



PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KULIAH FAKULTAS EKONOMI UNNES SEMARANG

Adhitya Pratama, Januar Oni Bagus Amandani, Hardi Wibowo*), Parang Sabdono*)

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

ABSTRAK

Struktur Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi UNNES Semarang didesain dengan mengacu pada SNI 03-2847-2013, SNI 03-1726-2012, dan PPIUG 1987. Metode dynamic response spectrum digunakan dalam menganalisis gempa. Struktur terletak pada kelas situs tanah sedang dan termasuk kedalam Kategori Desain Seismik tipe D, maka gaya gempa pada struktur direncanakan dengan menggunakan konfigurasi struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem rangka berupa rangka yang tersusun dari balok dan kolom, dimana kolom dibuat lebih kuat dari balok (strong column weak beam). Untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur pada pertemuan balok-kolom, maka sendi plastis direncanakan terjadi di balok sedangkan pada kolom sendi plastis hanya terjadi di kolom bagian atas pondasi. Program analisis struktur digunakan untuk membantu pemodelan struktur dan menghitung gaya dalam yang bekerja pada struktur. Material yang digunakan yaitu beton f'_c 30 MPa, sedangkan untuk besi tulangan f_y 400 MPa dan 240 MPa

Kata kunci: SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2013, Desain seismic tipe D, SRPMK, Sendi plastis.

ABSTRACT

The Structure of Economics Faculty Lecture Building of Semarang State University was designed based on SNI 03-2847-2013, SNI 03-1726-2012, and PPIUG 1987. Dynamic Response Spectrum was used in seismic analysis. The structure is located in medium soil classification and the seismic force was calculated according to Seismic Design Criteria type D, so that on the designing phase used frame system method called Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Frame system can be defined as frames contain beam and column, where the columns were designed stronger than the beam (strong column weak beam). To prevent structural failure at the joint, the plastic joints were designed at the beam and for column were at the end of top floor column and column-foundation's joint. A structure analysis program was used to help modeling a frame structure and calculating element internal force. The material use f'_c 30 MPa concrete and f_y 400 MPa for the reinforcement bars.

Keywords: SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2013, Seismic Design Type D, SRPMK, Plastic joint.

PENDAHULUAN

Banyaknya mahasiswa yang masuk universitas dari tahun ke tahun yang semakin tinggi, permasalahan yang muncul juga semakin banyak salah satunya adalah kebutuhan lahan untuk gedung perkuliahan ataupun sarana penunjang perkuliahan itu sendiri. Universitas Negeri Semarang (UNNES) merupakan salah satu perguruan tinggi negeri di Semarang yang sangat diminati, baik oleh pelajar dari kota Semarang sendiri maupun pelajar dari luar kota Semarang. Bertambahnya jumlah mahasiswa Fakultas Ekonomi di Universitas Negeri Semarang (UNNES) berdampak pada perlunya penambahan gedung kuliah untuk menunjang kegiatan perkuliahan. Berdasarkan hal tersebut diatas maka dibangunlah bangunan gedung kuliah untuk Fakultas Ekonomi yang dapat memenuhi kebutuhan perkuliahan di Universitas Negeri Semarang (UNNES) tetapi tidak membutuhkan lahan yang luas karena menggunakan konsep bangunan vertikal yang terdiri dari 6 lantai.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Perencanaan suatu bangunan harus mengacu pada peraturan – peraturan yang berlaku di Indonesia yang sudah disesuaikan dengan keadaan yang ada di Indonesia seperti faktor geografis, sosial, dan ekonomi masyarakat Indonesia. Pada aspek geografis Indonesia merupakan Negara kepulauan yang berada pada pertemuan dua lempeng bumi, hal ini menjadikan Indonesia Negara yang cukup rawan akan terjadi gempa. Pada pembangunan struktur gedung bertingkat tinggi salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah faktor gempa. Berdasarkan faktor ini, maka gedung kuliah fakultas ekonomi UNNES ini direncanakan kuat untuk menahan gaya gempa.

Dasar Perencanaan

Dasar – dasar yang digunakan dalam perencanaan gedung kuliah fakultas ekonomi UNNES ini adalah:

1. Struktur gedung terletak di zona gempa Kota Semarang.
2. Struktur direncanakan menggunakan metode sistem rangka gedung dengan konfigurasi keruntuhan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan menggunakan konsep *strong column-weak beam*.
3. Analisis gaya – gaya dalam pada struktur gedung menggunakan program SAP2000 v14.

Dasar Perhitungan dan Pedoman Perencanaan

Dalam perencanaan struktur gedung kuliah ini, pedoman peraturan serta buku acuan yang digunakan antara lain:

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).

2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012).
3. Pedoman Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983).
4. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 (PPIUG 1987).
5. Peraturan-peraturan lain yang relevan.

