

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

(Studi Kasus : Gedung Laboratorium Bersama Universitas Udayana)

Naratama¹, I Nyoman Sutarja² dan I Wayan Dana²

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

Email: ramanaratama@gmail.com

Abstrak: Gedung laboratorium bersama Universitas Udayana akan dibangun di kota Denpasar, maka perlu diperhatikan mengenai kondisi gempa pada wilayah tersebut. Berdasarkan SNI 03-1726-2002, Denpasar berada pada wilayah gempa 5 (daerah dengan resiko gempa kuat) . Tujuan dari studi ini adalah merencanakan struktur gedung beton bertulang tahan gempa yang meliputi perhitungan dan gambar struktur berdasarkan SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Gedung tersebut memiliki ukuran denah 61,6 m x 41,8 m, dengan 4 lantai struktur dan tinggi gedung 14,4 m. Hasil akhir dari perencanaan struktur diperoleh tebal plat lantai 120 mm dengan tulangan Ø12 mm-150mm dan digunakan tulangan bagi Ø12-300 mm. Balok anak 25/35 digunakan tulangan 4D13 dengan tulangan sengkang Ø10-150 mm. Untuk portal balok induk 35/60 digunakan tulangan utama 4D16, dan tulangan Ø10-150 mm pada sengkang dan puntir. Pada kolom digunakan dimensi 50/50 dengan tulangan utama 12D19 mm dan sengkang Ø10-120 mm. Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang dengan dimensi 25/25 dan kedalaman 6 m.

Kata kunci: SRPMK, Beton Bertulang, Wilayah Gempa 5, Laboratorium Bersama Universitas Udayana

CONCRETE BUILDING STRUCTURE DESIGN USING A SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME

(Case Study: Joint Laboratory Building at Udayana University)

Abstract: Joint laboratory building is to be built at Udayana University in Denpasar campus. It is important to consider the potential of the earthquake in the region. Based on SNI - 03-1726-2002, Denpasar is located in seismic zone 5 (regions with strong seismic risk). The purpose of this study is to plan the structure of earthquake-resistant reinforced concrete buildings including the calculation and design plan based on SNI 03-2847-2002 and SNI 03-1726-2002 using the Special Moment Resisting Frame (SMRF). The building has a floor plan size of 61.6 m x 41.8 m, with 4 floors structure and 14.4 m high. The structure planned resulted a 120 mm thick slab with reinforcement of Ø12 mm and the distance between the foundation and reinforcement on the field is of 150 mm , while in the staging area used for the reinforcement is of Ø12 - 300 mm. Stairs calculation is obtained with a reinforcement with D12 – 150 and Ø10 - 200 mm . Secondary beam 25/35 used a reinforcement with 4D13 and Ø10-50 mm . For primary beam 35/60 used 4 D16 main reinforcement , and reinforcement Ø10-150 mm on the hoops and torsion . In the column used 50/50 with the main reinforcement 12D19 mm and Ø10-120 mm. Pile foundations are used with the dimensions of 25/25 and a depth of 6 m .

Keywords: SMRF, Reinforced Concrete, Earthquake Zone 5, Joint Laboratory Building at Udayana University

PENDAHULUAN

Universitas Udayana sebagai salah satu perguruan tinggi negeri di Indonesia, dalam usahanya untuk meningkatkan mutu pendidikan perlu didukung oleh laboratorium yang memadai agar proses belajar mengajar dapat berlangsung dengan baik. Untuk mewujudkan hal tersebut maka dibangun gedung laboratorium di Kampus Universitas Udayana Jalan P.B. Sudirman yang nantinya digunakan sebagai laboratorium bersama.

Suatu struktur dengan bentuk tidak beraturan seharusnya dihindari karena rendahnya ketahanan struktur terhadap gempa, disamping akan mengakibatkan *torsional deformation* yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dilakukan pemisahan struktur atau dilatasi pada gedung dengan denah tidak beraturan agar denah gedung menjadi beraturan. Bentuk struktur gedung laboratorium ini adalah tidak beraturan, maka dari itu perlu dilakukan dilatasi.

