

PERENCANAAN GEDUNG PASCASARJANA POLTEKES SEMARANG

Rangga Maulana, Andika Yudha P, Nuroji ^{*)}, Hardi wibowo ^{*)}

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

ABSTRAK

Struktur gedung pascasarjana poltekes didesain dengan mengacu pada SNI 03-2847-2002, SNI 03-1726-2012, SNI 03-1729-2015 dan PPIUG 1987. Metode dynamic respons spectrum digunakan dalam menganalisis gempa. Gaya gempa pada struktur direncanakan dengan menggunakan konfigurasi struktur sistem rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) karena struktur termasuk kedalam Kategori Desain Seismik tipe D. 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 yang digunakan untuk membantu pemodelan struktur dan menghitung gaya dalam yang bekerja pada struktur adalah SAP 2000. 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 03-2847-2002, Desain seismic tipe D, SRPMK, Sendi

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 f_y 240 Mpa for the reinforcement bars.

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

PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan akreditasi Politeknik Kemenkes Semarang, jumlah mahasiswa pascasarjana yang masuk juga semakin banyak, sehingga dibutuhkan gedung yang dapat menampung mahasiswa dengan fasilitas yang harus meningkat pula. Dengan demikian dibutuhkan pembangunan gedung baru. Teknologi konstruksi yang berkembang untuk struktur

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

gedung bertingkat tinggi, dewasa ini banyak menggunakan Sistem Rangka Gedung atau building frame system yang terdiri dari portal berupa balok dan kolom. Pada perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi yang direncanakan, gedung didisain memiliki 6 lantai dan direncanakan menggunakan konsep disain kapasitas (capacity design) berdasarkan pedoman Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012.

TINJAUAN PUSTAKA

Gambaran Umum

Gedung bertingkat tinggi memiliki resiko yang besar terhadap gaya gempa. Semakin tinggi suatu struktur gedung, deformasi lateral dari struktur tersebut akan menjadi semakin besar akibat adanya gaya gempa. Oleh karena itu pertimbangan kekakuan dan kekuatan struktur sangat menentukan dalam perencanaan dan perhitungan disain suatu struktur gedung bertingkat tinggi. Gedung direncanakan sebagai struktur yang daktail dengan tujuan keamanan, yaitu apabila terjadi gempa besar, struktur tidak akan roboh. Beban gempa yang bersifat tak terprediksi menjadi faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur gedung bertingkat, sehingga perlu pemahaman akan peraturan gempa dan beton yaitu SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-2847-2002. Ruang lingkup perencanaan struktur gedung ditinjau dari segi teknis adalah disain struktur gedung bertingkat tinggi direncanakan diaplikasikan di zonasi gempa wilayah Kota Semarang, perencanaan dan perhitungan struktur primer, yaitu: balok induk, kolom, hubungan balok-kolom, dan, perencanaan dan perhitungan struktur sekunder, yaitu: rangka atap, tangga, pelat lantai dan balok anak. Perencanaan struktur menggunakan program analisis struktur, perencanaan tidak meninjau metode pelaksanaan konstruksi dan spesifikasi teknis, dan perencanaan tidak memperhitungkan sistem utilitas gedung, perencanaan saluran air bersih dan kotor, instalasi atau jaringan listrik, *finishing*, dan lain-lain.

Data Umum Perencanaan

Data umum dari perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Nama kegiatan = Perencanaan Gedung Pascasarjana Poltekes Semarang
2. Lokasi bangunan = Semarang, Jawa Tengah
3. Fungsi bangunan = Gedung Kuliah
4. Jumlah lantai = 6lantai
5. Mutu beton (fc) = 30 MPa
6. Mutu baja tulangan = 400 MPa (ulir)
7. Pondasi = Tiang Pancang
8. Kondisi tanah = Tanah Sedang dengan nilai N-SPT rata-rata sebesar 40,52

