



## **PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT SILOAM, SEMARANG**

Andre Obrien Damanik, A. S. Arif Wibowo, Hardi wibowo \*), Yulita Arni \*)

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

### **ABSTRAK**

*Perencanaan gedung rumah sakit Siloam Semarang telah berhasil direncanakan. Pada perencanaan ini analisa struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan program SAP2000v.19. Analisa beban gempa dilakukan dengan menggunakan desain respon spektrum. Berdasarkan Kriteria Desain Seismik (KDS) gedung ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Analisis struktur dalam desain gedung ini berdasarkan pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012) dan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013) dengan menggunakan program struktur untuk mengetahui periode getar struktur dan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut. Material beton yang digunakan mempunyai mutu 30 MPa, sedangkan mutu baja tulangan digunakan 400 MPa untuk Tulangan utama dan 294 MPa untuk tulangan sengkang serta plat. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah untuk Gedung Rumah Sakit Siloam ini pondasi yang digunakan Bore Pile dengan dimensi 500 x 500 mm dan memiliki panjang 10 m.*

**Kata kunci:** *Kriteria Desain Seismik, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Bore Pile*

### **ABSTRACT**

*The planning of Siloam Semarang hospital building has been successfully planned. In this planning, structural analysis is done by using SAP2000v.19 program. Analysis of earthquake loads is done with the spectrum of design respon. Based on seismic design criteria (SDC) the building uses special moment bearer frame system (SMBFS). Analysis of the structures in the design of the building is based on earthquake resilience planning procedures for structural building and non building (SNI 126:2012) and requirements for structural concrete for building (SNI 2847:2013) by using the program structure to determine the period of the vibrating structure and internal forces working on the structure. The material has a quality concrete used 30 MPa, while the quality of reinforcement steel band is used 400 MPa for the main reinforcement and 294*

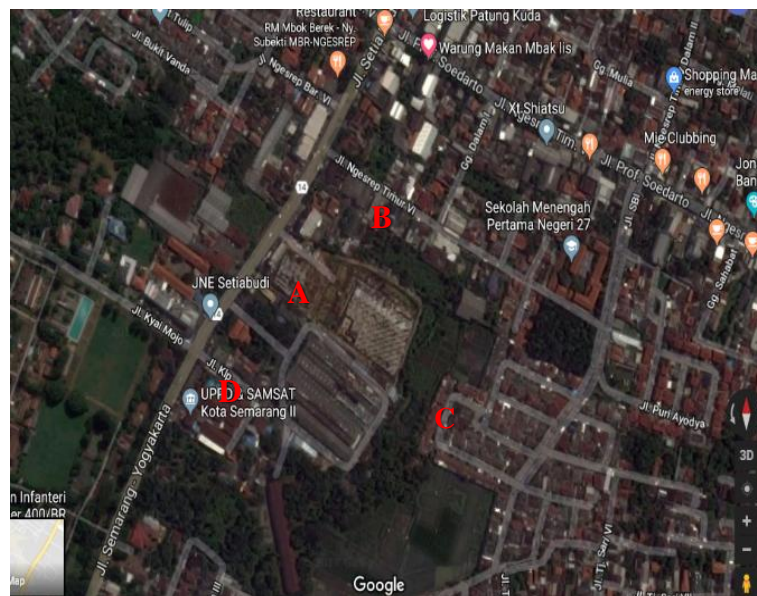
\* Penulis Penanggungjawab

*MPa for reinforcement stirrup and platform. Based on the result of soil investigation for Siloam Hospital building foundation used Bore Pile with a dimension of 500 x 500 mm and has a length of 10 m.*