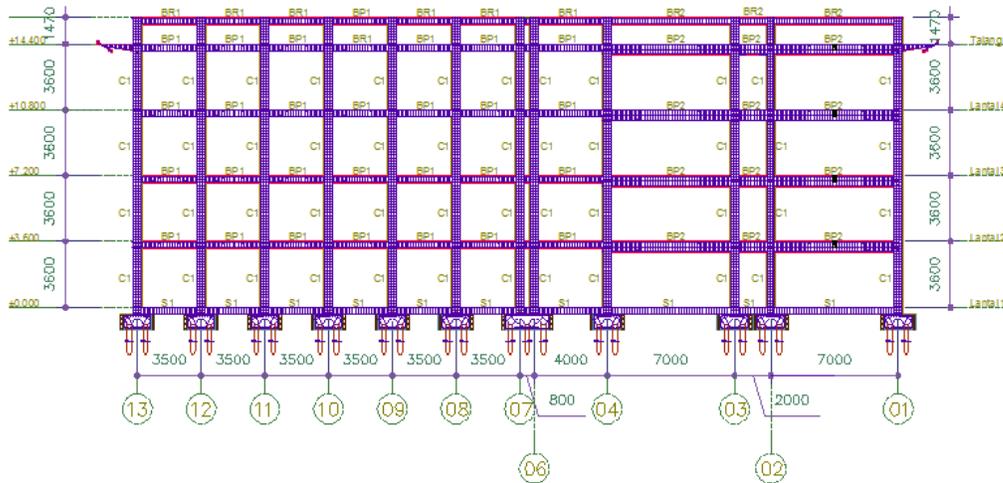
Gedung ini akan dibangun di kota Denpasar, maka perlu diperhatikan mengenai kondisi gempa pada wilayah tersebut. Berdasarkan SNI-03-1726-2002, Denpasar berada pada wilayah gempa 5 (daerah dengan resiko gempa kuat). Efek

gempa berasal dari gaya inersia internal arah horizontal yang disebabkan oleh adanya percepatan tanah. Besarnya gaya inersia tergantung dari massa bangunan, intensitas pergerakan tanah, interaksi struktur terhadap tanah dan sifat dinamis bangunan. Karena itu diperlukan suatu perencanaan struktur yang tepat untuk dapat mencegah terjadinya keruntuhan total. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, struktur gedung dapat direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

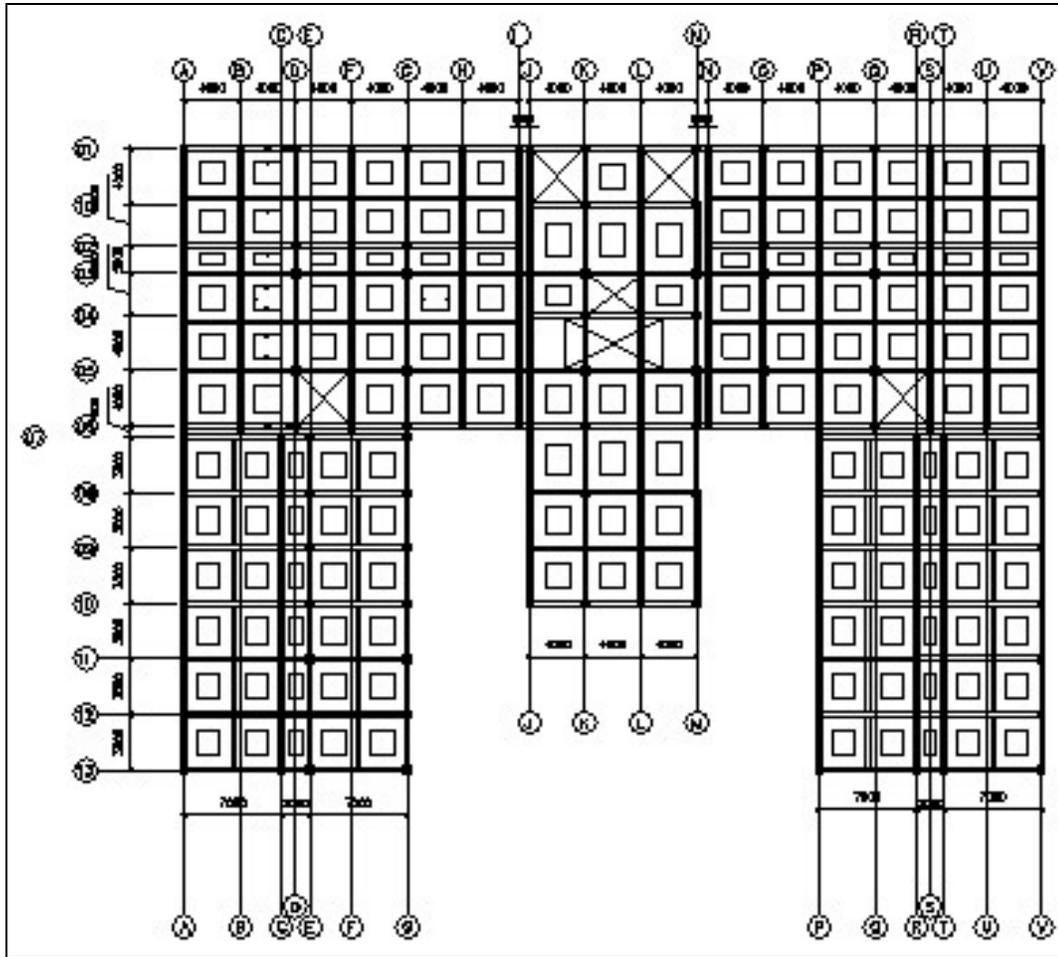
MATERI DAN METODA

Gambaran Struktur Gedung

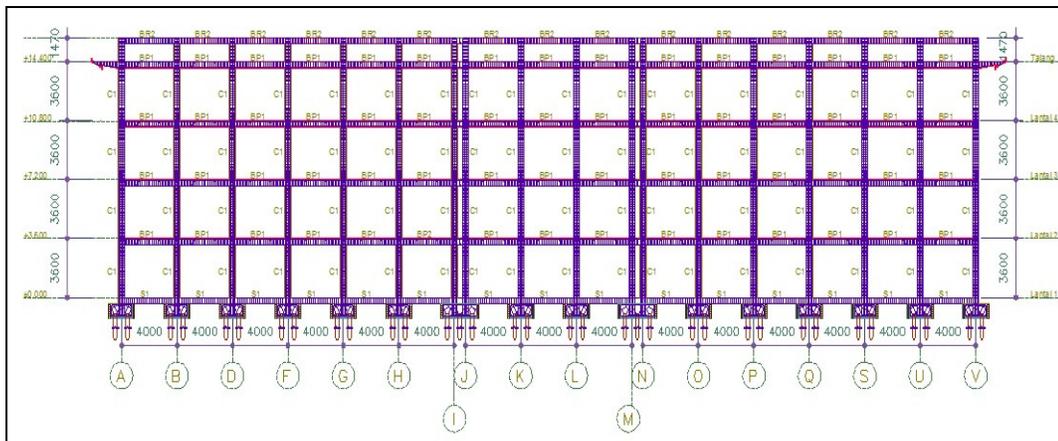
Gedung dibangun dengan 4 lantai dengan pelat, tangga, balok, dan kolom menggunakan beton bertulang. Luas masing-masing lantai 1971,6 m². Gedung memiliki tinggi keseluruhan 14,4 m. Mutu beton yang digunakan adalah (f'_c) = 25 MPa, serta mutu baja tulangan geser (f_yv) = 240 Mpa, tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa, modulus elastis baja (E_s) = 2.10^5 MPa, dan modulus elastis beton (E_c) = 23500 MPa.



Gambar 1. Portal Arah Y



Gambar 2. Denah lantai 2 s/d 4



Gambar 3. Portal Arah X

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Faktor daktilitas suatu struktur gedung merupakan dasar bagi penentuan beban gempa yang bekerja pada struktur ge-

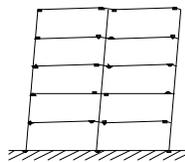
dung. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis yang mampu memancarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk kedalam struktur harus dikon-

trol dan dibatasi sedemikian rupa agar struktur berperilaku memuaskan dan tidak runtuh pada saat terjadi gempa kuat. Pada struktur rangka akan lebih baik apabila penguraian/disipasi energi gempa melalui pelelehan (sendi plastis) pada komponen horisontal (balok) daripada komponen vertikal (kolom) yang diharapkan memberikan kekuatan, kekakuan, dan kestabilan pada saat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Ini berarti bahwa akibat pengaruh gempa rencana, sendi-sendi plastis di dalam struktur gedung hanya pada ujung-ujung balok dan pada kaki-kaki kolom. Filosofi perencanaan seperti ini disebut dengan Konsep Desain Kapasitas.

