

## PERENCANAAN KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG ENAM LANTAI

Ahmad Andi Bayu Mahendra<sup>1</sup>, Mochamad Ridwan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

Email : [ahmadandibayumahendra@gmail.com](mailto:ahmadandibayumahendra@gmail.com)

### Abstrak

Struktur gedung politeknik pascasarjana dirancang dengan mengacu pada standar SNI 03-2847-2002, SNI 03-1726-2012, SNI 03-1729-2015 dan PPIUG 1987. Metode spektrum digunakan dalam analisis respon dinamik seismik. SRPMK) karena struktur termasuk dalam kategori desain seismik tipe D. Sistem rangka adalah rangka yang dibentuk oleh balok dan pilar, dimana pilar dibuat lebih tahan dari pada balok (balok kuat, balok lemah). Untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur pada sambungan balok-kolom, sendi plastis disediakan pada balok sedangkan pada kolom, sendi plastis hanya terjadi pada kolom di bagian atas pondasi. pemodelan dan perhitungan gaya dalam yang bekerja pada struktur adalah SAP 2000. Material yang digunakan adalah beton  $f_c$  30 MPa, sedangkan untuk baja tulangan  $f_y$  400 MPa dan 240 MPa.

**Kata kunci:** SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2002, Desain seismic tipe D, SRPMK, Sendi plastis

### Abstract

*The Structure of Postgraduate of Poltekes was designed based on SNI 03-2847-2002, SNI 03-1726-2012, SNI 03-1729-2015, and PPIUG 1987. Dynamic Response Spectrum was used in seismic analysis. 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 which used to help modeling a frame structure and calculating element internal force is SAP 2000. The material used was  $f_c$  30 Mpa concrete,  $f_y$  400 Mpa and 240 Mpa for the reinforcement bars.*

**Keywords:** SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2002, Seismic Design Type D, SRPMK, Plastic joint

## I. PENDAHULUAN

Jumlah mahasiswa yang terdaftar di Universitas terus meningkat dari tahun ke tahun, termasuk mahasiswa pascasarjana. Hal ini juga menimbulkan persoalan baru yaitu perlunya kampus akan gedung konferensi yang menampung mahasiswa dengan fasilitas yang baik untuk menunjang konferensi itu sendiri. Berdasarkan hal tersebut, telah dibangun gedung perkuliahan bagi mahasiswa pascasarjana yang dapat memenuhi kebutuhan perkuliahan.

## II. BAHAN DAN METODOLOGI

### 2.1 Gambaran Umum

Perencanaan suatu bangunan harus mengacu pada peraturan yang berlaku di Indonesia yang telah disesuaikan dengan kondisi yang ada di Indonesia seperti faktor geografis, sosial dan ekonomi masyarakat Indonesia. Secara geografis, Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan dua lempeng bumi, hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara yang cukup rawan gempa.

Bangunan bertingkat tinggi menghadirkan risiko gaya seismik yang besar. Semakin tinggi suatu struktur bangunan, semakin besar pula deformasi lateral struktur akibat gaya gempa. Oleh karena itu, pertimbangan kekakuan dan kekuatan struktur sangat menentukan dalam perencanaan dan perhitungan desain struktur gedung bertingkat.

Bangunan ini dirancang sebagai struktur yang ulet untuk tujuan keselamatan, yaitu jika terjadi gempa besar, struktur tersebut tidak akan runtuh. Beban seismik yang tidak dapat diprediksi merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan dalam perancangan bangunan bertingkat tinggi, sehingga perlu memahami regulasi seismik dan beton, yaitu SNI 03-1726-2012 [1] dan SNI 03-2847-2002.

### 2.2 Dasar Perencanaan

Rencana Pembangunan adalah:

- 1) Struktur bangunan terletak di zona seismik kota Surabaya
- 2) Struktur direncanakan menggunakan metode sistem rangka struktur dengan konfigurasi keruntuhan Sistem Rangka

Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan menggunakan konsep balok kuat-kolom lemah.

- 3) Analisis gaya-gaya dalam pada struktur gedung menggunakan program SAP2000 v14.