**Key words:** *Seismic Design Criteria, Special Moment Bearer Frame System, Bore pile*

## **PENDAHULUAN**

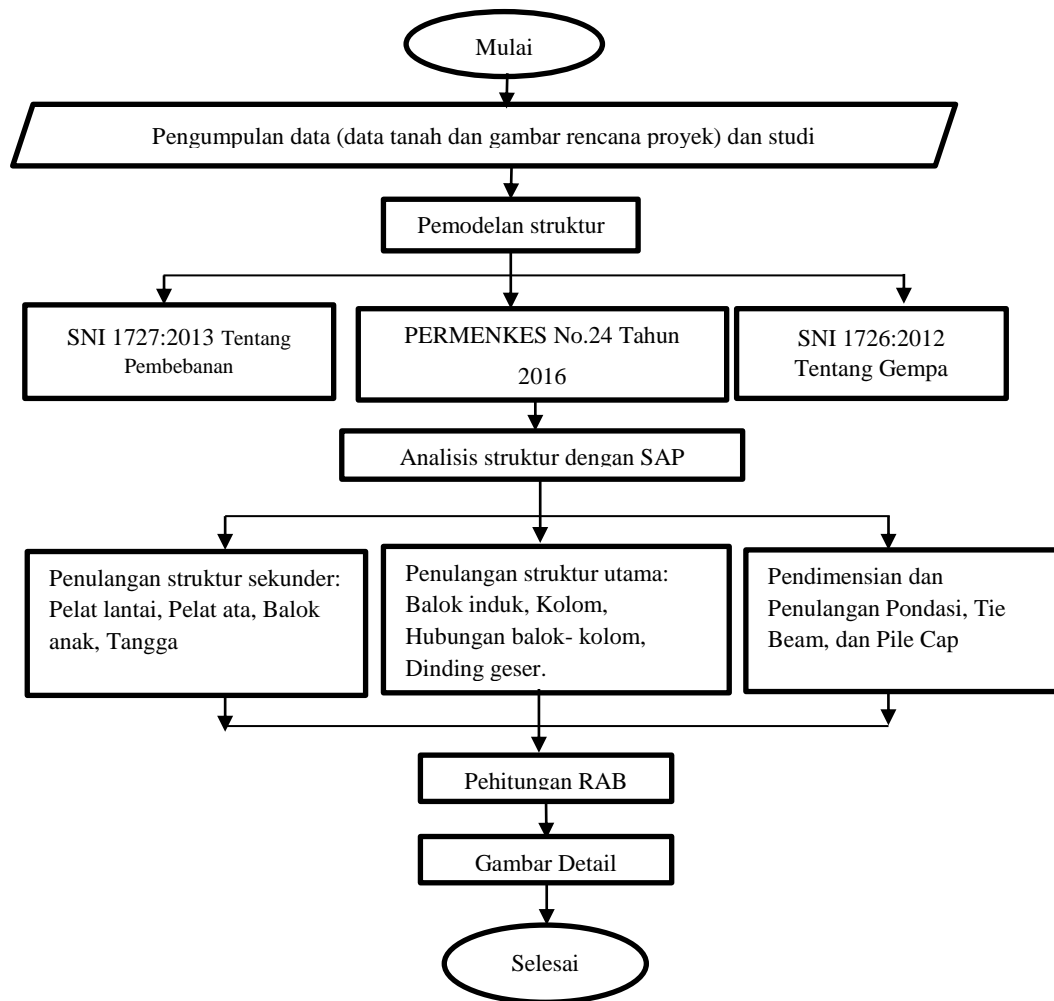
Seiring meningkatnya perekonomian di pusat kota menyebabkan semakin banyaknya kebutuhan fasilitas kesehatan dengan fasilitas dan peralatan lengkap. Melihat semakin banyaknya kebutuhan fasilitas kesehatan namun dengan luas lahan yang terbatas di pusat kota Semarang, maka PT. Siloam International Hospital selaku pengembang membangun Rumah Sakit, dengan konsep high rise building. Rumah Sakit Siloam, Semarang ini terletak di Jl. Setia Budi, Srandol Semarang. Pada Gambar 1, Rumah sakit siloam sendiri ditunjukkan dengan huruf A, sementara pada sisi utara dibatasi oleh Jalan Ngesrep timur V, Semarang (B), sisi timur dibatasi oleh kawasan kampus Universitas Diponegoro Semarang (C), sisi selatan dibatasi oleh SAMSAT kota semarang (D), dan sisi barat dibatasi oleh jalan setia budi. Pada proyek ini rencananya akan dibangun sebanyak 3 tower, dimana tower A digunakan sebagai Rumah sakit Siloam yang terdiri dari 3 semi basement untuk parkir kendaraan, 18 lantai utama untuk ruang perawatan, ruang lobby, ruang operasi, ruang laboratorium dan ruang tidur rawat inap pasien .