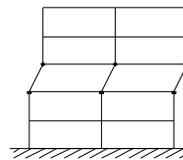
Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali

dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur itu tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi ambang keruntuhan. Sistem rangka ruang di dalam komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial disebut dengan Sistem Rangka Pemikul Momen.

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus merupakan suatu tingkat daktilitas struktur gedung, dimana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca elastik pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar, yaitu mencapai nilai faktor daktilitas sebesar 5,3 dan digunakan pada wilayah gempa 5 dan 6. (Sumber: SNI 03-1726-2002)



a. Sendi plastis pada balok tidak menyebabkan keruntuhan



b. Sendi plastis pada kolom menyebabkan keruntuhan lokal pada satu tingkat

Gambar 4. Mekanisme khas yang dapat terjadi pada portal rangka terbuka

Standar Perencanaan Yang Digunakan

Peraturan-peraturan yang dipergunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

- SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung)
- SNI 03-1726-2002 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung)
- PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi Dimensi Elemen Struktur

A. Persyaratan geometri balok (SNI 03-2847-2002 Ps.23.3.1) untuk SRPMK:

- Bentang bersih (L_n) $\geq 4d$ dimana d adalah tinggi efektif balok
- Rasio lebar terhadap tinggi balok harus lebih besar atau sama dengan 0,3 ($b/h \geq 0,3$)
- Lebar balok (b) harus :
 - ≥ 250 mm
 - \leq lebar kolom + $2(3/4)$ tinggi balok

Dimensi balok yang digunakan :

- Balok Pelat Atap :
 - Balok Induk : 35/70, 35/60, 30/40, 35/40
 - Balok Anak : 25/35
- Balok Pelat Lantai 2 s/d 4
 - Balok Induk : 35/70, 35/60, 30/40, 35/40

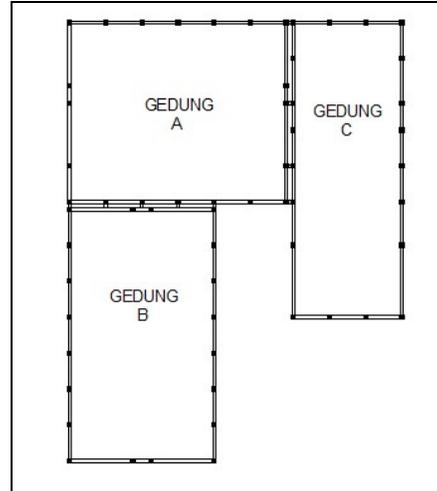
- Balok Anak : 25/35
 - B. Persyaratan geometri kolom (SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.1) untuk SRPMK
 - Ukuran penampang terkecil (c_2) \geq 300 mm
 - Perbandingan sisi penampang terkecil terhadap arah tegak lurus nya (c_2/c_1) \geq 0,4
- Dimensi kolom yang digunakan adalah 50/50

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/m³. Besarnya beban hidup pada lantai gedung berupa : Ruang laboratorium 300 kg/m², tangga 300 kg/m², pelat atap 100 kg/m². Didapat tebal pelat atap 10 cm dan tebal pelat lantai 12 cm. Perhitungan mekanika untuk tangga menggunakan perletakan jepit-jepit 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 Ø10-150 mm untuk pelat atap dan Ø12-150 mm untuk pelat lantai 2 s/d 4. Dan untuk tulangan tangga di dapat Ø12-90 mm, tebal bordes 120 mm dan sisi miring digunakan Ø12-150.

Pembebanan Struktur Akibat Beban Gempa

Berdasarkan Pasal 4.2.1 SNI 03-1726-2002 dimana struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Namun dalam perencanaan, akan dilakukan dilatasi pada struktur gedung sehingga setiap bagian akan memiliki struktur yang beraturan.



