

Modifikasi Perencanaan Gedung Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja Jakarta Dengan Metode Pracetak

Trie Sony Kusumowibowo dan Endah Wahyuni

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

E-mail: endah@ce.its.ac.id

Abstrak - Metode pracetak saat ini telah banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi sipil. Hal ini terjadi karena beton pracetak memiliki beberapa kelebihan dibandingkan beton yang dicor di tempat (*cast in situ*). Kelebihannya antara lain yaitu proses pembuatannya yang tidak bergantung cuaca, tidak memerlukan banyak bekisting, waktu pengerjaan yang lebih singkat, kontrol kualitas beton lebih terjamin serta menurut penelitian terbaru beton pracetak juga ramah lingkungan.

Tujuan dari Penelitian ini adalah menghasilkan perencanaan struktur gedung RSUD Koja Jakarta dengan metode pracetak. Merencanakan *detailing* penulangan dan sambungan pada elemen beton pracetak. Merencanakan struktur *basement* dan pondasi yang menopang gedung. Dan merancang gambar teknik dari hasil modifikasi gedung ini.

Gedung RSUD Koja Jakarta ini dirancang ulang menggunakan metode pracetak pada bagian balok dan pelat. Standar yang digunakan dalam perencanaan ini adalah perencanaan struktural menggunakan tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013) [5], untuk menghitung pembebanan gravitasi menggunakan PPIUG 1983 dan tata cara perhitungan pembebanan untuk gedung (SNI 1727:2013), dan pembebanan gempa dihitung menggunakan tata cara perencanaan ketahanan gempa (SNI 1726:2012) [6]. Perencanaan gedung ini menggunakan sistem ganda (*dual system*), beban lateral 25% dipikul oleh rangka dan 75% dipikul oleh dinding geser.

Hasil dari modifikasi gedung RSUD Koja Jakarta ini meliputi ukuran balok induk 50/70, ukuran balok anak 30/50, dan 2 macam ukuran kolom yaitu lantai 1-10 90x90 cm dan lantai 11-20 80x80 cm. Modifikasi gedung ini juga menggunakan shearwall dengan tebal 40 cm yang berfungsi menahan 75% beban lateral. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.

Kata Kunci - Beton Bertulang, Gedung RSUD Koja, Modifikasi Perencanaan, Pracetak,

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

DI Indonesia, hingga saat ini, telah banyak aplikasi teknologi beton pracetak pada banyak jenis konstruksi dengan didukung oleh sekitar 16 perusahaan spesialis beton pracetak, atau lebih dikenal dengan sebutan *precaster* [1]. Hal ini dilakukan karena semakin besarnya tuntutan pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang efisien dan cepat namun harus tetap menjaga ketepatan dan kualitas beton. Metode pracetak memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode cor setempat (*cast in site*). Kelebihan tersebut antara lain adalah metode pracetak tidak membutuhkan tempat penyimpanan material yang luas, waktu pengerjaan yang relatif singkat, kontrol kualitas beton lebih terjamin, tidak memerlukan treatment atau perlakuan khusus, tidak membutuhkan terlalu

banyak bekisting dan penopang bekisting, serta praktis dan cepat dalam pelaksanaannya[2].

Weyantadji, et.al., menyatakan bahwa dalam pemasangan komponen pracetak ada tiga tahap yaitu penulangan saat pengangkatan, penulangan saat beton overtopping belum kering, dan penulangan saat beton overtopping sudah kering[3]. Menurut Wulfram I. Ervianto bila dibandingkan dengan beton *cast-in place*, beton pracetak mempunyai kualitas yang lebih baik. Hal ini karena hal – hal sebagai berikut: (a) proses produksi dilaksanakan dengan menggunakan mesin, (b) kondisi pabrik yang relative konstan, (c) pengawasan yang lebih cermat, (d) kondisi dari lingkungan kerja yang lebih baik[4].

Berdasarkan hal di atas, maka dalam penelitian ini, penulis melakukan modifikasi perencanaan Gedung Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja Jakarta. Gedung RSUD Koja Jakarta ini memiliki 16 (enam belas) lantai dan menggunakan metode cor di tempat (*in site*) dalam pemilihan metode konstruksinya.