Konsep Pemilihan Jenis Struktur

Perencanaan struktur gedung umumnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu perencanaan struktur bawah (*sub structure*) dan perencanaan struktur atas (*upper structure*). Struktur gedung kuliah ini terdiri dari beberapa elemen struktur yang dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu:

1) Struktur primer

Pada perencanaan struktur gedung digunakan kolom dan balok sebagai elemen–elemen primer struktur. Balok merupakan struktur yang berfungsi memikul beban yang diterima oleh pelat dan meneruskannya ke kolom yang dibebani secara aksial oleh balok dan mentransfer beban tersebut ke pondasi dan tanah.

2) Struktur sekunder

Struktur sekunder sebagai satu kesatuan dari struktur gedung yang dirancang hanya menerima gaya lentur saja dan tidak dirancang untuk menerima gaya lateral akibat gempa, sehingga dalam perhitungan analisisnya dihitung secara terpisah dengan struktur primer. Struktur sekunder diantaranya adalah balok anak, tangga, pelat lantai, dan balok lift.

Konsep Pembebanan

Jenis Pembebanan

Mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 (PPIUG 1987), jenis pembebanan yang dipakai dalam perencanaan struktur gedung kantor ini adalah:

A. Beban statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap, baik besarnya atau intensitasnya, titik tempat bekerjanya, dan arah garis kerjanya. Jenis – jenis beban statis menurut pedoman Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 adalah sebagai berikut:

1) Beban mati (*Dead load*)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian – penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

2) Beban hidup (*Live load*)

Beban hidup untuk bangunan lantai sekolah, perkantoran, hotel, asrama, pasar, rumah sakit = 250 kg/m^2

B. Beban dinamik

Beban dinamik adalah beban yang berubah - ubah dengan variasi perubahan intensitas beban menurut fungsi waktu yang cepat. Beban dinamik ini terdiri dari beban gempa dan beban angin.

Kombinasi Pembebanan

Pada peraturan SNI 03-1726-2012, disebutkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Disebutkan struktur lainnya dirancang menggunakan kombinasi pembebanan, kombinasi-kombinasi tersebut diantaranya:

- 1) $U : 1,4D$
- 2) $U : 1,2D + 1,6L$
- 3) $U : 1,2D + 1,0L + 1,0 (I/R) E_x + 0,3 (I/R) E_y$
- 4) $U : 1,2D + 1,0L + 0,3 (I/R) E_x + 1,0 (I/R) E_y$

Dimana :

