

## PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) DENGAN RSNI 03-1726-XXXX

Restu Wiro Rudiarmoko<sup>1</sup>, Ngakan Made Anom Wiryasa<sup>2</sup>, dan I.A.M Budiwati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

Email : restu.crazy@yahoo.com

**Abstrak** : Lokasi Indonesia yang berada diantara empat sistem tektonik aktif menyebabkan Indonesia memiliki tingkat resiko gempa yang cukup tinggi. Dalam kondisinya terjadinya gempa kuat diharapkan bangunan pusat pelayanan utama yang penting terhadap penyelamatan setelah gempa terjadi seperti bangunan rumah sakit, bangunan penyimpanan air dan bangunan lainnya yang non gedung, tidak boleh mengalami kerusakan yang berat sehingga tidak berfungsi. Salah satunya bangunan gedung rumah sakit perlu direncanakan untuk memiliki ketahanan terhadap gempa. Daktilitas penuh menjadi alternatif dalam perencanaan struktur tahan gempa dan syarat pendetailan dibutuhkan yang detail. Tujuan dari studi ini adalah dapat memahami penggunaan gedung tahan gempa dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan RSNI 03-1726-XXXX. Rencana lokasi gedung ini adalah di wilayah Denpasar dan termasuk wilayah gempa kuat berfungsi sebagai gedung rumah sakit, ukuran denah 12,25 m x 20,75 m, dengan 4 lantai struktur dan tinggi gedung 15,55 m. Perencanaan gedung meliputi perencanaan pelat atap, pelat lantai, tangga, balok, kolom dan pondasi. Gaya-gaya dalam akibat beban mati, hidup, air hujan, dan gempa dilakukan dengan bantuan software SAP 2000 v.11 dalam bentuk analisa struktur portal 3 dimensi.

**Kata kunci** : Gedung rumah sakit, SRPMK, RSNI 03-1726-XXXX

## DESIGN OF REINFORCED CONCRETE BUILDING STRUCTURES USING A FRAME SYSTEM OF SPECIFIC MOMENT BEARERS (SRPMK) WITH RSNI 03-1726-XXXX

**Abstract**: Location of Indonesia which is located between the four active tectonic systems cause Indonesia has a quite high earthquake risk. In this condition the occurrence of a strong earthquake is expected that the main service in center building is very important to be rescued from the earthquake disaster such as building hospitals, water storage buildings and the other non buildings that should not be broken by any several damage that cause they can't working well. The building of hospital must be designed to have a resistance to earthquakes. Full ductility is an important alternative in the earthquake-resistant structural design and the requirements also need extra detail. The purpose of this study is to understand the use of earthquake resistant buildings using the Frame System of Specific Moment Bearers (SRPMK). The building location planning is in Denpasar area and it is in a powerful earthquake region that serves as a hospital building with floor plan size 12.25m x 20.75m, with 4 floors high building structure and 15.55m. The planning includes building stairs, roof plate, floor plate, beams, columns and foundations. Forcing style in effect dead load, live, rain, earthquake is helped by SAP 2000 v.11 software in the form of 3D structural analysis portal.

**Key words** : Hospital building, SRPMK, RSNI 03-1726-XXXX

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Rumah sakit merupakan sebagai bangunan publik yang memiliki faktor keamanan cukup tinggi, diperlukan perencanaan struktur yang mampu menahan gaya gempa rencana menjamin keutuhan, keamanan dan keselamatan bangunan maupun penghuninya pasca gempa.

Pada tahun 2010, dirancang RSNI 03-1726-XXXX yang dimaksudkan sebagai revisi dari peraturan sebelumnya, yaitu SNI 03-1726-2002. Dikeluarkan peta zonasi gempa terbaru atas pertimbangan terjadinya fenomena gempa di Indonesia dengan tingkat kerusakan infrastruktur yang cukup besar. Jalur gempa tidak lagi dibagi menjadi 6 zona, namun wilayah zona tersebut lebih

detail dari sebelumnya dimana respons spektral percepatan di wilayah dengan resiko gempa rendah adalah antara 0 hingga 0,15g, wilayah dengan resiko gempa menengah antara 0,15g hingga 0,5g, dan wilayah gempa tinggi di atas 0,5g.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, sistem struktur dasar penahan beban lateral di akibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yaitu struktur elastik penuh yang disebut dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), struktur dengan tingkat daktilitas parsial yang disebut dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan struktur dengan daktilitas penuh yang disebut dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Aplikasi dari konsep sistem rangka pemikul momen dan dengan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), maka penulisan ini dengan judul “Perancangan Struktur Gedung Beton Bertulang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan RSNI 03-1726-xxxx.

**Tujuan dan Manfaat Penulisan**

Tujuan penulisan ini adalah merencanakan struktur gedung beton bertulang menggunakan SRPMK dengan RSNI 03-1726-xxxx. Dan untuk manfaatnya adalah mengaplikasikan pengetahuan penulis dalam merencanakan suatu gedung beton bertulang dan menambah pengetahuan pembaca tentang RSNI 03-1726.