Gambar 5. Dilatasi Gedung

Perhitungan pengaruh beban gempa terhadap struktur bangunan dipergunakan cara Analisis Beban Gempa Statik Ekuivalen dengan data-data sebagai berikut:

- Lokasi gedung pada wilayah gempa 5 dan jenis tanah pada lokasi pembebanan gedung adalah tanah sedang.
- Faktor Reduksi Gempa (R), berdasarkan tabel 3 (SNI 03-1726-2002) untuk bangunan struktur beton yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menggunakan R = 8,5
- Faktor keutamaan gedung (I), berdasarkan tabel 1 SNI 03-1726-2002 untuk bangunan umum seperti laboratorium faktor keutamaan (I) = 1
- Berdasarkan wilayah gempa 5 dan jenis tanah digunakan respon spektrum gempa rencana sebagai berikut : Faktor skala yang digunakan $F_s = \frac{g \cdot I}{R} = \frac{0,8 \times 1}{8,5}$
- Waktu getar alami struktur gedung (T) = 0,06 . (H)^{3/4}
- Dari grafik respons spektrum gempa rencana dengan tanah sedang didapat C = 0,83
- Gaya geser gempa rencana, $V = \frac{C \cdot I}{R} W_t$

- Distribusi beban gempa nominal statik ekuivalen, $F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i Z_i} V$

Tabel 1. Hasil perhitungan F_i dan gaya geser V_i gedung A

Tingkat	W_i (kN)	Z_i (m)	$W_i Z_i$	F_i	F_i/n
Struktur Atap	939,04	15,87	14902,565	178,792	11,175
Atap	1676,96	14,4	24148,224	289,716	12,596
Lantai 4	6059,883	10,8	65446,736	785,191	22,434
Lantai 3	6185,496	7,2	44535,571	534,311	15,266
Lantai 2	6185,496	3,6	22267,786	267,156	7,633
Total	21046,875		171300,882		

Demikian pula perhitungan yang sama untuk gedung B dan gedung C.

struktur gedung untuk menentukan kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit, sebagai berikut :

Kombinasi Pembebanan

Dalam analisa portal digunakan sepuluh macam kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pada Pasal 11.

- Kinerja Batas Layan

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.14.

Menurut Pasal 8.1.2 (SNI 03-1726-2002), untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh lebih melampaui dari :

$$\frac{0,03}{R} \times h_i \text{ atau } 30 \text{ mm}$$

Simpangan Antar Lantai

Setelah dilakukan analisa dengan bantuan program SAP 2000, maka didapat simpangan

Untuk menunjukkan besarnya besarnya simpangan antar tingkat (Δ_s) akibat pengaruh gempa rencana, dipilih portal yang memiliki simpangan maksimum yaitu portal A dan J akibat gempa arah X yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Analisa Δ_s Akibat Gempa Arah X pada Gedung A

Lantai Ke-	h_x (m)	Δ_s (mm)	Drift Δ_s antar tingkat (mm)	Syarat drift Δ_s (mm)	Keterangan
5	15,87	9,454	1,124	5,188	Memenuhi
4	14,4	8,33	1,673	12,71	Memenuhi
3	10,8	6,657	2,077	12,71	Memenuhi
2	7,2	4,58	2,7	12,71	Memenuhi
1	3,6	1,88	1,88	12,71	Memenuhi
0	0	0	0	-	-

Keterangan :

- h_i = Tinggi antar lantai gedung
- h_x = Tinggi total gedung tiap lantai
- R = Faktor reduksi gempa

- Δ_s = Simpangan tiap lantai gedung akibat beban gempa
- Drift Δ_s = Simpangan antar tingkat akibat beban gempa (lantai atas – lantai bawah).

- Kinerja Batas Ultimit
Menurut Pasal 8.2.2 (SNI 03-1726-2002), untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit (Δ_m), dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut Pasal 8.2.1 (SNI 03-1726-2002), tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

Tabel 3. Analisa Δ_m akibat gempa arah X pada Gedung A

Lantai Ke-	h_x (m)	Drift Δ_s antar tingkat (mm)	Drift Δ_m antar tingkat (mm)	Syarat drift Δ_s (mm)	Keterangan
5	15,9	1,124	6,688	29,4	Memenuhi
4	12,3	1,673	9,954	72	Memenuhi
3	8,7	2,077	12,358	72	Memenuhi
2	5,1	2,7	16,065	72	Memenuhi
1	1,5	1,88	11,186	72	Memenuhi
0	0	0	0	72	Memenuhi

Keterangan :

Drift Δ_m = Simpangan antar tingkat akibat beban gempa yang dikalikan suatu faktor pengali ξ .

Demikian pula perhitungan yang sama untuk gedung B dan gedung C.

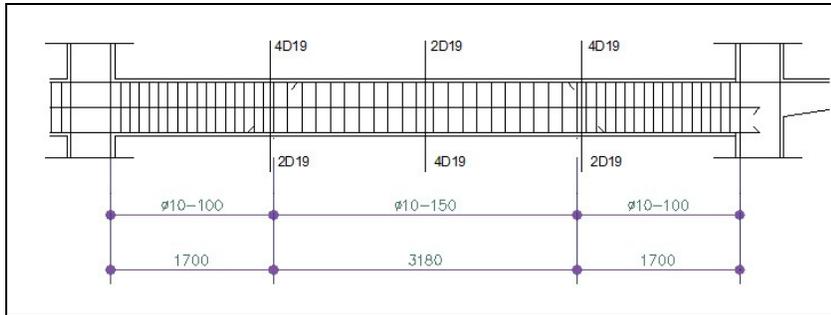
- Jarak Pemisah Antar Gedung
Jarak pemisah antar gedung harus ditentukan paling sedikit sama dengan jumlah simpangan maksimum masing-masing struktur bangunan gedung pada taraf itu. Dalam segala hal masing-masing jarak tersebut tidak boleh kurang dari 0,025 kali ketinggian taraf itu diukur dari taraf penjepitan lateral. Jarak pemisah gedung minimum adalah 398,75 mm, namun dalam perencanaan akan digunakan jarak pemisah gedung 800 mm.

Perencanaan Balok Induk Terhadap Lentur

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

Perencanaan Balok Induk Terhadap Geser

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. 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.



Gambar 6. Detail Balok Induk

Perencanaan Kolom Terhadap Lentur

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

$\Sigma M_u = \frac{6}{5} \Sigma M_{u, \text{maks}}$, dimana $\Sigma M_{u, \text{maks}}$ harus dicari 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 Terhadap 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 balok, dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur.

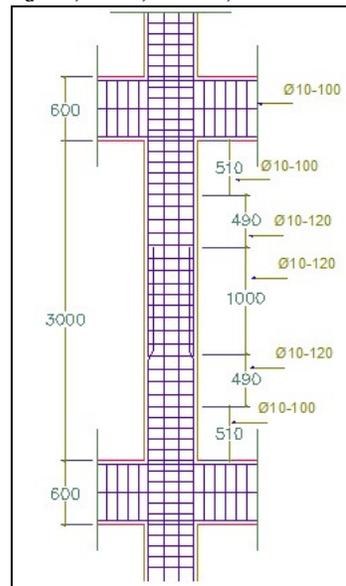
Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai pasal 14.2(3) panjang sambungan lewatan tulangan D19 dari kolom tengah harus dihitung dengan rumus :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9f_y}{10\sqrt{f'_c}} \times \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b}\right)}$$

Sesuai pasal 23.4(3(2)) sambungan lewatan harus diletakkan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik. Akibat kombinasi beban terfaktor dengan beban gempa tegangan tu-

langan yang terjadi $f_s > 0,5 f_y$, maka panjang sambungan lewatan diambil sebesar $1,3 l_d = 1,3 \times 0,75 = 0,975 \sim 1$ m.



Gambar 7. Detail Kolom

Perencanaan Hubungan 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.