D : beban mati

L : beban hidup

E: beban gempa

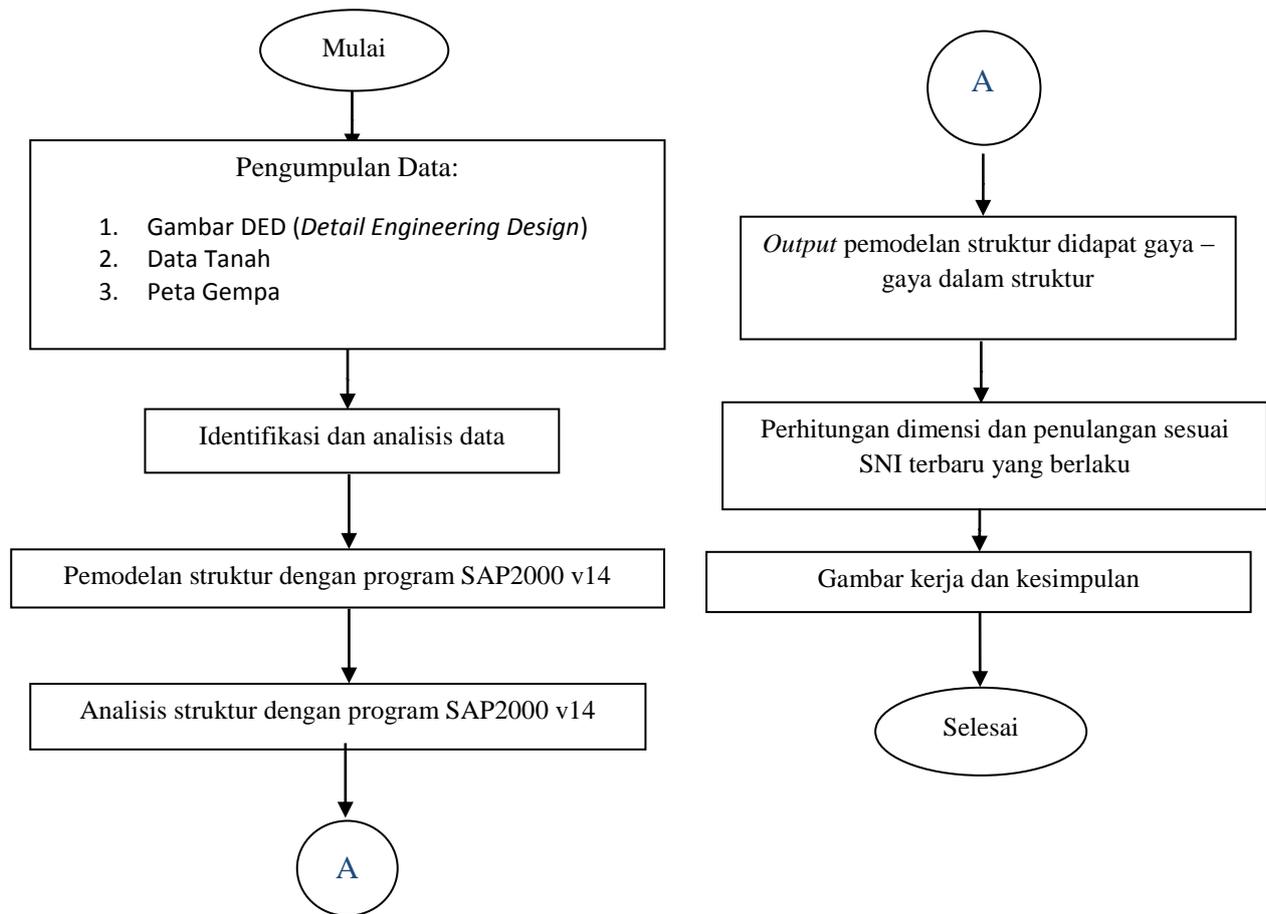
R: faktor reduksi

I: faktor keutamaan gedung

METODOLOGI

Metode Analisis

Tahapan – tahapan dalam perencanaan gedung ini diperlihatkan pada gambar 1 bagan alir di bawah ini



Gambar 1. Bagan Alir Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi UNNES

Data Sekunder

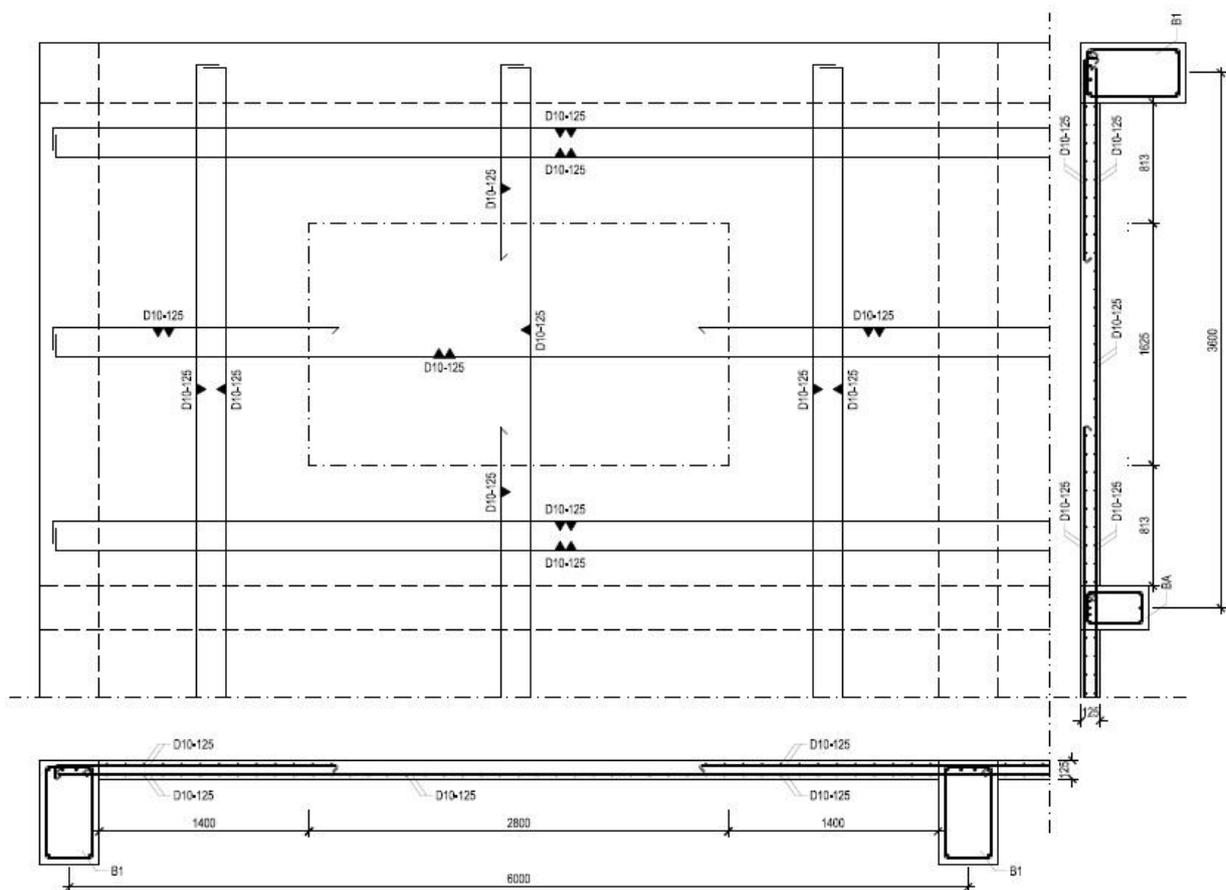
Data-data yang digunakan dalam pembuatan Tugas Akhir secara garis besar terdiri dari:

- 1) Gambar rencana
- 2) Data bangunan:
 - a) Zona Gempa : Zona Gempa Semarang
 - b) Jumlah Lantai : 6 lantai
 - c) Struktur Bangunan : Beton bertulang
 - d) Struktur Pondasi : Pondasi tiang pancang
 - e) Spesifikasi Material :
 1. Beton struktur : $f_c' 30$
 2. Baja (f_y)
 - Tulangan Polos : 240 MPa
 - Tulangan Ulir : 400 MPa
- 3) Data Tanah

PERENCANAAN

Perencanaan Pelat lantai

Menentukan syarat-syarat batas dan bentang pelat adalah langkah awal dalam perencanaan plat. Kemudian dapat ditentukan apakah plat lantai termasuk *one way slab* atau *two way slab* dan juga dapat menentukan tebal pelat. Langkah selanjutnya adalah menghitung beban yang bekerja pada pelat, berupa beban mati dan beban hidup, yg menghasilkan momen plat lantai yang dihitung sesuai ketentuan pada buku CUR IV karya Gideon. Untuk selanjutnya menghitung kebutuhan diameter tulangan dan jarak antar tulangan plat. Dari hasil perhitungan didapat tulangan arah x D10-125 dan arah y D10-125, penulangan arah x dan y sama karena rasio penulangan menggunakan ρ_{min} 0,0058. Detail penulangan dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Detail Penulangan Plat

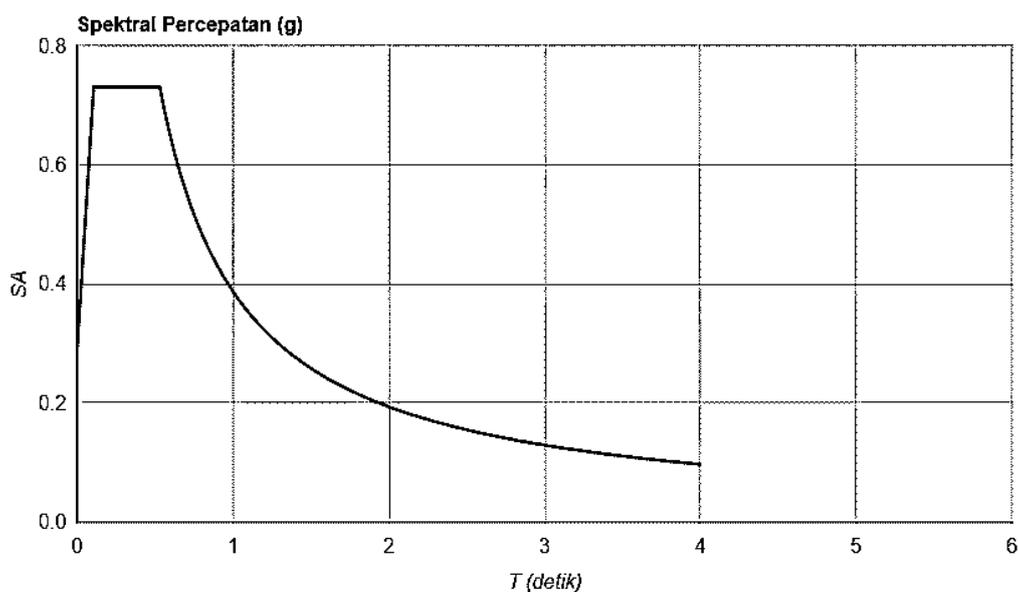
Perencanaan Tangga

Perhitungan tangga dibagi menjadi dua yaitu perhitungan plat tangga dan plat bordes. Langkah perhitungannya adalah dengan menghitung rasio tulangan kemudian dibandingkan dengan rasio minimum dan maksimum. Langkah selanjutnya adalah menentukan luas kebutuhan tulangan dengan mengalikan $\rho \times b \times d_x$ setelah luas tulangan yang dibutuhkan didapat, maka dapat dihitung spasi tulangan. Hasil perhitungan tulangan plat bordes adalah arah x D13-175

dan arah y D13-175, penulangan plat bordes arah x dan y sama karena rasio penulangan menggunakan ρ_{\min} 0,0058. Sedangkan untuk penulangan plat tangga adalah arah x D13-150 dan arah y D13-175.