### 2.3 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].
- 2) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012) [1].
- 3) Gedung (SNI 03-1726-2012) [1].
- 4) Pedoman Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) [6].
- 5) Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 (PPIUG 1987).
- 6) Peraturan-peraturan lain yang relevan

### 2.4 Konsep Pemilihan Jenis Struktur

Perencanaan struktur gedung biasanya terdiri dari dua bagian utama, yaitu perencanaan struktur bawah dan perencanaan struktur atas. Struktur gedung konferensi ini terdiri dari beberapa elemen struktur yang dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- 1) Struktur primer  
Saat merencanakan struktur bangunan, kolom dan balok digunakan sebagai elemen utama struktur. Balok adalah suatu struktur yang berfungsi untuk menopang beban yang diterima oleh pelat dan meneruskannya ke kolom yang dibebani secara aksial oleh balok dan menyalurkan beban tersebut ke pondasi dan tanah.
- 2) Struktur sekunder  
Struktur sekunder sebagai bagian integral dari struktur bangunan dirancang untuk menerima gaya lentur saja dan tidak dirancang untuk menerima gaya lateral akibat gempa, sehingga dalam perhitungan analisis dihitung secara terpisah dari struktur primer. Struktur sekunder termasuk balok, tangga, pelat lantai dan balok pengangkat

**2.5 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<sup>2</sup>.

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

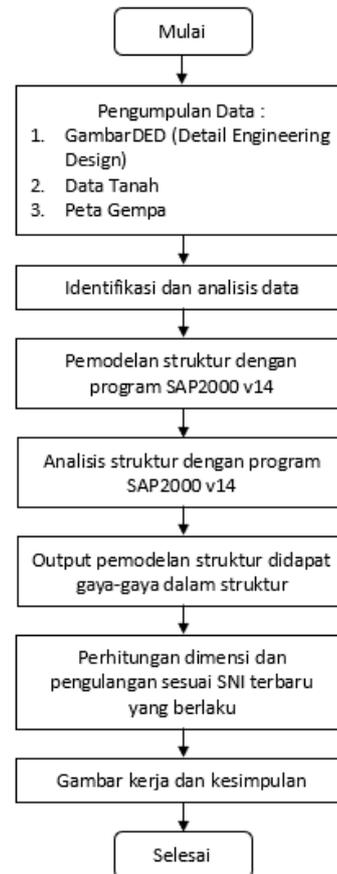
Dimana :

- D = beban mati
- L = beban hidup
- E = beban gempa
- R = faktor reduksi
- I = faktor keutamaan gedung

**III. METODOLOGI**

**3.1 Metode Analisis**

Tahapan-tahapan dalam perencanaan gedung ini diperlihatkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bagan Alir

**3.2 Data Sekunder**

Data-data yang digunakan secara garis besar terdiri dari :

- 1) Gambar rencana
- 2) Data bangunan :
  - a. Zona Gempa = Zona Gempa Surabaya
  - 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

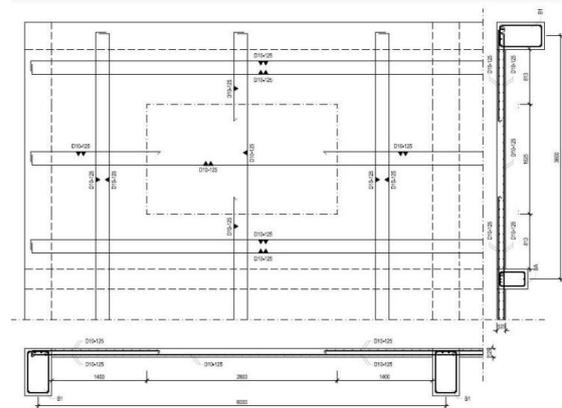
#### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Perencanaan Tangga

Perhitungan tangga terbagi menjadi dua yaitu perhitungan plat tangga dan plat pendaratan. Langkah perhitungannya terdiri dari menghitung rasio tulangan kemudian membandingkannya dengan rasio minimum dan maksimum. Langkah selanjutnya adalah menentukan luas tulangan yang dibutuhkan dengan cara mengalikan  $x$   $b$   $d_x$  setelah luas tulangan yang dibutuhkan diperoleh, maka dapat dihitung jarak tulangan. Hasil perhitungan tulangan landing plate arah x D13-175 dan arah y D13-175, tulangan landing plate arah x dan y sama karena perkuatan rasio menggunakan  $p_{min}$  0,0058. Sedangkan untuk tulangan pelat tangga arah x adalah D13-150 dan arah y adalah D13-175.