Perencanaan Pembebanan

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung ini, beban yang bekerja adalah sebagai berikut:

1. Beban mati (*Dead Load*)
 - Beban sendiri struktur
 - Beban mati tambahanTerdiri dari:
 - Beban penutup lantai + spesi (3cm) = $24 + 42 = 66 \text{ kg/m}^2$
 - Beban plafond + penggantung = $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
 - Beban dinding = 100 kg/m^2 (bata ringan)
2. Beban hidup (*Live Load*)
 - Berdasarkan fungsi bangunan ruang kuliah diperhitungkan sebesar $q = 250 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perhitungan struktur, antara lain:

Kombinasi Pembebanan Tetap

$$U = 1,4 D \dots\dots\dots(1)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad (2)$$

Kombinasi Pembebanan Sementara

$$U = 1,2 D + 1 L + 1,0 (I_e/R) Ex + 0,3 (I_e/R) Ey \quad (3)$$

$$U = 1,2 D + 1 L + 0,3 (I_e/R) Ex + 1,0 (I_e/R) Ey \quad (4)$$

dimana:

D = Beban mati

L = Beban hidup

Ex, Ey = Beban gempa

I_e = Faktor keutamaan gempa

R = Koefisien modifikasi respons

Pengumpulan Data

Data teknis yang didapat untuk kepentingan proses perencanaan struktur gedung apartemen ini adalah sebagai berikut:

- Data tanah
- Gambar rencana bangunan

Standar Yang digunakan

Untuk keperluan perencanaan struktur gedung, digunakan standar struktur yang berlaku di Indonesia, yaitu:

- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1987)
- Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 03-1729-2015)

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Struktur Atap

Dengan memperhatikan panjang bentang kuda kuda sebesar 16 m, maka struktur atap menggunakan struktur baja. Perencanaan struktur rangka atap dibuat sesuai dengan peraturan untuk bangunan baja yaitu SNI 03-1729-2015. Perencanaan struktur atap diawali dengan penentuan gording yang terpakai yang kemudian dicek kekuatan gording dengan kontrol terhadap lentur, kontrol tegangan, kontrol lendutan. Untuk pendimensian profil I digunakan rumus perhitungan, Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi gording *double C* 200x150x20x3,2, dimensi balok I menggunakan IWF 300 x 150, dimensi kolom I menggunakan IWF 400 x 200.

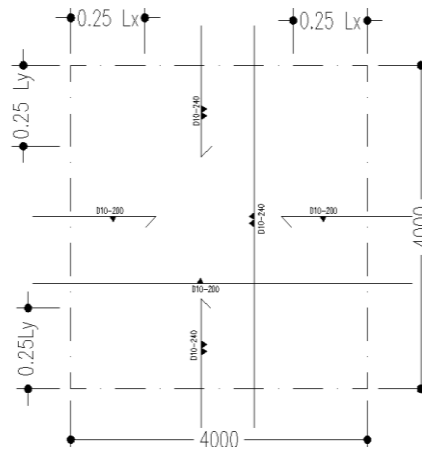
Perencanaan Tangga

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 mengalikikan $\rho \times b \times d_x$ setelah luas tulangan yang dibutuhkan didapat, maka dapat menghitung spasi antar tulangan. Hasil perhitungan tulangan untuk plat bordes adalah tumpuan dan lapangan arah x adalah D13-350, arah y adalah D13-700, sedangkan untuk penulangan plat tangga tumpuan arah x adalah D13-175 dan arah y adalah D13-350, lapangan arah x adalah D13-350 dan arah y adalah D13-700.

Perencanaan Plat Lantai

Penentuan syarat batas dan bentang plat lantai adalah langkah awal dalam perencanaan plat lantai. Kemudian dapat ditentukan apakah plat lantai termasuk *one way slab* atau *two way slab* dan juga dapat menentukan tebal plat lantai. Langkah selanjutnya adalah perhitungan momen plat yang dihitung sesuai dengan ketentuan pada buku CUR IV karya Gideon. Untuk langkah perhitungan tulangan plat lantai, sama dengan perhitungan plat tangga. Dari hasil perhitungan didapat tulangan arah y D10 dan arah x D10. Detail tulangan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Detail Penulangan Plat Lantai

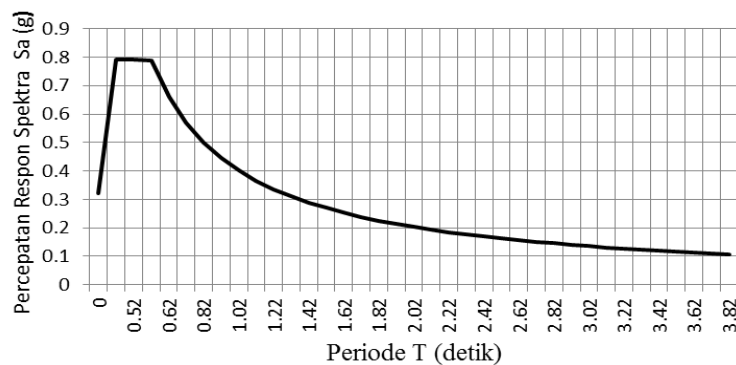
Evaluasi Beban Gempa

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 gedung dilihat dari nilai SD_S dan SD_1 berdasarkan wilayah zonasi gempa. Dengan mendapatkan nilai S_s dan S_1 dan mengalikikan dengan F_a dan F_1 , akan didapatkan nilai S_{M5} dan S_{M1} yang selanjutnya dikalikan dengan $2/3$ sehingga didapatkan nilai $SD_S = 0,79g$ dan $SD_1 = 0,41g$. 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 03-1726-2012 tabel 9 didapatkan bahwa struktur gedung dengan kategori

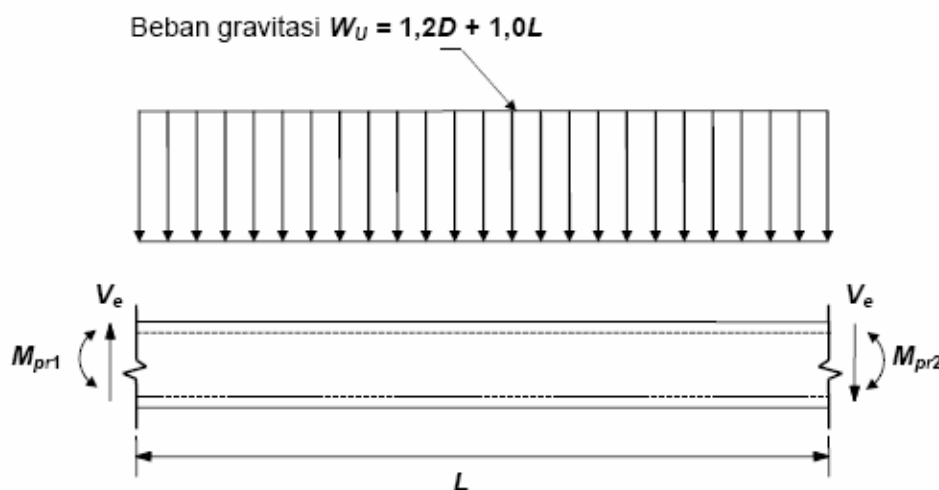
desain seismik D dapat direncanakan menggunakan konfigurasi Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Dari tabel 9, kita juga bisa mendapatkan nilai koefisien respon (R) yaitu sebesar 8 untuk sistem rangka pemikul momen khusus. Hasil grafik spektrum respons percepatan disain adalah seperti pada Gambar 2 berikut:

Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan elemen horisontal dari struktur dan direncanakan untuk menerima lentur yang terjadi pada struktur. Pada perencanaan balok induk, dimensi tinggi balok induk diperkirakan $h = (1/10 - 1/15) L$ dan perkiraan lebar balok induk $b = (1/2 - 2/3) h$. Balok harus memikul beban gempa dengan perencanaan lentur momen ultimit ($M_u \leq M_n$) pada daerah tumpuan dan lapangan balok. 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. *Probable Moment* pada rangka balok terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Nilai Spektrum Respons Percepatan Desain Kota Semarang



Gambar 3. *Probable Moment* Balok Menahan Gempa ke Kiri dan Kanan
(Sumber: SNI 03-2847-2002)

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. Gaya geser terfaktor pada muka tumpuan dihitung sebagai berikut:

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} + \frac{W_u \cdot l_n}{2} \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

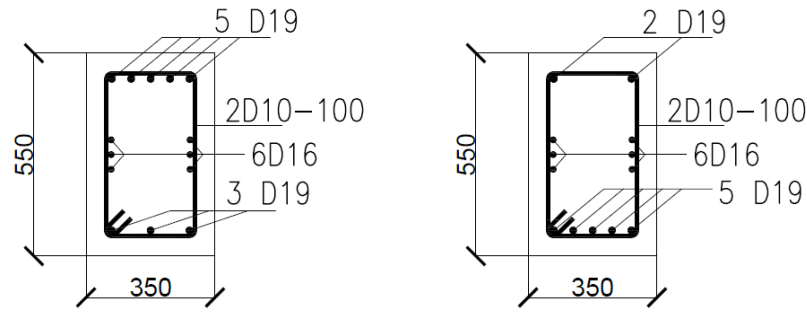
V_e = Gaya geser akibat sendi plastis di ujung – ujung balok (kN)

M_{pr} = Kekuatan lentur mungkin komponen struktur (kNm)

W_u = Gaya geser terfaktor (kN)

l_n = Panjang bentang bersih (m)

Dari hasil perhitungan, didapatkan diameter tulangan utama D22, diameter tulangan sengkang D10. Hasil pendimensian balok induk ditampilkan pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Penulangan balok induk pada tumpuan dan lapangan

Perencanaan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 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 $0,1.A_g.f^{\prime}c$, maka komponen elemen struktur tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi $0,1.A_g.f^{\prime}c$
2. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.
3. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurusnya Kolom dirancang lebih kuat dibandingkan 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* yaitu sebagai berikut.

$$\sum M_c > 1,2 \sum M_g \dots\dots\dots(6)$$

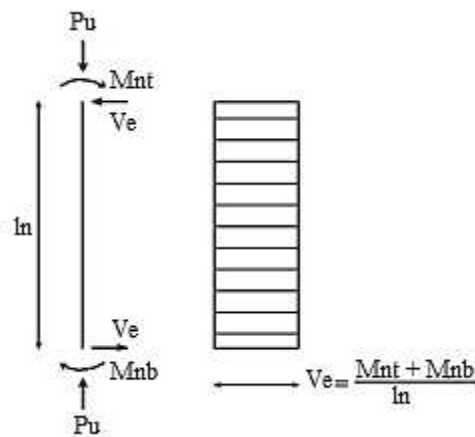
dimana:

$\sum M_c$ = Momen nominal kolom

$\sum M_g$ = Momen nominal balok

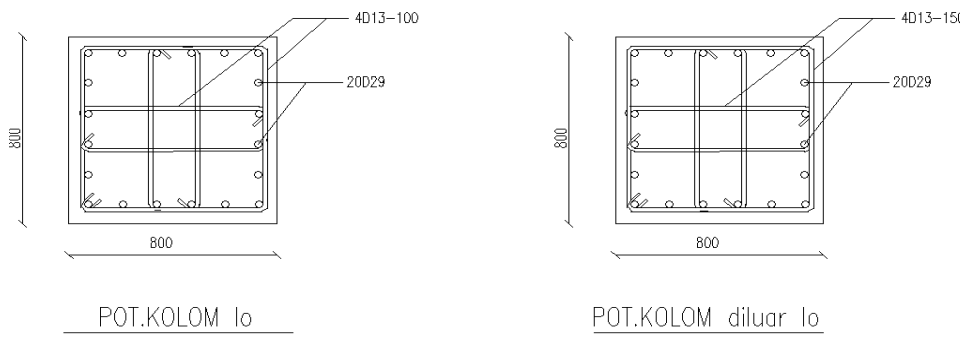
Kuat geser kolom SRPMK terjadi sendi-sendi plastis terjadi pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut.

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 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 yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Gaya geser rencana Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
(Sumber: SNI 03-2847-2002)

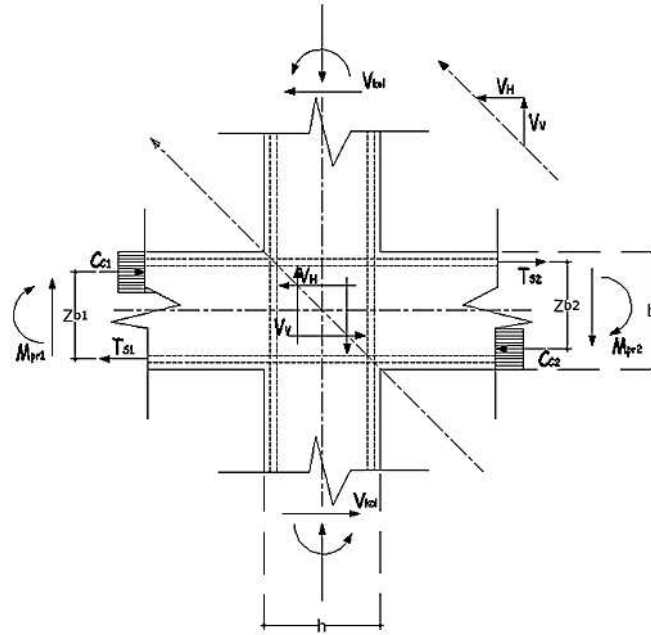
Dari hasil perhitungan, didapatkan diameter tulangan utama D29 dan diameter tulangan sengkang D13. Hasil pendimensian kolom ditampilkan pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Detail penulangan kolom

Perencanaan Hubungan Balok-Kolom

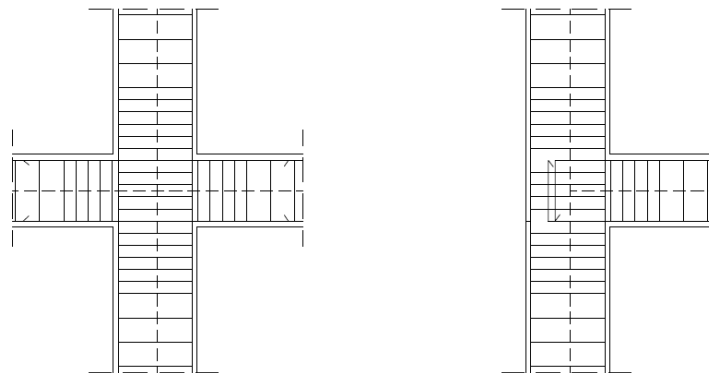
Hubungan balok– kolom (HBK) atau *beam–column joint* mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu struktur gedung bertingkat tinggi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hal ini dikarenakan *joint* yang menghubungkan balok dengan kolom akan sangat sering menerima gaya yang 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 pengekuat untuk mampu menerima dan menyalurkan gaya-gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom, sehingga konsep SRPMK dapat dipenuhi. Dapat kita lihat *free body* diagram gayanya seperti pada Gambar 7 dibawah ini:



Gambar 7. Gaya – gaya yang bekerja pada hubungan balok-kolom
(Sumber: SNI 03-2847-2002)

Dirancang tulangan $3legD13(A_{st} = 398,197 \text{ mm}^2)$, dengan spasi minimum (s) tulangan adalah 100 mm.

Detail penulangan pengekok yang terpasang pada hubungan balok-kolom dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini:



a. Detail Hubungan Balok Kolom Interior b. Detail Hubungan Balok Kolom Eksterior

Gambar 8. Detail Tulangan Pengekok pada Hubungan Balok-Kolom

Perencanaan Pondasi

Perhitungan Daya Dukung Pondasi

Pada perhitungan ini meninjau kapasitas daya dukung tanah dengan membandingkan dua metode perhitungan antara lain: Berdasarkan N-Spt dengan metode Mayerhoff $Q_{all} = 163,64$ ton dan berdasarkan uji *Direct Shear* dengan $Q_{all} = 165,74$ ton. Berdasarkan perhitungan sebelumnya didapatkan kebutuhan tiang pancang sebanyak 4 buah. Sementara itu daya

dukung pondasi *group* diperhitungkan dengan nilai efisiensi, $E_{ff} = 0.77$, sehingga didapatkan daya dukung, $P_{all} = 491,7$ ton

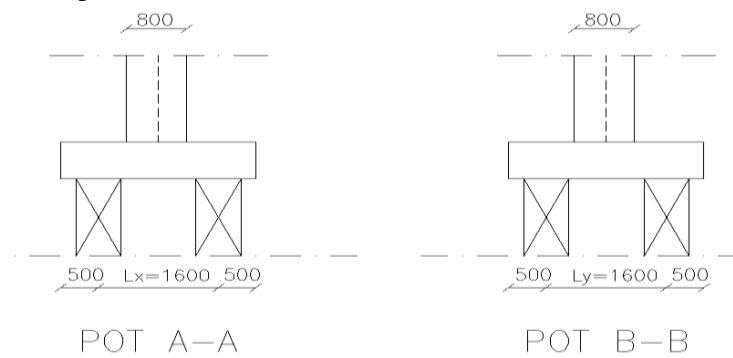
Kontrol geser pons terhadap tebal *pile cap* diperhitungkan berdasarkan akibat kolom dan tiang pancang. Berdasarkan tiang pancang, $\phi V_c = 0,75 \times 2512,2 \text{ KN} = 1884,15 \text{ KN} > P_{all} = 1636,4 \text{ KN}$ sedangkan berdasarkan kolom $P_u \leq \phi V_c \Rightarrow 4917 \text{ kN} \leq 7335,9 \text{ kN}$.

Tahanan Lateral Tiang Pancang

Berdasarkan hasil analisis struktur diketahui tiang pancang menerima gaya lateral sebesar, $H = 0,7$ ton. Tahanan lateral tiang pancang (H_{uijin}) dari hari perhitungan dengan metode *Broums* didapatkan, $H_{uijin} = 1,7$ ton, sehingga tiang pancang dinyatakan aman terhadap gaya lateral.

Perhitungan Pilecap

Kebutuhan tulangan *pile cap* dilakukan seperti pada perhitungan tulangan beton bertulang lainnya. Momen yang digunakan dalam perencanaan *pile cap* didapatkan dengan skema seperti pada Gambar 11, maka didapatkan momen $M_u = 403,2$ tm. Sehingga dari hasil perhitungan digunakan tulangan D22-50.



Gambar 11. Skema perhitungan momen *Pile Cap*

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung* (SNI 03-1726-2012), BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002), BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural* (SNI 03-1729-2013), BSN, Bandung.
- Christady, Hary, 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Christady, Hary, 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chu Kia Wang, Charles G. Salmon., dan Binsar Hariandja (ed.), 1993. *Desain Beton Bertulang*. Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Kusuma, Gideon, 1995. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Seri Beton 4*, Erlangga, Jakarta.