Portal

Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada SNI 03-1726-2012, dimana analisis struktur gedung bertingkat tinggi dilakukan dengan metode analisis Dinamik Spektrum Respons. Langkah untuk menentukan konfigurasi sistem rangka pemikul momen diawali dengan menentukan kategori resiko struktur gedung terhadap pengaruh gempa. Acuan dari langkah ini adalah fungsi bangunan gedung itu sendiri seperti halnya gedung kuliah yang berkategori resiko IV. Langkah berikutnya adalah menentukan faktor keutamaan gempa dari struktur gedung, yakni dengan merujuk pada SNI-03-1726-2012 tabel 2 yang menyatakan bahwa struktur gedung yang berkategori resiko IV memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) yang bernilai 1,5. Langkah selanjutnya adalah menentukan kategori desain seismik dilihat dari nilai SD_s dan SD_1 berdasarkan wilayah zona gempa. Dengan mendapatkan nilai S_s dan S_1 , mengalikan dengan F_a dan F_1 , akan didapatkan nilai S_{ms} dan S_{m1} yang selanjutnya dikalikan dengan $2/3$ sehingga didapatkan nilai S_{ds} 0,73g dan SD_1 0,387g. Merujuk pada SNI 03-1726-2012 tabel 6 dan 7 menyatakan bahwa nilai $SD_s > 0,5$ dan $SD_1 > 0,2$ berkategori desain seismik D. Dari SNI 03-1726-2012 tabel 9 didapatkan bahwa struktur gedung dengan kategori seismik D harus direncanakan menggunakan konfigurasi sistem rangka pemikul momen khusus. Dari table 9, kita juga mendapatkan nilai koefisien respon (R) yaitu sebesar 8 untuk sistem rangka pemikul momen khusus. Hasil grafik spektrum respons percepatan desain adalah seperti Gambar 3 berikut :



Gambar 3 Grafik Spektrum Hasil Hitungan Manual

Balok Induk

Balok Induk merupakan elemen horizontal dari struktur dan direncanakan untuk menerima lentur yang terjadi pada struktur. Pada perencanaan balok induk menggunakan dimensi tinggi diperkirakan $h = (1/15-1/10) L$ dan lebar diambil $b = (1/2 - 2/3) h$. Kondisi ini diambil menurut Vis dan Gideon, 1997. Balok harus memikul beban gempa dengan perencanaan lentur momen ultimit (M_u) < momen nominal (M_n) pada daerah tumpuan dan lapangan balok. Kuat lentur maksimum (M_{pr}) pada daerah 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 plastis balok yaitu pada penampang

kritis dengan jarak $2h$ dari tepi balok. Gaya geser terfaktor pada muka tumpuan dihitung sebagai berikut :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n} \pm \frac{w_u x l_n}{2}$$

Dimana :

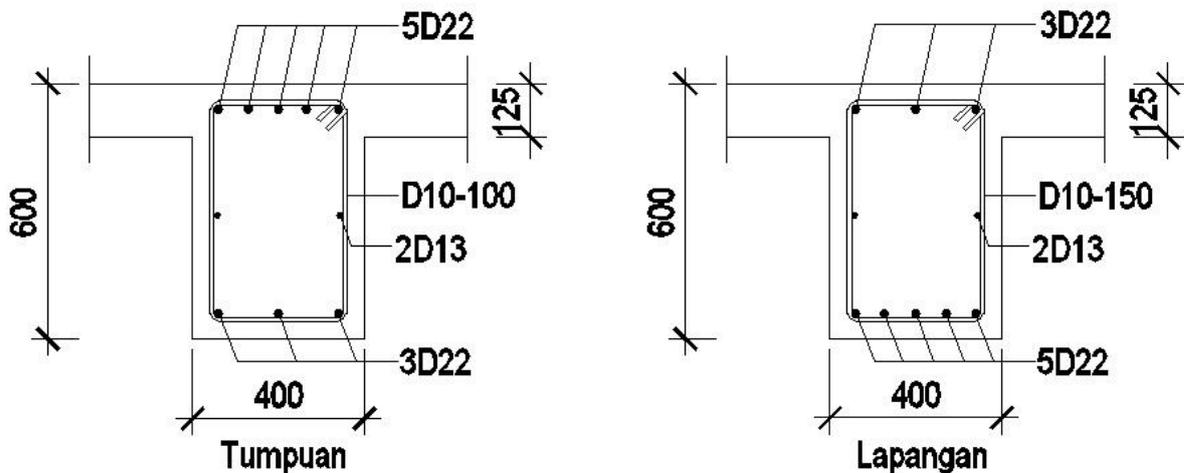
V_e : Gaya geser akibat sendi plastis diujung-ujung balok (kN)

M_{pr} : kekutan lentur mungkin komponen struktur (kNm)

W_u : Gaya geser terfaktor (kN)

L_n : Panjang bentang bersih (m)

Dari hasil perhitungan didapatkan tulangan utama 5D22 untuk tulangan tarik dan 3D22 untuk tulangan tekan, sengkang D10-100 untuk tumpuan dan D10-150 untuk lapangan pada dimensi balok 400 mm x 600 mm. Untuk detail penulangan dapat dilihat pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Detail Penulangan Balok Induk

Perencanaan Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 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 $0,1.A_g.f'_c$, maka komponen elemen struktur tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