**Gambar 1.** Lokasi Proyek

## **METODELOGI**

Tahapan-tahapan metodologi dalam perencanaan struktur gedung ini ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 2 sebagai berikut.



**Gambar 2.** Diagram Alir Metodologi Penyusunan Tugas Akhir

## HASIL ANALISIS DAN DESAIN

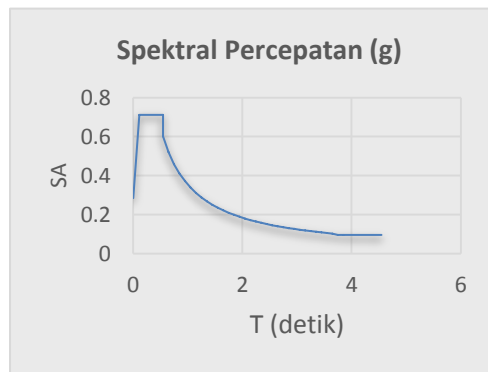
Dalam perencanaan bangunan Rumah Sakit Siloam Semarang, didesain terhadap gaya lateral yang mungkin terjadi, yaitu akibat gempa. Meskipun dalam melakukan pemodelan dibantu dengan software SAP, tetap dilakukan pengontrolan desain yang sesuai batasan SNI. Sesuai dengan pemanfaatan bangunan sebagai Rumah Sakit, maka di dapat kategori resiko yaitu IV dengan nilai Faktor keutamaan ( $I_e$ ) adalah 1,5. Dari hasil data Nilai Standart Penetration Test di titik bor yang berada pada lokasi proyek yang di tunjukkan Tabel 1, dapat diklasifikasikan situs dari bangunan termasuk kelas situs SD (tanah sedang).

**Tabel 1.** Nilai Standart Penetration Test tiap lapisan pada titik bor DB-1

Lapisan ke-i	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (meter)	Standart Penetration Test (N)
1	2	2,00	8
2	4	2,00	10
3	6	2,00	41
4	8	2,00	53
5	10	2,00	60
6	10	2,00	60
....	....	....	....
20	40	2,00	60

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah Rumah Sakit Siloam Semarang

Dengan menggunakan bantuan aplikasi puskim, didapatkan wilayah respon pada Gambar 3 dan nilai terhadap beberapa variabel pada Tabel 2 yang disesuaikan dengan koordinat dan klasifikasi situs bangunan.



Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
PGA (g)	0.410	PSA (g)	1.069
S <sub>S</sub> (g)	0.957	S <sub>MS</sub> (g)	0.584
S <sub>I</sub> (g)	0.339	S <sub>M1</sub> (g)	0.713
C <sub>RS</sub>	0.927	S <sub>DS</sub> (g)	0.389
C <sub>RI</sub>	0.866	S <sub>D1</sub> (g)	0.109
F <sub>PGA</sub>	1.090	T <sub>0</sub> (detik)	0.546
F <sub>A</sub>	1.117	T <sub>S</sub> (detik)	0.410
F <sub>V</sub>	0.447	PSA (g)	1.069

**Gambar 3.** Kurva Spektrum Respon Percepatan Desain pada Rumah Sakit Siloam (Lat:- 7.033155, Long:110.418002), Tanah Sedang

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal 6.5 pada SNI 1726:2012. Masing- masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik, dengan mengacu pada Tabel 3, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur.

**Tabel 3.** KDS berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda pendek.

Nilai S <sub>1</sub>	Nilai S <sub>DS</sub>	Kategori risiko	
		I, II atau III	IV
S <sub>1</sub> < 0,75	S <sub>DS</sub> < 0,167	A	A
	0,167 ≤ S <sub>DS</sub> < 0,33	B	C
	0,33 ≤ S <sub>DS</sub> < 0,50	C	D
	0,50 ≤ S <sub>DS</sub>	D	D
S <sub>1</sub> ≥ 0,75		E	F

Dengan nilai  $S_{DS} = 0,703$  maka bangunan memiliki Kategori Desain Seismik D. Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 4 atau kombinasi sistem seperti dalam pasal 7.2.2, 7.2.3, dan 7.2.4. dalam SNI 1726:2012.

**Tabel 4.** Faktor Keutamaan Gempa.

D.	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
3.	Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2^1_2$	$5^1_2$	TB	TB	TB	TB	TB
4.	Dinding geser beton bertulang biasa	6	$2^1_2$	5	TB	TB	TI	TI	TI

Catatan TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Dijinkan

Sumber: SNI 1726:2012

Dengan memplot kategori desain seismik (D) ke dalam Tabel 4, maka struktur Rumah Sakit Siloam Jalan Setia Budi, Semarang harus didesain sebagai Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus), dengan Koefisien Modifikasi Respons ( $R$ ) = 7, Faktor Kuat Lebih Sistem ( $\Omega$ ) = 2,5, dan Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) = 5,5. Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 bila perioda fundamental yang dihitung melebihi  $C_u T_a$ , maka  $C_u T_a$  harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85 \frac{V}{V_t}$ , berdasarkan hasil analisis perhitungan dan sap2000 pada Tabel 5 nilai gaya geser dasar sudah memenuhi persyaratan.

**Tabel 5.** Nilai Gaya Geser Statik Ekuivalen dan Dinamik

Gaya Dasar	Statik Ekuivalen ( $0,85V$ ) (KN)	Dinamik (KN)
Quake X	1324,045	1331,44
Quake Y	1324,045	875,95

Pelat didesain dimana syarat rasio penulangan  $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ , perhitungan tulangan yang ditunjukkan Tabel 6.

**Tabel 6.** Pelat Lantai Basement dan Lantai Utama

Pelat Basement		
Arah	Mu (kN.m)	Penulangan
$L_x$	12,82	D10 - 100
$L_y$	3,31	D10 - 100
$T_x$	-18,12	D10 - 100
$T_y$	-11,71	D10 - 100

Pelat Lantai Utama		
Arah	Mu (kN.m)	Penulangan
$L_x$	8,85	D10 - 150
$L_y$	2,29	D10 - 150
$T_x$	-12,51	D10 - 150
$T_y$	-8,09	D10 - 150

**BALOK ANAK**

**Tabel 7.** Tabel Hasil Perhitungan Balok Anak

Balok	H	B	Tulangan Longitudinal (Lentur)			Tulangan Transversal (Geser)			
			Letak	Posisi Tulangan	Jumlah Tulangan	Letak	Jumlah Tulangan		
B2	500	400	Tumpuan Ka & Ki	Atas	5-D22	Tumpuan	D10-150		
				Tengah	0				
				Bawah	3-D22				
			Tengah Bentang	Atas	2-D22			Lapangan	D10-200
				Tengah	0				
				Bawah	3-D22				

**BALOK INDUK**

Dalam desain struktur rangka pemikul momen khusus perlu diperhatikan adanya sendi plastis pada elemen-elemennya. Untuk elemen balok diberikan tulangan transversal sepanjang  $l_0$ , besarnya  $l_0 = 2 H$ , dan dapat diasumsikan  $V_c = 0$ , bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan poin 1 mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut.
- Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f'_c / 20$ .

Hasil perhitungan balok induk ditunjukkan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Bi.2 Balok Induk

Balok	H	B	Tulangan Longitudinal (Lentur + Torsi)			Tulangan Transversal (Geser + Torsi)			
			Letak	Posisi Tulangan	Jumlah Tulangan	Letak	Jumlah Tulangan		
B1	600	400	Tumpuan Ka & Ki	Atas	6-D22	Di sepanjang $l_0$	3 Leg D10-100		
				Tengah	2-D16				
				Bawah	3-D22				
			Lapangan	Atas	3-D22			Di luar panjang $l_0$	2 Leg D10-150
				Tengah	2-D16				
				Bawah	3-D22				

**KOLOM**

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan:

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

Dengan:

$\sum M_{nc}$  = 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.