##### 4.2 Perencanaan Pelat Lantai

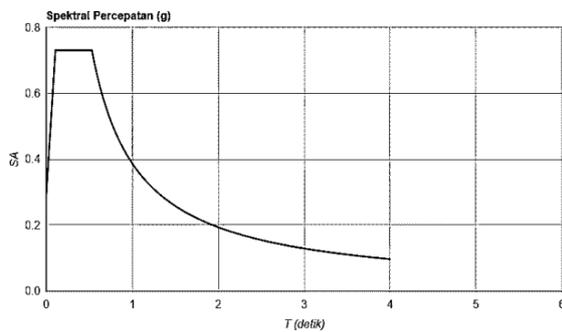
Menentukan kondisi batas dan bentang pelat adalah langkah pertama dalam perencanaan pelat. Kemudian dapat ditentukan apakah pelat lantai tersebut terdiri dari pelat satu arah atau pelat dua arah dan juga dapat ditentukan tebal pelat tersebut. Langkah selanjutnya adalah menghitung beban yang bekerja pada pelat, berupa beban mati dan beban hidup, yang memberikan momen pelat lantai yang dihitung menurut ketentuan buku CUR IV Gideon. Untuk menghitung lebih detail diperlukan diameter tulangan dan jarak antar pelat tulangan. Dari hasil perhitungan tulangan arah x adalah D10-125 dan arah y adalah D10-125, tulangan arah x dan y sama karena rasio tulangan menggunakan  $p_{min}$  0,0058. Detail tulangan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Detail Penulangan Plat

##### 4.3 Evaluasi Beban Gempa

Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada SNI 03-1726-2012, dimana analisis struktur gedung bertingkat dilakukan dengan menggunakan metode analisis dinamik respon spektrum. Tahapan penentuan konfigurasi sistem rangka pemikul momen dimulai dengan penentuan kategori risiko struktur gedung terhadap pengaruh gempa. Acuan tahap ini adalah fungsi gedung itu sendiri serta gedung pertemuan yang tergolong risiko IV. Langkah selanjutnya adalah menentukan faktor prioritas gempa dari struktur gedung, khususnya dengan mengacu pada Tabel 2 SNI 03-1726-2012 yang menyatakan bahwa struktur gedung dengan kategori risiko IV memiliki faktor prioritas gempa ( $I_e$ ) yaitu sama dengan 1,5. Langkah selanjutnya adalah menentukan kategori desain seismik bangunan dilihat dari nilai SDS dan SD1 berdasarkan zona zona seismik. Dengan mengambil nilai  $S_s$  dan  $S_1$  dan mengalikan dengan  $F_a$  dan  $F_1$ , kita akan memperoleh nilai  $S_M$  dan  $S_{M1}$  yang kemudian akan dikalikan  $2/3$  sehingga nilai  $SDS = 0.79g$  dan  $SD1 = 0.41g$  diperoleh. Mengacu pada SNI 03-1726-2012, Tabel 6 dan 7 menunjukkan bahwa  $SDS > 0.5$  dan  $SD1 > 0.2$  diklasifikasikan sebagai Desain Seismik D. Dari 03-1726-2012, Tabel 9, ditemukan bahwa struktur gedung dengan kategori desain seismik D dapat direncanakan dengan menggunakan konfigurasi sistem rangka pemikul momen khusus. Dari Tabel 9, penulis juga mendapatkan nilai koefisien respon ( $R$ ) yaitu 8 untuk sistem rangka pemikul momen khusus. Hasil grafik spektrum respon percepatan desain adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.** Grafik Spektrum Hasil Hitungan Manual

#### 4.4 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.

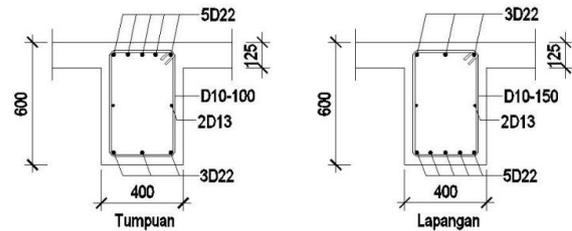
$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n} \pm \frac{w_u x l_n}{2}$$

Dimana :

- $V_e$  = Gaya geser akibat sendi plastis diujung-ujung balok (kN)
- $M_{pr}$  = Kekuatan lentur mungkin komponen struktur (kNm)
- $W_u$  = Gaya geser terfaktor (kN)
- $l_n$  = Panjang bentang bersih (m)