1. Komponen struktur memikul gaya tekan aksial terfaktor tidak kurang dari $0,1.A_g.f'_c$
2. Dimensi sisi terpendek tidak kurang dari 300 mm
3. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap sisi tegak lurus tidak kurang dari 0,40

Kolom direncanakan lebih kuat daripada balok (*strong coloumn weak beam*). Kolom ditinjau terhadap portal bergoyang atau tidak bergoyang, serta ditinjau terhadap kelangsingan. Kuat

lentur kolom dihitung berdasarkan desain kapasitas *strong coloumn weak beam* yaitu sebagai berikut :

$$\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_g$$

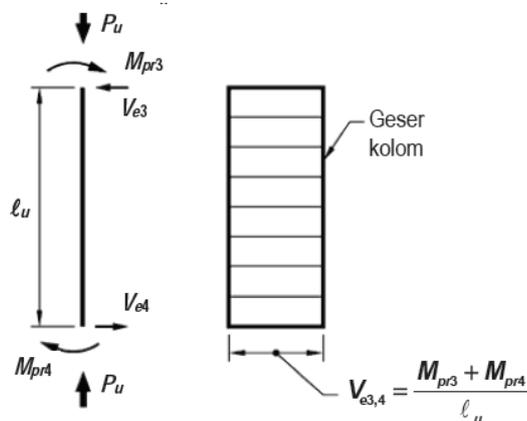
Dimana :

ΣM_c : Momen nominal kolom

ΣM_g : Momen nominal balok

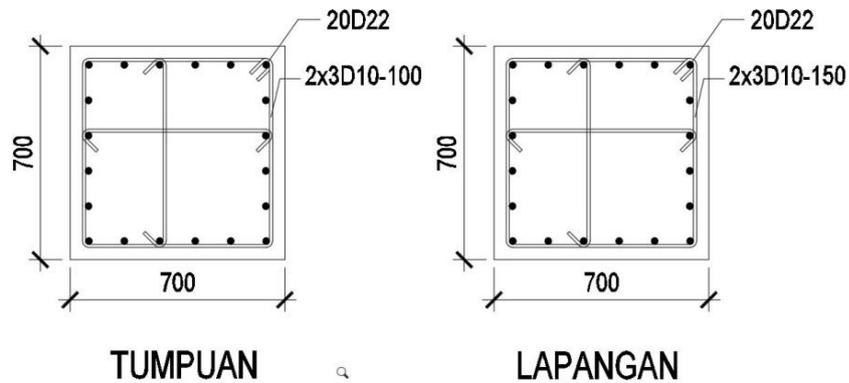
Kuat geser kolom SRPMK terjadi sendi-sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut.

Pada perencanaan kolom, gaya geser didapat dengan menjumlahkan M_{pr} kolom atas dengan M_{pr} kolom bawah dibagi dengan tinggi bersih kolom. Gaya geser tidak perlu diambil lebih besar dari gaya geser rencana dari kuat hubungan balok kolom berdasarkan M_{pr} balok, dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur. Diagram gaya geser rencana kolom dapat dilihat padaa Gambar 5 berikut ini :



Gambar 5. Diagram Gaya Geser Kolom

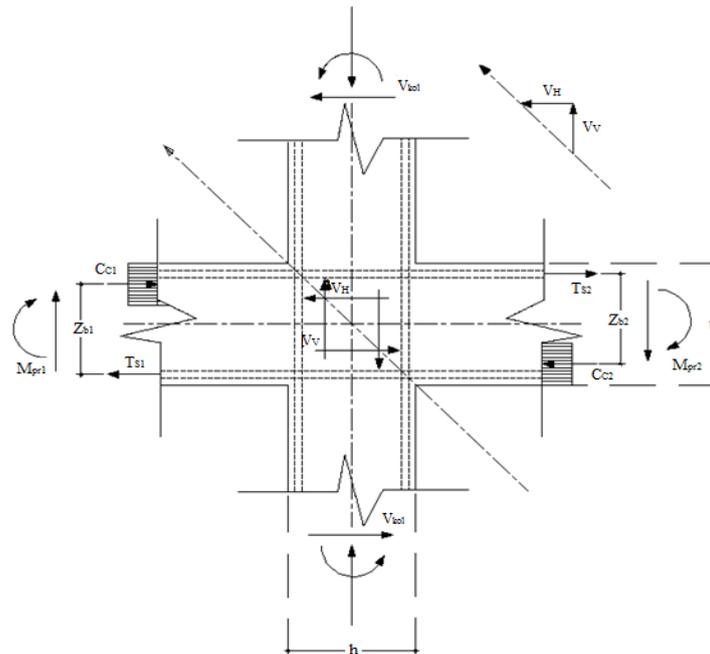
Dari perhitungan, didapatkan tulangan utama 20D22 dan sengkang 6D10-100 untuk daerah tumpuan dan 6D10-150 untuk daerah lapangan. Detail penulangan kolom dapat dilihat pada Gambar 6 berikut :