**MATERI DAN METODE**

**Gambaran Struktur Gedung**

Gedung dibangun dengan 4 lantai, dengan kolom, pelat, balok, dan tangga menggunakan

beton bertulang. Luas masing-masing lantai adalah 254,188 m<sup>2</sup>. Gedung dengan tinggi keseluruhan 15,55 m.

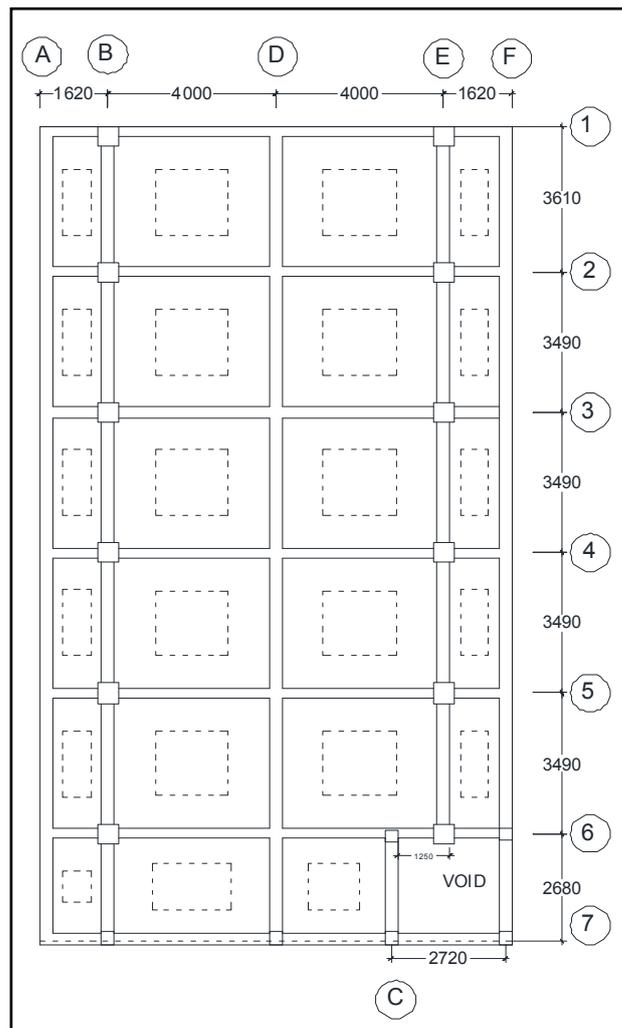
Lokasi gedung ini direncanakan di Wilayah Denpasar Selatan sehingga termasuk wilayah gempa kuat menurut RSNI 03 – 1726-xxxx.

Perencanaan ini akan digunakan mutu beton dan mutu baja sebagai berikut:

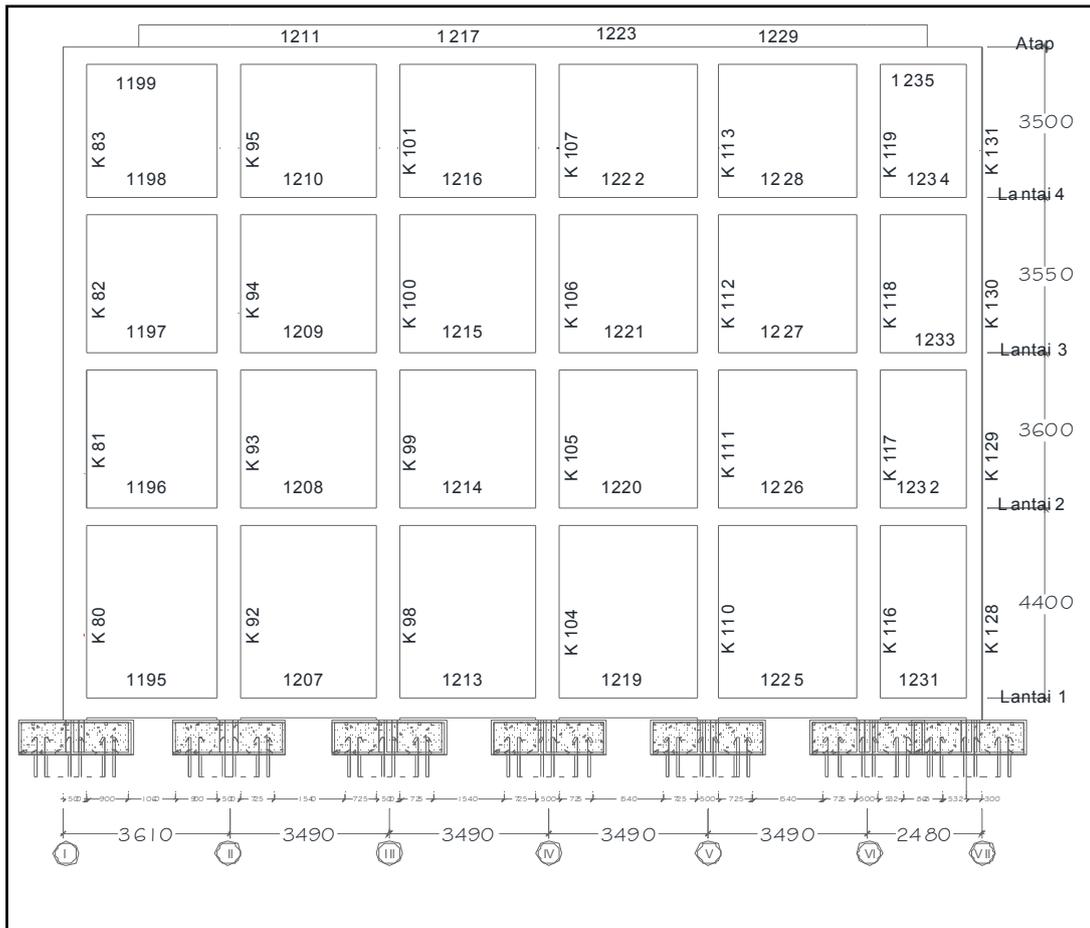
- Mutu beton :  $f'_c = 25$  Mpa.
- $E = 4700\sqrt{25} \text{ Mpa} = 23500 \text{ MPa}$
- $f_y = 400$  MPa
- $f_y = 240$  MPa dan
- $E_s = 200000$  MPa.