Perencanaan Pondasi

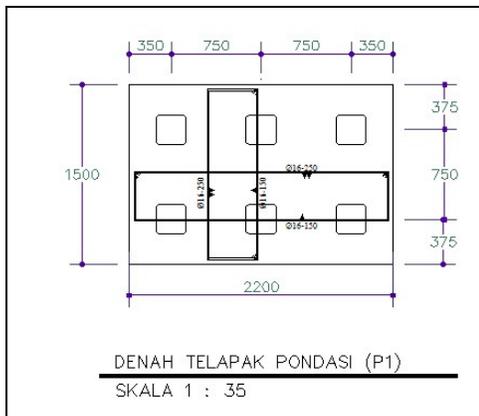
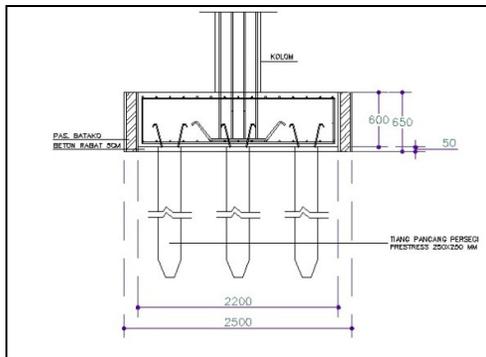
Dari data sondir diketahui bahwa tanah keras letaknya berada pada kedalaman 6 m. Pada kedalaman tersebut dicapai ni-

lai rata-rata penetrasi konus 250 kg/cm² sehingga perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang.

Kemampuan tiang pancang dihitung berdasarkan :

- Kemampuan terhadap kekuatan ba-han tiang
- Kemampuan terhadap kekuatan ta-nah

Kemampuan dari kekuatan tanah didasarkan atas tahanan ujung (*End Bearing Pile*) dan lekatan (*Friction Pile*). Tiang pancang direncanakan dengan dimensi 0,25x0,25 m dengan panjang tiang pancang adalah 6 m.



Gambar 8. Detail Pondasi

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dalam perhitungan perencanaan struktur gedung yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk perhitungan pelat diperoleh tebal plat lantai 120 mm dengan meng-

gunakan tulangan Ø12 mm dengan jarak antar tulangan pada tumpuan dan lapangan yaitu 150 mm. Pada daerah tumpuan digunakan tulangan bagi Ø12-300 mm.

- Untuk perhitungan tangga diperoleh tulangan terpasang pada bordes dan sisi miring adalah D12-150. Digunakan tulangan bagi Ø10-200 mm.
- Untuk perencanaan balok anak 25/35 digunakan tulangan 4D13 dan tulangan sengkang digunakan Ø10-150 mm
- Untuk perencanaan portal balok induk 35/60 digunakan tulangan utama 4D16, tulangan Ø10-150 mm pada sengkang dan puntir.
- Pada kolom digunakan dimensi kolom 50/50 dengan tulangan utama 12D19 mm dan sengkang Ø10-120 mm.
- Untuk pondasi tiang pancang dibagi menjadi 2 tipe dimana setiap tipe diambil contoh yang memiliki momen terbesar sehingga diperoleh :
 - pondasi tipe 1 digunakan tiang pancang dengan dimensi 220x150 mm sebanyak 6 buah dengan tulangan 4D12 mm, panjang tiang 6 m, tulangan poer arah x D16-150 mm dan arah y D16-300mm dengan tebal poer 600 mm
 - pondasi tipe 2 digunakan tiang pancang dengan dimensi 160x160 mm sebanyak 4 buah dengan tulangan 4D12 mm, panjang tiang 6 m, tulangan poer arah x D16-150 mm dan arah y D16-300mm dengan tebal poer 600 mm

Saran

- Perencanaan harus dilakukan perhitungan beberapa kali untuk mendapatkan dimensi struktur yang ekonomis dan memenuhi syarat dari peraturan yang digunakan acuan dalam perhitungan.
- Dalam perhitungan gaya-gaya dalam dengan bantuan software harus dilakukan secara teliti pada setiap langkah pengerjaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Dewobroto, W. 2004. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 2000*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan. 2007. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Pertiwi, I. M. 2009. *Perencanaan Struktur Gedung Kantor Dengan Denah L Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Sari, N. L. P. 2010. *Perencanaan Struktur Gedung Parkir Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Studi Kasus: Gedung Parkir Universitas Udayana Denpasar)*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Vis, W. C., Kusuma, G. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta
- Widiarsa, I. B. R. 2004. *Buku Ajar Struktur Beton Bertulang I*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.