Gambar 6. Detail Penulangan Kolom

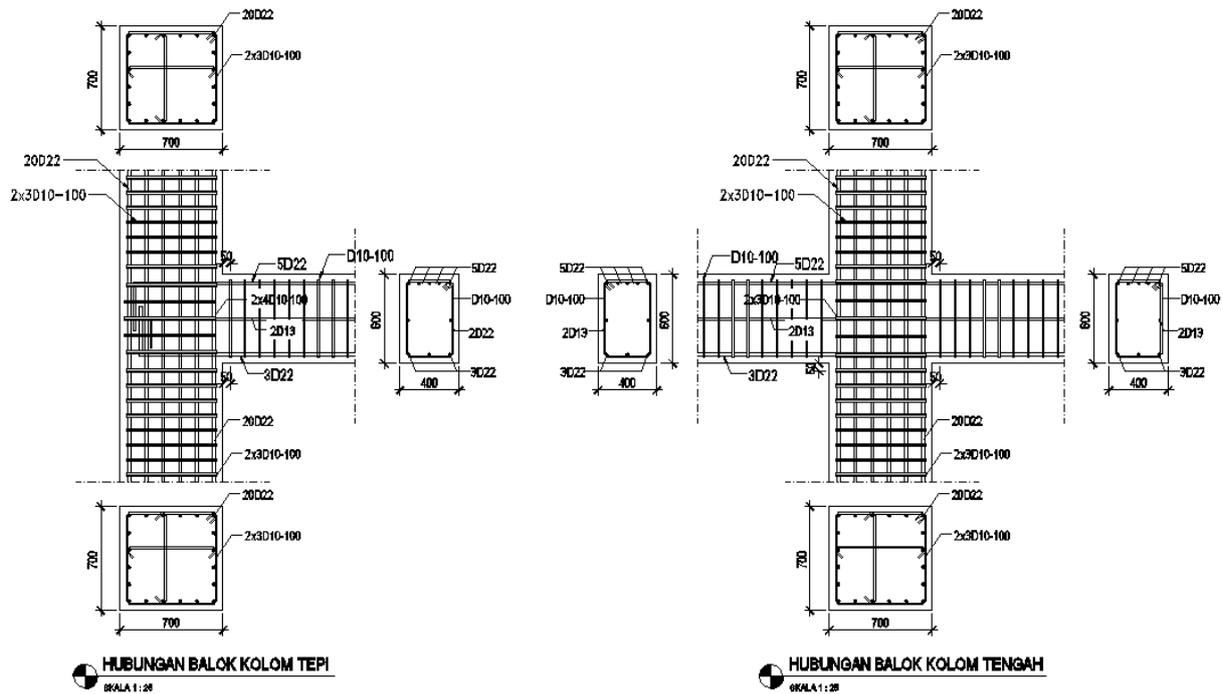
Perencanaan Hubungan Balok-Kolom

Hubungan balok-kolom atau *beam-column joint* mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hal ini dikarenakan *joint* yang menghubungkan balok dengan kolom akan sangat sering menerima gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom secara bersamaan. Hal ini dapat mengakibatkan *joint* yang mempertemukan balok dan kolom menjadi tidak kuat dan cepat runtuh. Maka dari itu diperlukan tulangan pengekang untuk mampu menerima dan menyalurkan gaya-gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom, sehingga konsep SRPMK terpenuhi. Dapat kita lihat *freebody* diagram gayanya pada gambar 7 berikut ini :



Gambar 7. Gaya-gaya yang Bekerja pada Hubungan Balok-Kolom

Dari hasil perhitungan dirancang tulangan 6D10-100. Detail penulangan hubungan balok-kolom dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Detail Hubungan Balok-Kolom

Perencanaan Pondasi

Struktur bawah / pondasi suatu bangunan harus diperhitungkan terhadap gaya aksial, geser, dan momen lentur. Pada struktur bawah gedung Fakultas Ekonomi UNNES ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang dan *pile cap*.

1. Perhitungan daya dukung pondasi

Pada perhitungan ini meninjau kapasitas daya dukung tanah dengan membandingkan 3 metode perhitungan, antara lain: berdasarkan bahan tiang didapat $Q_{all} = 1115$ kN, berdasarkan hasil bor log $Q_{all} = 1359,93$ kN, berdasarkan uji sondir $Q_{all} = 1159,71$ kN. Maka diambil Q_{all} terkecil yaitu dari bahan tiang sebesar 1115 kN, dengan diameter *pile* 400 mm.

2. Perhitungan jumlah tiang dan *pile cap*

Dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 dengan menggunakan kombinasi pembebanan 1DL + 1LL didapat nilai gaya-gaya dalam dan diambil gaya aksial terfaktor terbesar. Berdasarkan perhitungan didapat kebutuhan tiang 4 buah, 3 buah dan 2 buah.