Berdasarkan hasil perhitungan, tulangan utama adalah 5D22 untuk tulangan tarik dan 3D22 untuk tulangan tekan, D10-100 untuk tumpuan dan D10-150 untuk bidang pada balok berdimensi 400 mm x 600mm. Untuk

lebih jelasnya tentang perkuatan, lihat Gambar 4 di bawah ini:



**Gambar 4.** Detail Penulangan Balok Induk

#### 4.5 Perencanaan Kolom

Berdasarkan pasal 23.4 SNI 2847-2013 dijelaskan bahwa untuk komponen struktur dalam perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), yang menahan gaya akibat beban gempa dan menerima beban gaya aksial berbobot lebih besar dari  $0,1 A_g \cdot f_c$ , Elemen struktur harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Komponen struktur memikul gaya tekan aksial terfaktor tidak kurang dari  $0,1 A_g \cdot f_c'$
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 column weak beam*). Kolom ditinjau terhadap portal bergoyang atau tidak bergoyang, serta ditinjau terhadap kelangsingan. Kuat lentur kolom dihitung berdasarkan desain kapasitas *strong column weak beam* sebagai berikut :

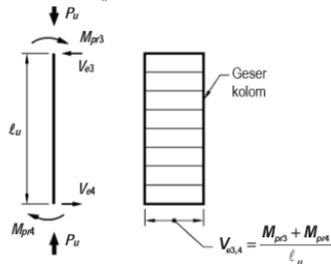
$$\Sigma M_c \geq 1,2 \Sigma M_g$$

Dimana :

- $\Sigma M_c$  = Momen nominal kolom
- $\Sigma M_g$  = Momen nominal balok

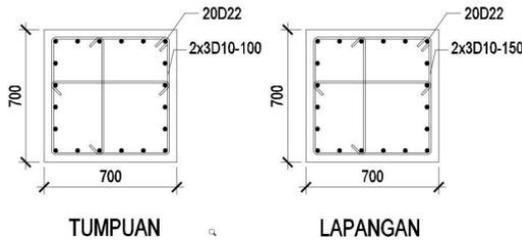
Tahanan geser kolom SRPMK terjadi pada sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom. Dalam desain kolom, gaya geser diperoleh dengan menambahkan  $M_{pr}$  kolom atas ke  $M_{pr}$  kolom bawah dibagi dengan tinggi bersih kolom. Geser tidak perlu lebih besar dari geser desain hubungan balok-kolom berdasarkan  $M_{pr}$  balok, dan tidak perlu lebih kecil dari geser terfaktor yang dihasilkan dari analisis struktur geser. Diagram gaya geser

desain kolom ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah 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 :

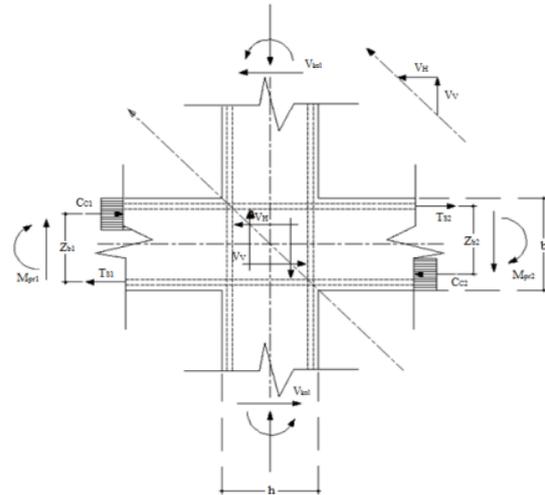


**Gambar 6.** Detail Penulangan Kolom

#### 4.6 Perencanaan Hubungan Blok-Kolom

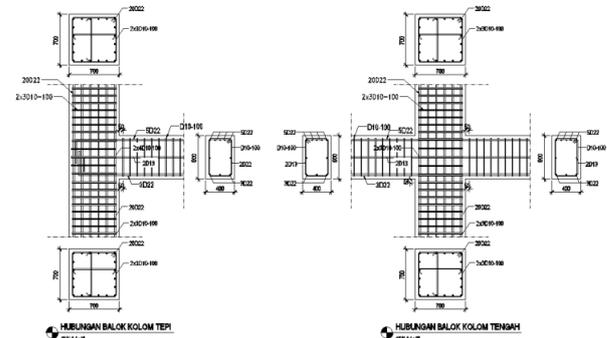
Hubungan balok-kolom atau sambungan balok-kolom memegang peranan yang sangat penting dalam perencanaan struktur gedung bertingkat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Memang, sambungan yang menghubungkan balok ke kolom akan sangat sering menerima gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom secara bersamaan. Hal ini dapat melemahkan dan dengan cepat meruntuhkan sambungan yang menghubungkan balok dan tiang. Oleh karena itu, rebar diperlukan untuk dapat menerima dan menyalurkan gaya-gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom, sehingga konsep SRPMK dihormati. Kita dapat melihat diagram benda

bebas dari gaya pada Gambar 7 di bawah 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

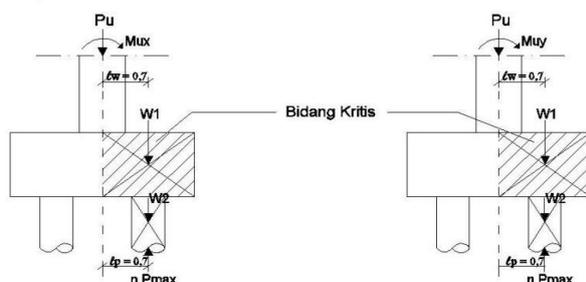
#### 4.7 Perencanaan Pondasi

Substruktur/pondasi suatu bangunan harus dipertimbangkan terhadap gaya aksial, momen geser dan momen lentur. Pada struktur bawah gedung pasca sarjana direncanakan akan menggunakan pondasi tiang pancang dan tiang pancang. Perhitungan daya dukung pondasi

1. 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 pancang dan tiang pancang Dari hasil analisa menggunakan program SAP2000 menggunakan kombinasi beban 1DL+1LL didapatkan nilai gaya dalam dan diambil gaya aksial terfaktor terbesar. Berdasarkan perhitungan yang didapat, kebutuhan sebanyak 4 tiang, 3 buah dan 2 buah..
3. Kontrol gaya lateral  
Berdasarkan analisis struktur diketahui bahwa tiang menerima gaya lateral  $H_u = 36,87$  kN. Dari perhitungan metode Broums didapatkan momen untuk menentukan tegangan akibat gaya lateral. Karena tekan Atas ( $95,13 \text{ Kg/cm}^2 < 0,6 f_c$  ( $180 \text{ Kg/cm}^2$ ) dan tekan Bawah ( $92,56 \text{ Kg/cm}^2 < 0,6 f_c$  ( $180 \text{ Kg/cm}^2$ ) maka tiang 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  $V_c = 6024217,836$  kN. Karena  $P_u = 2987871 \text{ N}$   $\phi V_c = 4518163,377$  N maka tebal pile cap cukup.
5. Perhitungan tulangan pile cap  
Persyaratan tulangan pile cap dilakukan seperti pada perhitungan tulangan beton bertulang lainnya. Momen yang digunakan dalam perencanaan pile head diperoleh dengan diagram seperti Gambar 9, maka didapatkan momen  $M_{ux} = 677,01$  kN.m dan  $M_{uy} = 677,01$  kN.m. Sehingga dari hasil perhitungan digunakan tulangan D22-150 pada zona tarik dan D22-300 pada zona tekan.



**Gambar 9.** Skema Perhitungan Tulangan Pile Cap

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.2.5.5, gedung ini termasuk dalam desain seismik tipe D, sehingga desainnya menggunakan struktur rangka tahan momen khusus (SRPMK). Perencanaan dan perhitungan analisis struktur seismik sesuai dengan peraturan terbaru yaitu SNI 03-1726-2012, semua elemen bangunan dapat dibentuk menjadi satu kesatuan sistem struktur.

### 5.2 Saran

Untuk bangunan gedung bertingkat yang terletak di daerah rawan gempa sebaiknya dirancang menggunakan struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK), hal ini bertujuan untuk mencapai sifat struktur yang daktail, sehingga pada saat terjadi gempa kuat, struktur tersebut masih dapat berdiri (tidak roboh) dan kemungkinan jatuh dan korban jiwa masih dapat dihindari. Dalam perancangan struktur bangunan tahan gempa, deformasi struktur menjadi sangat penting dan tidak dapat diabaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Bandung: BSN.
- [2]. Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*. Bandung: BSN.
- [3]. Christady, Hary. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- [4]. Christady, Hary. 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- [5]. Chu Kia Wang, Charles G.Salmon, dan Binsar Hariandja (ed.). 1993. *Desain Beton Bertulang*. Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- [6]. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

- [7]. Kusuma, Gideon. 1995. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Seri Beton 4*. Jakarta: Erlangga.