B. Perumusan Masalah

Masalah Utama:

Bagaimana merencanakan gedung RSUD Koja Jakarta dengan metode pracetak?

Rincian Masalah:

1. Bagaimana *preliminary design* elemen – elemen dari beton pracetak?
2. Bagaimana pembebanan dari bangunan tersebut?
3. Bagaimana analisis struktur dari bangunan tersebut?
4. Bagaimana merancang dimensi elemen – elemen dari beton pracetak?
5. Bagaimana merancang *detailing* sambungan pada komponen pracetak?
6. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam gambar teknik?

C. Tujuan Penelitian

1. Merancang *preliminary design* elemen – elemen dari beton pracetak
2. Menghitung pembebanan dari bangunan tersebut
3. Menganalisis struktur dari bangunan tersebut
4. Merancang dimensi elemen – elemen dari beton pracetak
5. Merancang detail sambungan pada komponen pracetak
6. Menuangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam gambar teknik

D. Batasan Masalah

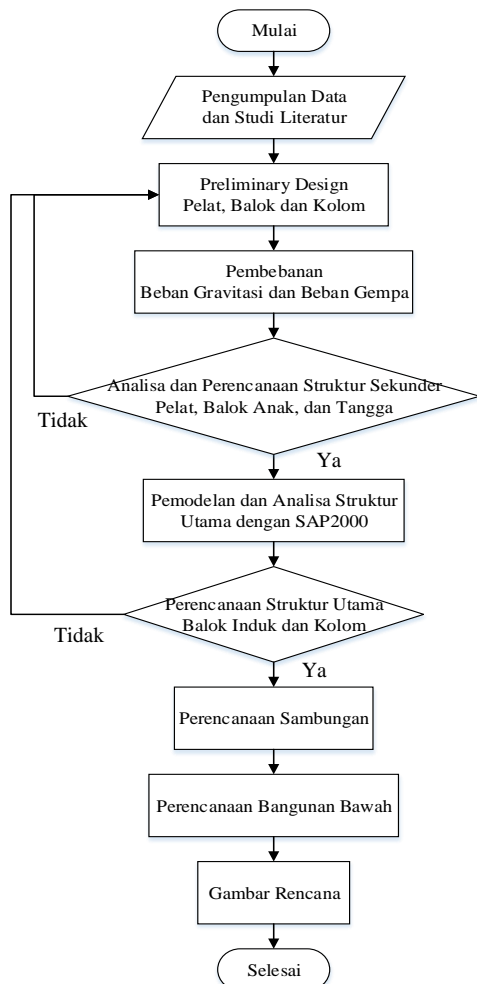
1. Tidak memperhitungkan manajemen konstruksi (biaya, waktu)
2. Penggunaan pracetak hanya pada balok dan pelat saja

E. Manfaat

Dengan adanya penulisan Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan khususnya kepada penulis tentang metode pracetak.

II. URAIAN PERENCANAAN

A. Diagram Alir Perencanaan



Gambar 1. Diagram alir penyelesaian penelitian

B. Modifikasi dan Kriteria Pemilihan Struktur

Data – data setelah modifikasi:

- Nama gedung : Rumah Sakit Umum Daerah Koja Jakarta
- Lokasi : Jakarta
- Fungsi : Rumah Sakit
- Jumlah lantai : 20 lantai dan 1 basement
- Tinggi bangunan : ±80 meter
- Struktur utama : Beton pracetak (non prategang)
- Mutu beton (f'c) : 30 MPa
- Mutu baja (fy) : 400 MPa

C. Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan perhitungan dalam perancangan untuk merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur.