3. Kontrol gaya lateral

Berdasarkan analisis struktur diketahui tiang pancang menerima gaya lateral $H_u = 36,87$ kN. Dari perhitungan metode *broums* didapat momen untuk menentukan tegangan akibat gaya lateral. Karena $\sum \sigma$ tekan Atas ($95,13$ Kg/cm² < $0,6 f_c$ (180 Kg/cm²) dan $\sum \sigma$ tekan

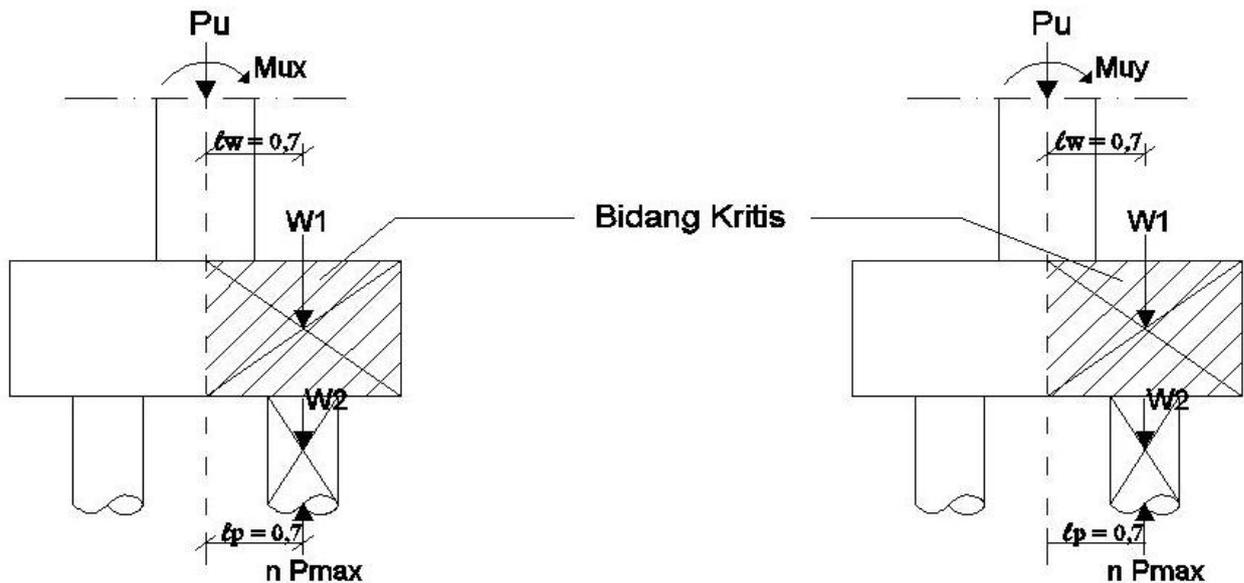
Bawah ($92,56 \text{ Kg/cm}^2$) < $0,6 f_c$ (180 Kg/cm^2) maka tiang pancang dinyatakan aman terhadap gaya lateral

4. Cek geser pons

Perhitungan geser pons adalah untuk mengetahui apakah tebal *pile cap* cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Berdasarkan perhitungan didapatkan $V_c = 6024217,836 \text{ kN}$. Karena $P_u = 2987871 \text{ N} \leq \phi V_c = 4518163,377 \text{ N}$ maka tebal *pile cap* cukup.

5. Perhitungan tulangan *pile cap*

Kebutuhan tulangan *pile cap* dilakukan seperti pada perhitungan tulangan beton bertulang lainnya. Momen yang digunakan dalam perencanaan *pile cap* didapatkan dengan skema seperti gambar 9, maka didapatkan momen $M_{ux} = 677,01 \text{ kN.m}$ dan $M_{uy} = 677,01 \text{ kN.m}$. Sehingga dari hasil perhitungan digunakan tulangan D22-150 pada daerah tarik dan D22-300 pada daerah tekan



Gambar 9. Skema Perhitungan Tulangan *pile cap*

PENUTUP

Kesimpulan

Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.2.5.5, Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Semarang (UNNES), termasuk dalam kategori desain seismic tipe D, sehingga di desain menggunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). 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.

Saran

Untuk bangunan bertingkat yang berada pada daerah rawan gempa, sebaiknya didesain menggunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), hal ini bertujuan agar diperoleh sifat struktur daktail, sehingga apabila terjadi gempa yang kuat, struktur masih bisa berdiri (tidak terjadi keruntuhan) dan kemungkinan jatuhnya korban jiwa masih bisa dihindari. Dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa, deformasi struktur menjadi sangat penting dan tidak dapat diabaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional.2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung* (SNI 03-1726-2012). Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional.2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2013). Bandung: BSN.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983.*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Kusuma, Gideon. 1995. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Seri Beton 4*. Jakarta: Erlangga.
- Christady, Hary. 2010.*Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Christady, Hary. 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Chu Kia Wang, Charles G.Salmon, dan Binsar Hariandja (ed.). 1993. *Desain Beton Bertulang*. Jilid I.Jakarta: Erlangga.
- Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga