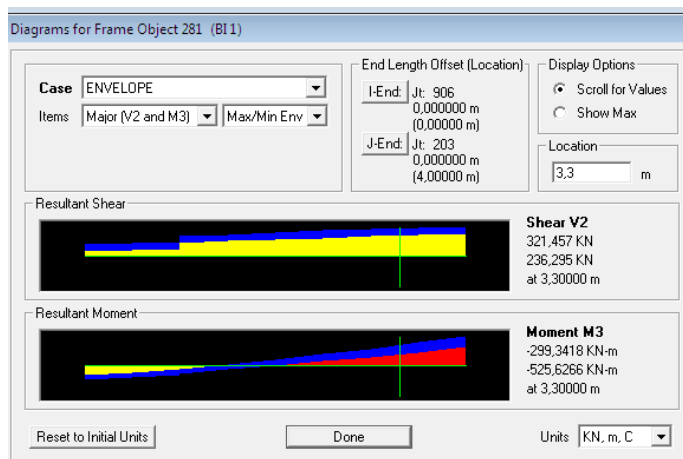
Berikut adalah momen yang terjadi pada balok induk 1:



Gambar 6. Diagram Momen Tumpuan Balok Induk



Gambar 7. Diagram Momen Lapangan Balok Induk



Gambar 8. Diagram Momen Tumpuan Balok Induk

Output yang diperoleh dari diagram momen di atas yang termuat pada Tabel 5 digunakan untuk perhitungan struktur yang nantinya menghasilkan jumlah tulangan yang dibutuhkan seperti yang ada pada Tabel 6.

Tabel 5. Momen Akibat Pembebanan Seismik dan Gravitasi

Lokasi	Arah Momen	M _u (kNm)
Ujung Interior	negatif	122,780
Ujung Eksterior	negatif	525,627
Ujung Eksterior	negatif	299,342
Ujung Interior	positif	119,130
Tengah Bentang	positif	326,970

Tabel 6. Tulangan Balok

	KONDISI 1 (kNm)	KONDISI 2 (kNm)	KONDISI 3 (kNm)	KONDISI 4(kNm)	KONDISI 5(kNm)	bw	d	D tul	jmltul	As
BALOK ANAK 1 A	177.756	177.756						D19	4	1133.54
BENTANG 8M			94.005	94.005	83.218	350	700	D19	2	566.77
BALOK ANAK 1 B	189.232	189.232						D19	4	1133.54
BENTANG 8M			117.943	117.943	142.993	350	700	D19	2	566.77
BALOK INDUK 2	590.421	590.421						D22	6	2279.64
BANTANG 8M			123.382	123.382	286.142	500	800	D22	3	1139.82
BALOK ANAK 2 A	123.131	123.131						D19	4	1133.54
BENTANG 8M			73.175	73.175	73.407	300	600	D19	2	566.77
BALOK ANAK 2 B	159.901	159.901						D19	4	1133.54
BENTANG 8M			113.915	113.915	93.278	300	600	D19	2	566.77
BALOK LIFT	168.125	168.125						D22	6	2943.75
BENTANG 8M			98.691	98.691	85.127	700	900	D22	3	1139.82
BALOK ANAK 1	105.231	105.231						D19	3	850.155
BENTANG 4M			61.874	61,874	22,046	350	700	D19	2	566.77
BALOK ANAK 2	88.857	88.857						D19	3	850.155
BENTANG 4M			52.624	52.624	21.936	300	600	D19	2	566.77
BALOK ANAK 1	117.278	117.278						D19	3	850.155
BENTANG 5M			69.006	69.006	19422	350	700	D19	2	566.77
BALOK ANAK 2	82.021	82.021						D19	3	850.155
BENTANG 5M			64.663	64.663	13.046	300	600	D19	2	566.77

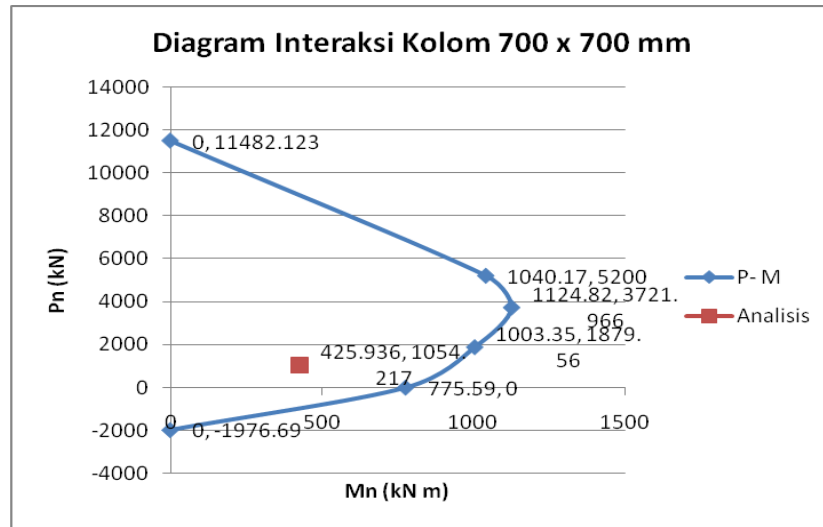
Perhitungan Kolom

Perhitungan struktur kolom menghasilkan jumlah tulangan longitudinal yang dibutuhkan dan jarak antar tulangan geser seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tulangan Kolom

No.	Jenis Kolom	b (mm)	h (mm)	L (mm)	Ln (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Geser
1	K1	1400	1400	4800	4100	72D22	5D12- 100
2	K2	900	900	4000	3300	40D22	5D12- 100
3	K3	700	700	4000	3300	20D22	5D12- 100

Diagram interaksi kolom (P- M) menunjukkan analisa momen kapasitas dari penampang beton bertulang yang berupa hubungan beban aksial dan momen lentur pada kondisi batas seperti pada gambar 9 dimana kolom yang ditinjau adalah tipe kolom K3.



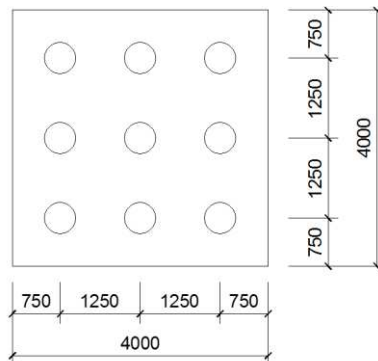
Gambar 9. Diagram Interaksi M- P Kolom Menggunakan Perhitungan Manual

Perhitungan Pondasi

Perhitungan pondasi yang diperoleh dari $P_{ultimate}$ dan daya dukung tanah menghasilkan dimensi *pile cap*, jumlah tiang, dan tulangan yang dibutuhkan seperti yang termuat pada tabel 8.

Tabel 8. Spesifikasi Pondasi

Tipe Pondasi	Pu (ton)	Dimensi <i>Pile Cap</i>		Tebal <i>Pile Cap</i> (mm)	Jumlah Tiang (buah)	Diameter Tiang Pancang (mm)	Jarak Antar Tiang (mm)	Tulangan <i>Pile Cap</i>
		b	h					
P1	1349.616	4000	4000	1200	9	500	1250	D25-100
P2	585.1871	3500	3500	1200	5	500	1250	D25-100



Gambar 10. Pondasi P1

KESIMPULAN

1. Berat tulangan yang dibutuhkan pada Gedung Siloam Hospitals Medan sebesar 988281,68 kg dan volume beton $f'c = 30$ MPa sebesar 8388.348 m³ sehingga perbandingan berat tulangan per 1 m³ beton adalah sebesar 117,81 kg/ m³.
2. Total jumlah biaya yang diperoleh dari perhitungan Rencana Anggaran Biaya sebesar Rp77,841,657,000.00 dengan total luas lantai 14976 m². Dengan demikian diperoleh nilai harga bangunan sebesar Rp5.197.760,216/ m².

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Nasional Indonesia: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002*. Bandung: Author.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012*. Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. *Standar Nasional Indonesia: Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, SNI 03-1727-1989-F*. Bandung: Author.
- Kusuma, G.H. & Vis, W.C. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang: Berdasarkan SKSNIT-15-1991-03 (Seri Beton 4)*. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono & Kazuto Nakazawa. 1981. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Sunggono, K.H. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Bandung: Nova.
- Wang, Chu-Kia & Salmon, C.G. 1993. *Desain Beton Bertulang (Jilid 1)*. (Binsar Hariandja, Trans.). Jakarta: Erlangga.
- Wang, Chu-Kia & Salmon, C.G. 1993. *Desain Beton Bertulang (Jilid 2)*. (Binsar Hariandja, Trans.). Jakarta: Erlangga.