**Tabel 9.** Tabulasi Tulangan Kolom

Kolom	H (mm)	B (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal (Confinement + Geser)	
				Sepanjang $l_0$	Di luar $l_0$
K1	700	500	16D22	4 leg D13 - 100	4 leg D13 - 150

**SHEARWALL**

**Tabel 10.** Tabulasi Tulangan Shearwall

Shearwall	Lw (mm)	H (mm)	Tulangan	
			Horizontal	Vertikal
SW L	8000	300	D10-200	D10-200

**STRUKTUR BAWAH**

Struktur Bawah meliputi *Pile Cap* dan *Bored Pile*. Pada tabel 13 Menunjukkan penulangan dari *pile cap* 2 dan pada tabel 14 menunjukkan penulangan *bored pile* yang digunakan sebagai contoh perhitungan.

**Tabel 11.** Tabulasi Tulangan Pile Cap

Pile Cap	Dimensi (p x l x t)	Tulangan	
		Arah X	Arah Y
P4	2,5 x 2,5 x 1,3 m	D22-100	D22-100

**Tabel 12.** Tabulasi Tulangan Bored

Jenis Pile	Diameter (mm)	Tulangan Utama	Senggang Spiral
Bored Pile	500	12D22	D10-250

## **KESIMPULAN**

Hasil perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit Siloam, Semarang yang telah dibahas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisis struktur gedung berdasarkan SNI 03-1726-2012 dengan menggunakan program SAP2000 v19 digunakan untuk mengetahui perioda fundamental struktur dan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut. Pada konfigurasi keruntuhan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) perioda fundamental struktur harus dibatasi agar struktur tidak terlalu fleksibel.
2. Perencanaan dan perhitungan analisis struktur tahan gempa sesuai dengan peraturan terbaru yaitu SNI 03-1726-2012, seluruh elemen pada gedung dapat dibentuk menjadi suatu kesatuan sistem struktur. Pelat lantai dan balok berfungsi untuk menahan beban gravitasi dan menyalurkan ke kolom, sementara kolom berfungsi untuk menahan beban lateral seperti beban gempa. Kedua sistem tersebut digabungkan dan didisain terhadap beban gempa dengan metode analisis dinamik spektrum respons.
3. Suatu struktur gedung bertingkat tinggi didisain dengan menyesuaikan daerah zonasi gempa wilayah yang akan dilakukan pekerjaan konstruksi, maupun fungsi dari bangunan itu sendiri.
4. Mendapatkan struktur yang kokoh, kuat, aman, dan ekonomis diperlukan suatu perencanaan struktur yang baik dan benar dengan menggunakan standar teknis dan peraturan perencanaan struktur yang berlaku
5. Kombinasi pembebanan struktur yang digunakan adalah kombinasi beban untuk metoda ultimit, seperti: struktur, komponen-elemen struktur, dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor sesuai dengan SNI 03-1726-2012. Metode tersebut mengkombinasikan beban-beban yang bekerja pada struktur dengan faktor beban, sehingga diperoleh suatu nilai keamanan dalam perencanaan struktur tersebut
6. Dalam perencanaan struktur gedung ini menggunakan konsep disain kapasitas *strong column-weak beam (SCWB)* dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), sehingga apabila level beban terlampaui maka *joint* balok



dan *joint* kolom paling bawah terjadi sendi plastis, sehingga tidak sampai mengalami keruntuhan total pada saat terjadi gempa kuat dengan syarat balok tidak boleh mengalami kegagalan geser dan hubungan balok-kolom tidak boleh gagal sewaktu menerima gaya yang besar dari balok ke kolom

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standarisasi Nasional (2012), *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non- gedung* (SNI 1726- 2012). Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional (2013), *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain* (SNI 1727- 2013). Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional (2013), *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung* (SNI 2847- 2013). Jakarta: BSN.
- Christady, Hary. 2008. *Teknik Fondasi 2* (Cetakan ke- 4) Yogyakarta: Beta Offset.
- Kusuma, Gideon. 1995. *Dasar- dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 Edisi Kedua*, Jakarta: Erlangga.
- McCormac, Jack C. 2000. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Pemerintah Kota Semarang, 2017. *Standarisasi Harga Satuan Bahan Bangunan, Upah dan Analisa Pekerjaan, untuk Kegiatan Pembangunan*, Semarang.
- Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2011. “Aplikasi Desain Spektra Indonesia”. [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)
- Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 Tahun 2013*, Jakarta: Erlangga