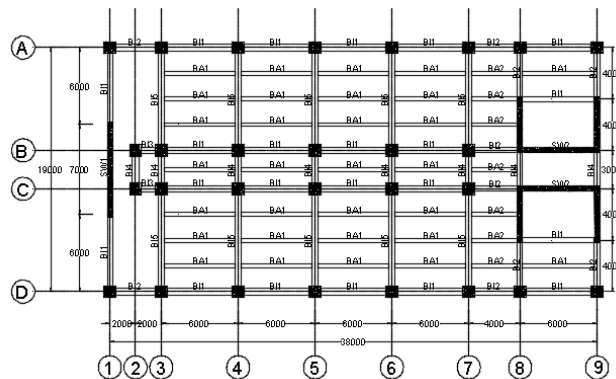
1. Preliminary design dimensi balok induk, balok anak, dan balok lift sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5 (a)

2. Dimensi (tebal) pelat ditentukan menurut peraturan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3 tabel 9.5 (c)
3. Preliminary design kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 10.3.6[5]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preliminary Design

Untuk desain awal bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah balok dan kolom

1. Dimensi Balok

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5 (a) untuk dimensi balok yang direkapitulasi pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Kode Balok Induk	Bentang (L _b) cm	h _{min} cm	h _{pakai} cm	b _{pakai} cm	Dimensi cm
B11	600	36,4	70	50	50/70
B12	400	24,2	70	50	50/70
B13	200	12,1	70	50	50/70
B14	300	18,2	70	50	50/70
B15	800	48,5	70	50	50/70

Tabel 2. Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Kode Balok Anak	Bentang (L _b) cm	h _{min} cm	h _{pakai} cm	b _{pakai} cm	Dimensi cm
BA1	600	28,5	50	30	30/50
BA2	400	19,0	50	30	30/50

2. Dimensi Pelat

Dari hasil perhitungan diperoleh tebal pelat yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Rekapitulasi Tebal Pelat

Tipe Pelat	Lx cm	Ly cm	Jenis Pelat	h _{pakai} cm
S1	200	600	1 Arah	15
S2	150	600	1 Arah	15
S3	200	400	1 Arah	15
S4	150	400	1 Arah	15

3. Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 (b) untuk komponen struktur beton bertulang lainnya faktor reduksi, Φ = 0,65. Mutu beton = 30 MPa = 3 kg/mm²

$$A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{1124582}{0,65 \times 3} = 576708,9 \text{ mm}^2$$

Dengan asumsi kolom berbentuk persegi maka:
 $h = \sqrt{A} = \sqrt{576708,9} = 759,41 \text{ mm} \approx 76 \text{ cm}$
 Maka digunakan dimensi kolom 90/90

4. Dimensi Dinding Geser

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi, maka:

$$T \geq H/25 \quad \frac{400}{25} = 16 \text{ cm}$$

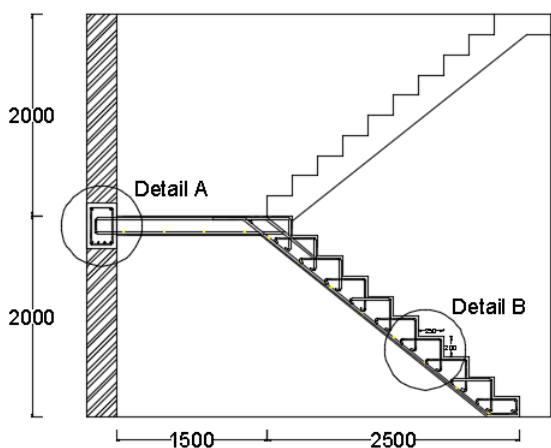
$$T \geq L/25 \quad \frac{800}{25} = 32 \text{ cm}$$

Maka digunakan tebal dinding geser 40 cm

5. Desain Tangga

Data perencanaan yang diperlukan untuk merencanakan konstruksi tangga adalah sebagai berikut:

- Mutu beton ($f'c$) = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 4 m
- Panjang bordes = 3 m
- Lebar bordes = 1,5 m
- Lebar tangga = 1,5 m
- Tebal pelat tangga = 20 cm
- Tebal pelat bordes = 20 cm
- Tinggi injakan = 20 cm
- Lebar injakan = 25 cm
- Jumlah tanjakan = 20 buah
- Jumlah injakan = 20 buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 10 buah
- Jumlah tanjakan dari bordes ke lantai 2 = 10 buah
- Elevasi bordes = 200 cm
- Kemiringan tangga = 38,67°

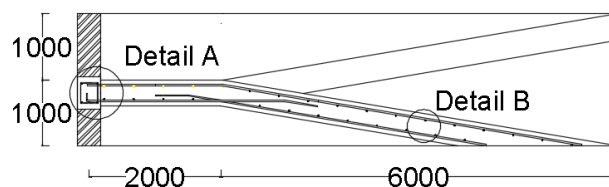


Gambar 3. Perencanaan Tangga

6. Desain Ramp

Data perencanaan yang diperlukan untuk merencanakan konstruksi ramp adalah sebagai berikut:

- Mutu beton ($f'c$) = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 4 m
- Panjang bordes = 4 m
- Lebar bordes = 2 m
- Lebar ramp = 2 m
- Tebal pelat ramp = 40 cm
- Tebal pelat bordes = 40 cm
- Elevasi bordes = 100 cm
- Kemiringan tangga = 9,46°



Gambar 4. Perencanaan Ramp

B. Desain Struktur Sekunder

1. Penulangan Pelat Lantai

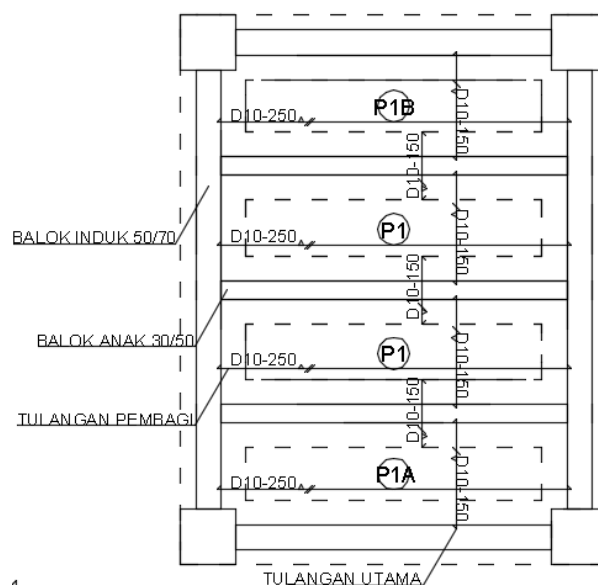
Kombinasi pembebanan yang digunakan:

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

Sehingga diperoleh hasil penulangan pelat sebagai berikut

Tabel 4.
Penulangan Pelat

Tipe Pelat	Ukuran Pelat		Tulangan Terpasang		Stud	Tulangan Angkat
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tulangan Utama	Tulangan Pembagi		
S1	6	2	D10-150	D10-250	D10-150	D10
S2	4	1,5	D10-150	D10-250	D10-150	D10
S3	6	2	D10-150	D10-250	D10-150	D10
S4	4	1,5	D10-150	D10-250	D10-150	D10



Gambar 5. Detail Penulangan Pelat

2. Perencanaan Balok Anak

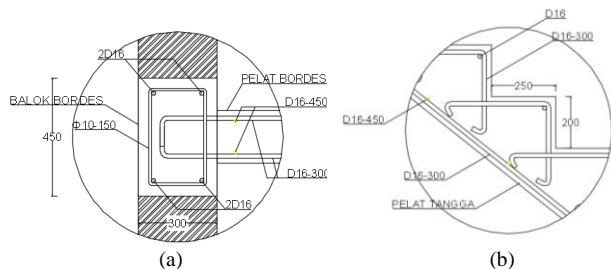
- Balok anak (30/50)

Dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan tulangan tumpuan dan tulangan lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.
Penulangan Balok Anak

Kode Balok Anak	Bentang (Lb) m	Tulangan Terpasang		Tulangan Sengkang	Tulangan Angkat
		Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan		
BA1	6	2D22	2D22	Φ10-100	Φ10
BA2	4	2D22	2D22	Φ10-100	Φ10

3. Desain Tangga



Gambar 6. Penulangan Tangga (a) balok bordes (b) pelat tangga

a. Penulangan Pelat Tangga

- Data perencanaan:
- $f_c = 30 \text{ MPa}$
 - $f_y = 400 \text{ MPa}$

Digunakan tulangan lentur arah X D16-300 mm
 Digunakan tulangan lentur arah Y D16-450 mm

b. Penulangan Pelat Bordes

- Data perencanaan:
- $f_c = 30 \text{ MPa}$
 - $f_y = 400 \text{ MPa}$

Digunakan tulangan lentur arah X D16-300 mm
 Digunakan tulangan lentur arah Y D16-450 mm

c. Penulangan Balok Bordes

Dimensi balok bordes dipakai 30/45 cm
 Digunakan tulangan tumpuan 2D16
 Digunakan tulangan lapangan 3D16
 Digunakan tulangan sengkang $\varnothing 10-150 \text{ mm}$

4. Desain Ramp

a. Penulangan Pelat Ramp

- Data perencanaan:
- $f_c = 30 \text{ MPa}$
 - $f_y = 400 \text{ MPa}$

Digunakan tulangan lentur arah X D22-250 mm
 Digunakan tulangan lentur arah Y D22-450 mm

b. Penulangan Pelat Bordes

- Data perencanaan:
- $f_c = 30 \text{ MPa}$
 - $f_y = 400 \text{ MPa}$

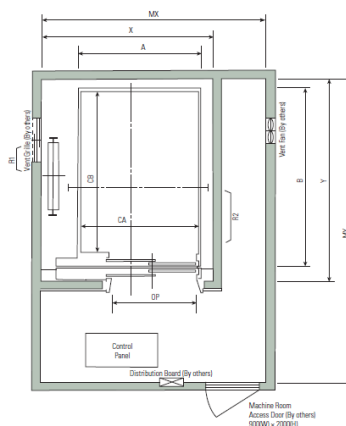
Digunakan tulangan lentur arah X D22-300 mm
 Digunakan tulangan lentur arah Y D22-450 mm

c. Penulangan Balok Bordes

Dimensi balok bordes dipakai 35/50 cm
 Digunakan tulangan tumpuan 3D16
 Digunakan tulangan lapangan 4D16
 Digunakan tulangan sengkang $\varnothing 10-150 \text{ mm}$

5. Perhitungan Balok Lift

- Data perencanaan (Hospital Elevator)
 Pada bangunan ini digunakan lift yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data – data sebagai berikut:
 Tipe lift : Standard Type B1750-2S30-60
 Kapasitas : 1750 kg
 Beban reaksi ruang mesin:
 - R1 = 11500 kg
 - R2 = 9500 kg



Gambar 7. Denah Lift

Diperoleh dimensi balok:

- Balok penggantung lift (30/50)
- Balok penumpu (30/50)

C. Pembebanan dan Analisis Gaya Gempa

1. Kombinasi Beban Berfaktor

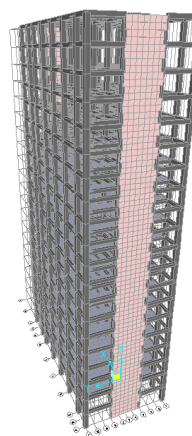
Kombinasi – kombinasi beban yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1,4DL
- 1,2DL + 1,6LL
- 1,2DL + 1,0LL + 1,0Ex
- 1,2DL + 1,0LL + 1,0Ey
- 1,0DL + 1,0LL
- 0,9DL + 1,0Ex
- 0,9DL + 1,0Ey

2. Data Perencanaan

Data – data analisis gempa yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Kelas Situs = SB
- Kategori Risiko = IV
- Faktor keutamaan = 1,5
- $S_s = 0,686g$
- $S_1 = 0,3g$



Gambar 8. Permodelan 3D Gedung

3. Kontrol Sistem Ganda

Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya[5].

Tabel 6.

Persentase Gaya Geser yang Mampu Dipikul Sistem Struktur

Pemikul Gaya Geser	Arah X (N)	%	Arah Y (N)	%
Dinding Geser	8513337.9	72%	9289649.93	69%
Sistem Rangka	3366184.1	28%	4128673.52	31%
Total	11879522	OK	13418323.45	OK

D. Perencanaan Struktur Primer

1. Penulangan Balok Induk

Dari hasil perhitungan diperoleh balok dimensi 50/70 dengan kebutuhan tulangan tumpuan, lapangan dan geser yang dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Penulangan Tumpuan Balok Induk

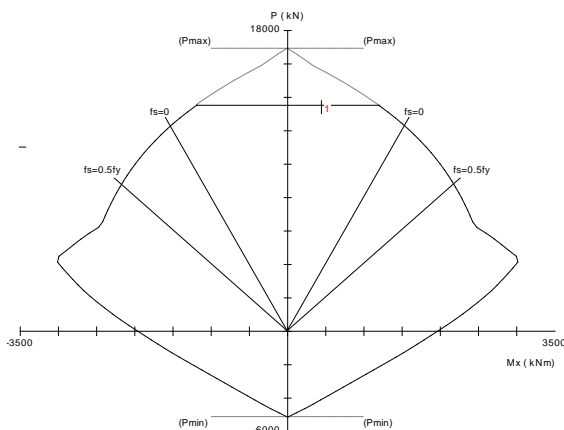
Kode Balok Induk	Bentang (Lb) (mm)	Tulangan Lentur D25		Sengkang		Tulangan Angkat
		Atas	Bawah	Plastis	Luar	
BI1	6000	7	4	Ø13-150	Ø13-300	2D13
BI2	4000	6	5	Ø13-80	Ø13-125	2D13
BI3	2000	2	2	Ø13-80	Ø13-125	2D13
BI4	3000	4	4	Ø13-80	Ø13-125	2D13
BI5	8000	7	4	Ø13-100	Ø13-300	2D16

Tabel 8. Penulangan Lapangan Balok Induk

Kode Balok Induk	Bentang (Lb) (mm)	Tulangan Lentur D25		Sengkang		Tulangan Angkat
		Atas	Bawah	Plastis	Luar	
BI1	6000	2	3	Ø13-150	Ø13-300	2D13
BI2	4000	2	4	Ø13-80	Ø13-125	2D13
BI3	2000	2	2	Ø13-80	Ø13-125	2D13
BI4	3000	2	3	Ø13-80	Ø13-125	2D13
BI5	8000	2	5	Ø13-100	Ø13-300	2D16

2. Penulangan Lentur Kolom 90/90

Penulangan lentur kolom menggunakan program bantu *spColumn* sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:
 Rasio tulangan longitudinal = 1,76%
 Penulangan 28D25 (As = 14280 mm²)



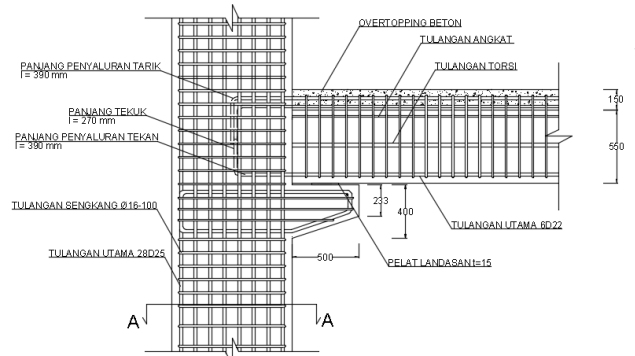
Gambar 9. Diagram interaksi aksial dengan momen kolom

3. Penulangan Dinding Geser

- Dinding geser horizontal = 2D13-250 mm (Arah X dan Y)
- Dinding geser vertikal = 2D13-250 mm (Arah X dan Y)

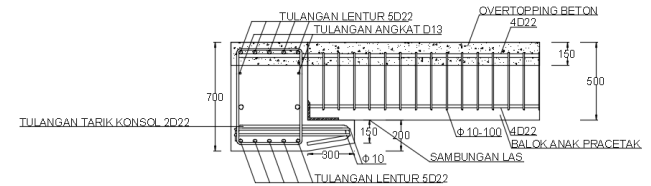
E. Perencanaan Sambungan

- Sambungan Balok dan Kolom Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8



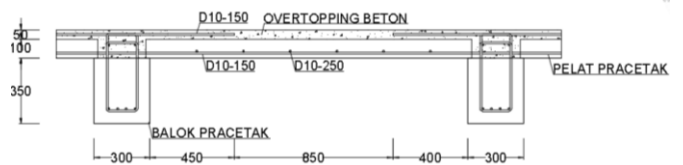
Gambar 10. Sambungan balok dan kolom

- Sambungan balok induk dan balok anak



Gambar 11. Sambungan balok induk dan balok anak

- Sambungan balok dengan pelat



Gambar 12. Sambungan balok dan pelat

F. Perencanaan Struktur Bawah

1. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode *Luciano Decourt*

$$Q_L = Q_P + Q_S$$

Di mana:

- Q_L = daya dukung tanah maksimum pada pondasi
- Q_P = *resistance ultimate* di dasar pondasi
- Q_S = *resistance ultimate* akibat lekatan lateral

2. Perancangan Pondasi Tiang Pancang

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

Pondasi kolom menggunakan *Spun Pile* sebanyak 4 buah dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Diameter outside (D) : 600 mm
- Thickness : 100 mm
- Bending momen crack : 196,4 kNm
- Bending momen ultimate : 365 kNm
- Allowable axial : 292 ton
- Jarak antar tiang pancang : 1500 mm
- Jarak tiang pancang ke tepi : 600 mm

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Penelitian “Modifikasi Perencanaan Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja Jakarta dengan Metode Pracetak” maka dapat disimpulkan diantaranya sebagai berikut:

1. Berdasarkan perancangan dimensi balok dan pelat yang mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2, yaitu ketentuan tebal minimum balok non prategang satu arah, juga

perhitungan dimensi kolom, didapatkan hasil modifikasi sebagai berikut:

a. Struktur Sekunder

- Dimensi balok anak = 30/50 cm
- Dimensi balok bordes tangga = 50/70 cm
- Dimensi balok bordes *ramp* = 35/50 cm
- Dimensi penggantung lift = 30/50 cm
- Dimensi penumpu lift = 30/50 cm
- Tebal pelat = 15 cm

b. Struktur Primer

- Dimensi balok induk = 50/70 cm
- Dimensi kolom = 90/90 cm
- Dimensi pilecap = $2,7 \times 2,7 \times 1,1$ m
- Tiang pancang = $D60, H = 21$ m
- Tebal *shearwall* = 40 cm

2. Komponen pracetak disambung dengan menggunakan sambungan basah (cor di tempat) dan konsol pendek agar bangunan tersebut menjadi bangunan pracetak yang monolit. Ukuran konsol pendek pada kolom adalah 500×400 mm dan konsol pendek pada balok induk adalah $300/185$ mm
3. Detailing sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan – tulangan dan *shear connector* yang muncul dari setiap elemen pracetak untuk menyatukan dengan elemen cor di tempat. Sambungan didesain sesuai dengan ketentuan yang berlaku yang mengacu pada SNI 2847:2013

B. Saran

Berdasarkan analisis selama proses penyusunan penelitian ini, beberapa saran yang penulis dapat sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Pengerjaan sambungan antar elemen beton pracetak harus benar – benar diawasi agar gaya – gaya dari elemen beton pracetak dapat tersalurkan dengan baik, juga agar gedung menjadi monolit.
2. Sambungan pracetak lebih baik dibuat seminimal mungkin, agar elemen – elemen beton pracetak menjadi seragam sehingga memudahkan pembuatan elemen – elemen beton pracetak tersebut.
3. Masih banyak hal yang memerlukan penelitian lebih lanjut pada pengerjaan beton pracetak agar meningkatkan efisiensi pengerjaan, terutama pada sambungan elemen – elemen beton pracetak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abduh, Muhammad. 2007. **Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisis Rantai Nilai**. Seminar dan Pameran HAKI 2007 – “KONSTRUKSI TAHAN GEMPA DI INDONESIA”. Jakarta.
- [2] Toscas, James G. 2014. **Designing with Precast and Prestressed**. Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI).
- [3] Nurjannah, Siti Aisyah. 2011. **Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak sebagai Alternatif pada Teknologi Konstruksi Indonesia yang Mendukung Efisiensi Energi serta Ramah Lingkungan**. Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 Palembang, 26-27 Oktober 2011. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- [4] Ervianto, Wulfram I. 2006. **Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi: Beton Pracetak & Bekisting**. Yogyakarta. PENERBIT ANDI Yogyakarta.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.