Data tanah perencanaan ini diambil dari hasil Static Penetration Test yaitu pada kedalaman 8 m berupa tanah pasir kasar dan halus dengan kerikil sehingga sesuai dengan klasifikasi situs adalah klasifikasi situs SD (Tanah Sedang). ”.

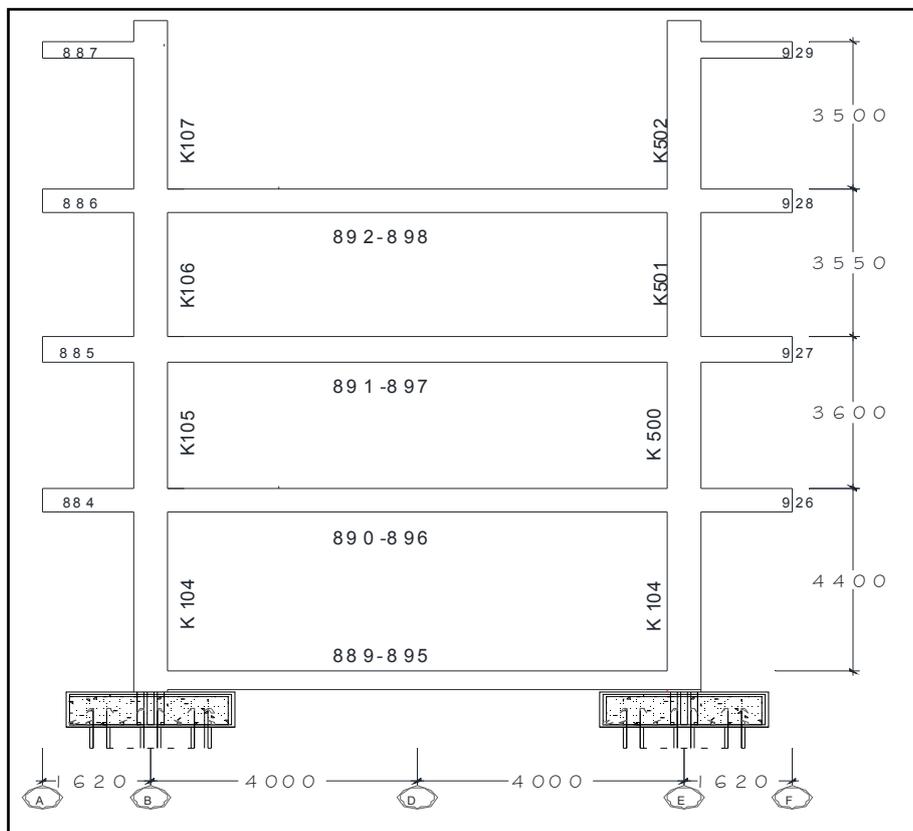
Struktur portal beton bertulang dianalisis secara 3 dimensi (3D) dengan meninjau



**Gambar 1.** Denah lantai 2 s/d 4



Gambar 2. Portal arah Y



Gambar 3. Portal arah X

### Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Bangunan sipil harus memiliki elemen struktur (seperti pelat, balok, kolom, tangga dll) dengan dimensi penampang serta tulangan yang cukup agar bangunan tersebut kuat, nyaman dan ekonomis. Struktur yang kuat berarti tegangan yang terjadi pada setiap penampang tidak melebihi kekuatan bahan dari struktur. Struktur yang aman berarti untuk segala kondisi pembebanan, struktur tersebut tidak runtuh. Struktur nyaman berarti deformasi dari struktur tidak sampai membuat pemakainya merasa tidak nyaman dalam memakainya. Maka dari itu, pada struktur rangka beton portal terbuka dirancang menggunakan konsep *strong column weak beam*, sehingga kolom didesain lebih kuat daripada baloknya yang dimaksudkan agar sendi plastis terjadi pada balok.

Dalam SNI Beton, satu sistem struktur dasar penahan beban lateral adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), yaitu sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Sistem rangka pemikul momen (SRPM) dibedakan menjadi Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) atau Elastik Penuh, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) atau Daktail Parsial dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung dimana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca elastik pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar yaitu nilai faktor daktilitas sebesar 5,3.

### Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (RSNI 03-1726-xxxx)

RSNI 03-1726-xxxx sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia SNI 03-1726-2002 akan menjadi persyaratan minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Untuk itu dapat dikemukakan beberapa perubahan dalam standar ini. Pertama faktor reduksi gempa (R) sebelumnya adalah 8,5 berubah menjadi 8 pada standar ini untuk struktur daktail penuh.

Selanjutnya menentukan pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan bangunan gedung dan non-gedung, ditetapkan gempa dengan terlewati besarnya umur bangunan 50 tahun atau besarnya 2%. Kedua, standar ini memberikan tambahan klasifikasi tanah yang lebih spesifik dari sebelumnya, adanya klasifikasi situs SB (Batuhan) dengan kecepatan rambat gelombang geser antara 750 - 1500 m/detik dan untuk klasifikasi situs SF (Tanah Khusus) harus memiliki klasifikasi sebagai berikut ; lempung organik

ketebalan  $H > 3m$ , lempung berplastisitas sangat tinggi  $H > 7,5m$  dengan indeks plastisitas  $> 75$ , lempung lunak ketebalan  $H > 35m$  dengan  $S_u < 50kPa$ .

Untuk wilayah gempa tidak lagi dibagi menjadi 6 zona, namun wilayah zona tersebut lebih mendetail dari sebelumnya dimana respons spektral percepatan di wilayah dengan resiko gempa rendah adalah antara 0 hingga 0,15g, wilayah dengan resiko gempa menengah antara 0,15g hingga 0,5g, dan wilayah gempa tinggi di atas 0,5g.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perencanaan Struktur SRPMK

Informasi diperlukan dalam perencanaan struktur adalah mengenai data bahan, bentuk denah, standar dan referensi yang dipakai dalam perencanaan. Informasi digunakan langkah awal dalam perencanaan struktur.

### Estimasi Dimensi Struktur

Dalam mendimensi struktur maka dilakukan estimasi dalam penentuan dimensi awal yang nantinya akan didapatkan dimensi struktur yang sesuai dengan gaya-gaya yang terjadi sehingga yang didapat :

- Balok Pelat Lantai 2 s/d 4 : Balok induk (30/60)
- Balok Pelat Atap : balok induk 25/40

### Perencanaan Pelat dan Tangga

Pembebanan pelat dan tangga pada struktur ini meliputi beban hidup dan beban mati yang dikombinasikan dengan mengalikan koefisien 1,2 untuk beban mati dan 1,6 untuk beban hidup. Besarnya beban mati dihitung berdasarkan PPIUG sebesar  $2400 kg/m^3$ .

Besarnya beban hidup pada lantai gedung berupa : Lantai rumah sakit  $250 kg/m^2$ , tangga  $300 kg/m^2$ , pelat atap  $100 kg/m^2$ . Didapat tebal pelat atap 10 cm dan tebal pelat lantai 12 cm. Perhitungan mekanika untuk tangga menggunakan perletakan sendi-rol sebagai tumpuan.

Penulangan pelat dan tangga, dari gaya dalam yang diperoleh selanjutnya dihitung tulangan yang dipasang untuk menahan gaya tersebut sehingga elemen struktur dapat menahan beban yang bekerja. Sehingga didapat dengan tulangan pokok D10-250 mm untuk pelat atap dan D10-200 mm untuk pelat lantai 2 s/d 4. Dan untuk tulangan tangga di dapat D14-250 mm, tebal bordes 150 mm dan sisi miring digunakan D10-250.

### Pembebanan pada Portal

Beban yang bekerja di pelat, balok anak dan tangga akan membebani portal pada struktur gedung. Untuk menganalisa besarnya beban gempa

rencana pada struktur gedung ini ditentukan dengan cara analisis gaya lateral ekuivalen karena struktur gedung merupakan gedung beraturan karena denahnya persegi panjang, tidak menunjukkan coakan sudut dan tidak lebih dari 10 tingkat maka pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa dapat di tampilkan sebagai distribusi gaya lateral (Fi) yang menangkap pada pusat masa lantai tingkat. Gaya gempa lateral (F) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :  $F_x = Cvx \cdot V$

$$Cvx = \frac{Wx \cdot hx}{\sum Wi \cdot hi} \dots\dots\dots(1)$$

- Dimana;
- F = Beban gempa lateral
- V = Gaya geser dasar
- Cvx= Koefisien distribusi
- hi = Tinggi lantai pada tingkat i
- Wi = Berat efektif pada lantai i

Setelah perhitungan distribusi vertikal gaya gempa statik ekuivalen maka langkah selanjutnya adalah pendistribusian beban pada masing-masing bagian dari struktur. Pendistribusian ini dilaksanakan dengan memperhitungkan kekakuan dari masing-masing bagian struktur terhadap kekakuan total

$$(Kk) = \frac{1/12 \cdot b \cdot h^3}{L \cdot K} \dots\dots\dots(2)$$

$$(Kb) = \frac{1/12 \cdot b \cdot h^3 \cdot 15}{L \cdot K} \dots\dots\dots(3)$$

- B = Lebar balok atau kolom
- h = Tinggi Balok atau kolom
- L = Panjang balok atau kolom
- Kk = Kekakuan kolom
- Kb = Kekakuan balok
- K = 1000 cm<sup>3</sup>

**Tabel 1.** Total distribusi beban gempa static ekuivalen

Lantai	Berat Efektif (W) kg	Tinggi (hi) m	Wi . Hi	Cvx	Fx (kg)
Atap	43511.7	15.55	676606.935	0.114	9556.33
5	56778.4	15.05	854514.920	0.144	12069.08
4	184554.5	11.55	2131604.475	0.360	30106.56
3	175932.7	8	1407461.600	0.238	19878.84
2	191805.4	4.4	843943.760	0.143	11919.78
<i>Total</i>			5914131.690		83530.59

**Tabel 2.** Distribusi beban gempa arah Y

Tingkat	A(Kg)	B(Kg)	C(Kg)	D(Kg)	E(Kg)	F(Kg)	JUMLAH
Atap	0.0	20877.1	0.0	1757.5	20877.1	0.0	43511.7
5	0.0	26828.6	2002.7	6459.1	21289.6	198.5	56778.4
4	0.0	84194.7	15246.3	12319.5	72045.3	748.7	184554.5
3	0.0	80211.3	14634.0	11973.3	68400.2	713.9	175932.7
2	21637.0	78129.9	12677.9	11325.6	67446.6	588.3	191805.4

**Kombinasi Pembebanan**

Dalam analisa portal model RSNI digunakan macam kombinasi pembebanan sesuai dengan RSNI 03-1726-xxxx .

**Gaya-gaya dalam Portal**

Gaya-gaya dalam akibat beban mati, hidup, air hujan dan gempa diperoleh dari analisa struktur portal 3 dimensi yang dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 v.11.

**Simpangan Antar Lantai**

Story drift perencanaan awal :

$$\delta_1 = \frac{Cd \cdot \delta_{le}}{I} = \frac{5,5 \times 5,917}{1,0} = 32,543mm$$

Pemeriksaan Persyaratan P- Δ

$$\theta = \frac{P_x \Delta}{V_x h_x Cd} \dots\dots\dots(4)$$

- dimana :
- θ = Koefisien stabilitas pada tingkat x
- P<sub>x</sub> = Beban total vertical perencanaan pada semua kolom tingkat x
- Δ = Initial design story drift pada tingkat x
- V<sub>x</sub> = gaya geser seismic pada tingkat x
- H<sub>sx</sub> = Tinggi tingkat x
- Cd = Deflection amplication factor

Jika θ > 0,1 maka initial design story drift dan design story shear harus diperbesar dengan incremental factor ad = 1,0 / (1- θ). Sehingga θ < 0,10 maka lanjut pada pemeriksaan story drift yg diijinkan.

- Story drift yang diijinkan Δ ijin = 0,01 h1
- Δ<sub>ijin</sub> = 0,01 h1 = 0,01 (4400) = 44 mm
- Δ1 = 32,543 < 44 mm....(ok)

Selanjutnya perhitungan dilakukan pentabelan arah X dan Y

**Tabel 3.** Distribusi beban gempa arah X

Tingkat	I(Kg)	II(Kg)	III(Kg)	IV(Kg)	V(Kg)	VI(Kg)
Atap	0.000	8702.340	8702.340	8702.340	8702.340	8702.340
5	11541.546	8148.078	8148.078	8148.078	8148.078	9265.153
4	37876.923	26857.005	26857.005	26857.005	26857.005	29900.108
3	36172.612	25637.869	25637.869	25637.869	25637.869	28196.663
2	40798.086	29719.139	26437.160	26437.160	26437.160	30861.485

**Tabel 4.** Simpangan antar lantai arah X

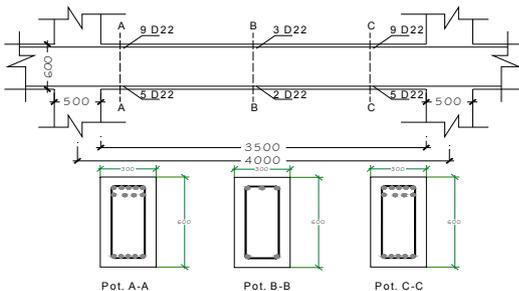
Lantai	h <sub>sx</sub> (mm)	V	P (kN)	δ <sub>x</sub> (mm)	δ <sub>1</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>max</sub>	θ < θ <sub>max</sub>	Δ <sub>ijin</sub> (mm)	Δ <sub>1</sub> < Δ <sub>ijin</sub>
1	4400	164	191.8054	5.917	32.544	0.002	0.114	ok	44	ok
2	3600	173.53	175.9327	6.310	34.705	0.002	0.114	ok	36	ok
3	3550	168.73	184.5546	6.430	35.365	0.002	0.114	ok	35.5	ok
4	3500	134.17	56.7784	6.430	35.365	0.001	0.114	ok	35	ok
5	500	38.53	43.5117	0.87	4.785	0.002	0.114	ok	5	ok

**Tabel 5.** Simpangan antar lantai arah Y

Lantai	h <sub>sy</sub> (mm)	V	P (kN)	δ <sub>y</sub> (mm)	δ <sub>1</sub>
1	4400	164	191.8054	3.6	19.800
2	3600	173.53	175.9327	4.450	24.475
3	3550	168.73	184.5546	4.385	24.118
4	3500	134.17	56.7784	5.123	28.177
5	500	38.53	43.5117	0.8	4.400

**Perencanaan Balok Portal Terhadap Lentur**

Balok harus memikul beban gempa dengan perencanaan lentur momen ultimit (Mu) ≤ momen nominal (Mn) pada daerah tumpuan dan lapangan balok. Cek spasi terhadap satu lapis tulangan tarik, dua lapis dan satu laspis tulangan tekan dengan asumsi tulangan tarik sudah leleh.

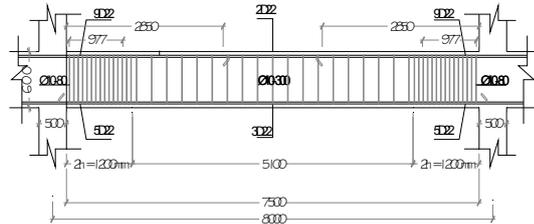


**Gambar 4.** Penulangan Balok terhadap Lentur.

**Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser**

Kuat lentur maksimum (Mpr) pada daerah sendi plastis dihitung berdasarkan tulangan terpasang dengan tegangan tarik baja fs = 1,25 fy dan faktor reduksi 1,0 dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser berdasarkan analisis struktur.

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.



**Gambar 5.** Detail Penulangan Geser dan Torsi pada Balok.

Gaya geser terfaktor pada muka tumpuan dihitung sebagai berikut:

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \pm \frac{W_u \cdot L}{2} \text{ dengan } W_u = 1,2D + 1,0L \dots \dots \dots (5)$$

**Perencanaan Kolom terhadap Beban Lentur dan Aksial**

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

$$\sum M_e \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_g \cdot \text{Dimana } \sum M_c \text{ harus dicari dari}$$

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 ini.

**Perencanaan Kolom Portal terhadap Beban Geser**

Kuat geser kolom SRPMK berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut. Untuk perencanaan kolom, gaya geser didapat dengan menjumlahkan Mpr kolom atas dengan Mpr kolom bawah dibagi dengan tinggi bersih kolom.

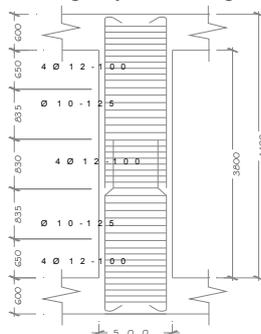
Gaya geser tidak perlu diambil lebih besar gaya geser rencana dari kuat hubungan balok kolom berdasarkan  $M_{pr}$  balok, dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur.

**Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom**

Sesuai pasal SNI 03-2847-2002 pasal 14.2(3) panjang sambungan lewatan tulangan 12 D 22 dihitung dengan rumus

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \cdot f_y}{10 \sqrt{f_c'}} \cdot x \cdot \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{c + K_{tr}}$$

Sesuai pasal SNI 03-2847-2002 pasal 23.4(2) sambungan lewatan harus diletakkan ditengah panjang kolom dihitung sebagai sambungan tarik. Akibat kombinasi beban terfaktor dengan beban gempa dapat diperkirakan tegangan tulangan yang terjadi  $f_s > 0,5 \cdot f_y$ , jadi sambungan lewatan ini termasuk kelas B (Pasal 14.17 (2)(3)) yang panjangnya  $1,3 l_d = 1,3 \times 633,60 = 823,68 = 830$  mm. Detail penulangan kolom portal dengan sambungan di tengah yaitu sebagai berikut :

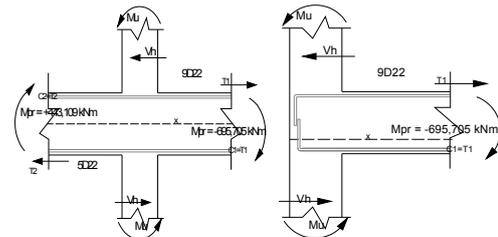


**Gambar 6.** Panjang Sambungan Lewatan Kolom

**Perencanaan Pertemuan Balok kolom**

Perencanaan pertemuan balok-kolom dalam SRPMK dilakukan dengan perhitungan gaya geser horizontal akibat balok dan gaya geser kolom yang melewati inti joint harus dianalisis dengan membentuk keseimbangan pada titik pertemuan.

Di analisa pertemuan joint tengah balok kolom dan pertemuan joint tepi balok kolom dengan asumsi bahwa momen balok yang diterima oleh kolom berlawanan dengan panjang kolom tersebut.



**Gambar 7.** Analisa Joint Tengah dan Tepi pada Hubungan Balok-Kolom

**Perencanaan Pondasi**

Dari data sondir diketahui tanah keras letaknya yaitu berada pada kedalaman 7 m dibawah pondasi.

Pada kedalaman itu dicapai nilai rata-rata dari penetrasi konus sebesar 250 kg/cm<sup>2</sup> sehingga perencanaan dipakai perencanaan pondasi tiang pancang. Dengan data tersebut yang direncanakan nantinya menggunakan tiang pancang beton prategang yang diproduksi oleh PT. Pasific Prestress Indonesia.

Kemampuan tiang pancang dihitung berdasarkan kemampuan terhadap kuat bahan tiang dan kekuatan tanah. Terhadap kekuatan tanah didasarkan atas kemampuan tahanan ujung (end bearing) dan akibat cleef. Tiang direncanakan berukuran 30 x 30 cm dengan pemancangan sampai kedalaman 7 meter.

$$Q = \frac{A_p}{3} = \frac{30 \times 30 \times 115}{3} = 34.500 \text{ kg}$$

Panjang tiang dibagi menjadi tiga bagian, nilai c diambil dari data tanah terlampir :

$$(0 - 200) \rightarrow c = \frac{80 - 0}{200} = 0,4 \text{ kg / cm}^3$$

$$(200 - 400) \rightarrow c = \frac{160 - 80}{200} = 0,4 \text{ kg / cm}^3$$

$$(400 - 700) \rightarrow c = \frac{290 - 160}{200} = 0,43 \text{ kg / cm}^3$$

$$K_p = 4 \times \text{sisi tiang pancang} = 4 \times 30 = 120 \text{ cm}$$

$$Q = \frac{Q_c}{5} = \frac{120}{5} (20 \times 0,4 + 20 \times 0,4 + 30 \times 0,43) = 6960 \text{ kg}$$

Gaya horisontal yang diterima pondasi :

$$H_x = 10.036,3 \text{ kg dan } H_y = 10.284,7 \text{ kg}$$

Jadi pondasi cukup kuat menahan beban horisontal, maka tidak diperlukan tiang miring.

Penentuan lentur poer pondasi :

$$P_1 = \frac{\sum N}{n} + \frac{M_x \cdot Y}{n_y \cdot \sum Y^2} + \frac{M_y \cdot X}{n_x \cdot \sum X^2} \dots \dots \dots (6)$$

$$\mu = (P_1 + P_2 + P_3) 0,6$$

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

$$A_s = \rho_{\min} (b) d$$

Dipasang D22 (1519,76 mm<sup>2</sup>) dengan jarak 250 mm. Dan tulangan susut bagian atas :  $A_s' = 0,002 b \cdot d$

Kemudian rencanakan geser poer pondasi satu arah dan dua arah dengan syarat  $\phi V_c > V_u$  tidak perlu tulangan geser.

Jadi daya dukung keseimbangan tiang total =  $34.500 + 6.960 = 41.460 \text{ kg}$

Berat sendiri tiang =  $225 \times 7 = 1.575 \text{ kg}$

Beban netto yang diperkenankan pada tiang tersebut :

$$Q_{SP} = 41.460 - 1.575 = 39.885 \text{ kg}$$

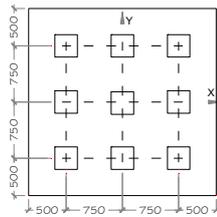
Perhitungan efisiensi tiang pancang dalam group dengan menggunakan metode “ Uniform Building Code” yaitu:

$$Eff_{\eta} = 1 - \frac{\phi}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right]$$

.....(7)

$$\phi = \arctan \frac{D}{s} = \arctan \frac{0,3}{0,75} = 21,8^{\circ}$$

$$Eff_{\eta} = 1 - \frac{21,8}{90} \left[ \frac{(3-1)3 + (3-1)3}{3 \times 3} \right] = 0,677$$



Gambar 8. Denah Kelompok Tiang

Disini dihitung satu buah pondasi pada kolom yang memberikan momen dan gaya normal terbesar.

$$n = \frac{\sum N}{Q_{group}} = \frac{2139,12 \text{ kN}}{270,002} = 7,9 = \text{dipakai } 9 \text{ buah tiang}$$

Kontrol daya dukung tiang terhadap beban maksimum oleh kelompok tiang.

$$Q_{maks} = \frac{\sum N}{n} \pm \frac{My}{\sum X^2} \pm \frac{Mx Y_{maks}}{n_x \sum Y^2}$$

.....(8)

$$Q_{maks} < 0,712 Q_{sp} = 27.002,1 \text{ kg}$$

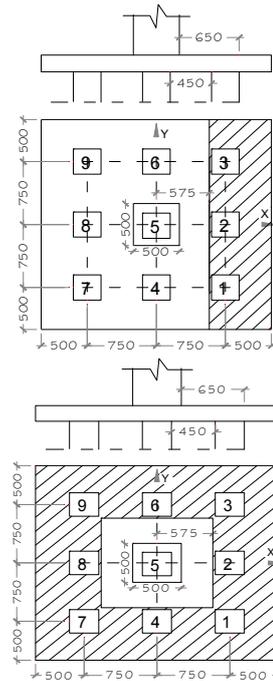
**Kontrol kekuatan tiang terhadap beban horizontal.**

Perhitungan kekuatan terhadap beban horizontal.

$$\sum Ms = 0$$

$$H(l_a + l_d + l_z) = R.2.l_z$$

$$H = \frac{R.2.l_z}{(l_a + l_d + l_z)} = \frac{22.749,7 \times 2 \times 1,557}{(0,8 + 2,3 + 1,557)} = 15.105,05 \text{ kg}$$



Gambar 9. Tampang Kritis Geser Satu Arah Dua arah pada Poer

**SIMPULAN**

Hasil Perencanaan Portal 4 :

- Lantai 1 menggunakan balok induk 25×40 cm dengan tulangan 9 D22 (tumpuan tarik), 5 D22 (tumpuan tekan), 2 D22 (lap.tarik), 3 D22 (lap.tekan) , sengkang  $\phi 10 - 80$  (tumpuan) dan  $\phi 10 - 200$  (lapangan).
- Lantai 2 s/d 4 menggunakan balok induk 30 x 60 cm dengan tulangan 10 D22 (tumpuan tarik), 5 D22 (tumpuan tekan), 2 D22 (lap.tarik), 3 D22 (lap.tekan) , sengkang  $\phi 10 - 80$  (tumpuan) dan  $\phi 10 - 300$  (lapangan).
- Digunakan kolom: 50×50 cm dengan tulangan longitudinal 12 D22 dan untuk sengkang digunakan  $\phi 12-100$ .
- Dipasang tulangan pelat atap D10-250 mm dan D10-200 untuk tulangan lantai 1 s/d 4.

Hasil Perencanaan Portal B

- Lantai 1 menggunakan balok induk 25×40 cm dengan tulangan 9 D22 (tumpuan tarik), 5 D22 (tumpuan tekan), 2 D22 (lap.tarik), 3 D22 (lap.tekan) , sengkang  $\phi 10 - 60$  (tumpuan) dan  $\phi 10 - 150$  (lapangan).
- Lantai 2 s/d 4 menggunakan balok induk 30 x 60 cm dengan tulangan 10 D22 (tumpuan tarik), 5 D22 (tumpuan tekan), 2 D22 (lap.tarik), 3 D22 (lap.tekan) , sengkang  $\phi 10 - 60$  (tumpuan) dan  $\phi 10 - 150$  (lapangan).
- Digunakan kolom: 50×50 cm dengan tulangan longitudinal 12 D22 dan untuk sengkang digunakan  $\phi 12-100$ .
- Dipasang tulangan pelat atap D10-250 mm dan D10-200 untuk tulangan lantai 1 s/d 4.

Dari hasil perencanaan didapat pondasi telapak dengan ketebalan poer 80 cm dan ukuran = 2,5 × 2,5 m, pada kedalaman dasar pondasi 7 m di bawah permukaan tanah. Untuk dimensi tiang pancang di gunakan 30 x 30 cm sebanyak 9 tiang poer pada setiap pondasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Gideon, K dan Adriono, T 1993. *Perencanaan Struktur Tahan Gempa di Daerah Rawan Gempa*, CUR Seri Beton-3. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Vis, W.C, dan Gideon, K, 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, CUR Seri Beton-4. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Agung Wakia P, I.B.G, 2006, *Perencanaan Gedung Rumah Sakit dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) SNI 03-2847-2002*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Hakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Purwono, R. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002. ITS Press, Surabaya.
- Pramono H dan Rekan. 2007. *Desain Konstruksi Plat dan Rangka Beton Bertulang dengan SAP 2000 Versi 9*. Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Tumilar S, 2011. *Shortcourse Prosedur Analisis Struktur Beton Akibat Gempa Menurut SNI 03-1726-2010*. Komda Haki, Universitas Udayana
- Widomoko, H. 1985, *Konstruksi Bangunan 2*, Bagian Penerbitan ITN, Malang.
- Winter, G, dan Nilson, AH. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, PT. Pradnys Paramita, Jakarta.
- Sudarmoko, 1996. *Perancangan dan Analisis Kolom Beton Bertulang*, Biro Penerbit UGM, Yogyakarta.
- BSN, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan SNI 03-2847-2002*, Badan Standarisasi Nasional