

Desain Modifikasi Perancangan Struktur Gedung *The Alton Apartment* Semarang Menggunakan Metode Pracetak

Muhammad Aziz Mubarak, Bambang Pisceca, dan Faimun
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: piscesa@ce.its.ac.id

Abstrak—Gedung *The Alton Apartment* Semarang merupakan bangunan tipe hunian yang memiliki 30 lantai dan 2 basement, dengan ketinggian bangunan 96 meter, menggunakan metode cor ditempat. Sehingga memerlukan waktu pelaksanaan relatif lama, juga hasil yang kurang presisi. Dalam perkembangan teknologi, menuntut adanya efisiensi dari segi kecepatan, mutu dan biaya. Salah satu alternatif menggunakan metode pracetak. Beton pracetak memiliki beberapa keunggulan. Antara lain, kemudahan dalam pengerjaan, kecepatan dalam pelaksanaan, dan kontrol kualitas yang baik. Sehingga dalam tugas akhir ini, dilakukan modifikasi gedung *The Alton Apartment* Semarang menjadi 20 lantai dan 1 basement menggunakan metode beton pracetak yang diterapkan pada balok, plat, dan kolom. Metode pracetak memiliki perhatian khusus pada sambungan, karena sambungan pada beton pracetak tidak semonolit beton cast in situ. Dalam Tugas Akhir ini, perencanaan struktur gedung *The Alton Apartment* Semarang mengacu pada peraturan SNI 2847:2019, PCI Handbook 6th Edition dan SNI 1726:2019. Untuk menyambung setiap tulangnya, menggunakan reinforcement splice technology berupa spiral confined yang terbuat dari tulangan polos, yang telah dikembangkan di Indonesia sejak tahun 2014. Gedung *The Alton Apartment* berlokasi di kabupaten Semarang, memiliki Kategori Desain Seismik (KDS) D, direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus serta dinding struktural.

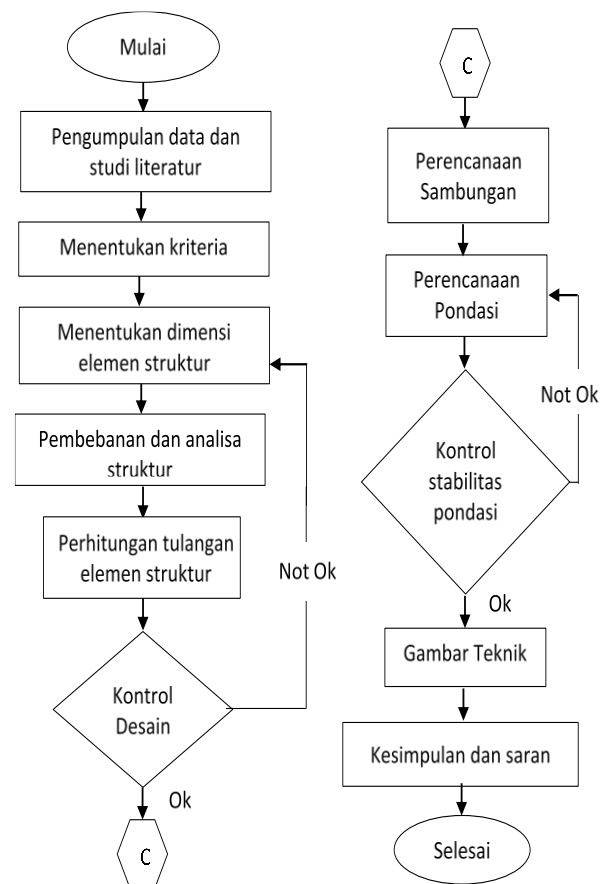
Kata Kunci—Beton Pracetak, Sambungan Basah, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Spiral Confined

I. PENDAHULUAN

JUMLAH penduduk Indonesia saat ini, ada sekitar 250 juta jiwa. Mengutip dari siaran pers Kementerian PPN/Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (2018) yang menyatakan bahwa, dalam buku Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045, penduduk Indonesia pada tahun 2045 diperkirakan akan mencapai 311 - 318,9 juta jiwa. Meningkatnya jumlah penduduk tersebut sangat memengaruhi jumlah kebutuhan hunian penduduk. Kondisi tersebut menuntut adanya pembangunan gedung ke arah vertikal, dalam bentuk rumah susun, apartemen atau sebagainya.

Konsep pembangunan ke arah vertikal di Indonesia, perlu memperhatikan bahwa Indonesia merupakan wilayah rawan gempa. Mengutip data BNPB (2019), terhitung sampai bulan September 2019 telah terjadi gempa bumi sebanyak 15 kali dan sepanjang tahun 2018 telah terjadi sebanyak 30 kali. Sehingga dalam pembangunan tersebut, memerlukan desain perencanaan bangunan yang mampu menahan gaya gempa tertentu.

Dari segi pelaksanaan, terdapat dua metode pengecoran beton yaitu cor di tempat dan pracetak. Metode pracetak memiliki beberapa kelebihan daripada metode cor di tempat.

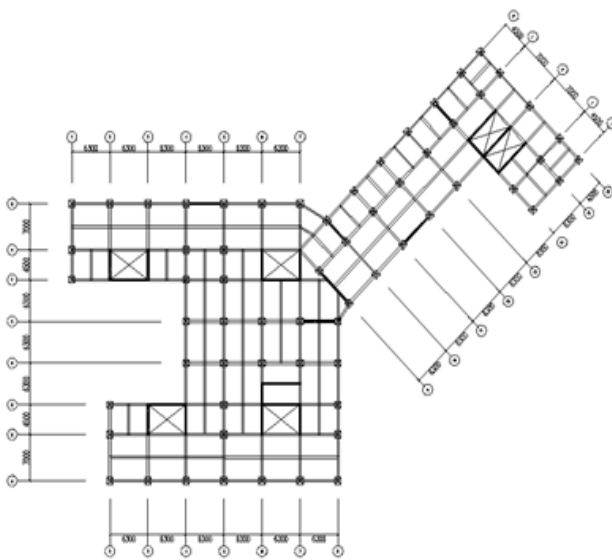


Gambar 1. Diagram alir perencanaan.

Seperti, lebih murah dalam biaya tenaga kerja, lebih cepat proses pelaksanaan, dan jaminan kualitas mutu beton yang lebih baik.

Setelah terjadi gempa tahun 2012 di Emilia, Italia Utara, tercatat sekitar 2000 kasus kegagalan bangunan yang menggunakan beton pracetak. Permasalahan utamanya adalah sambungan pracetak tidak monolit dan tidak didesain sesuai kriteria seismik [1]. Terdapat dua jenis teknik penyambungan antara elemen beton pracetak, yaitu sambungan basah dan sambungan kering. Sambungan basah memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan sambungan kering, yaitu lebih monolit dan mampu berperilaku lebih daktail ketika diberi beban gempa [2].

Gedung *The Alton Apartment* di Semarang merupakan wujud dari konsep pembangunan hunian ke arah vertikal. Gedung *The Alton Apartment* memiliki tiga tower, dengan ketinggian bangunan 93 meter, memiliki 30 lantai dan 2 basement. Didesain tipikal mulai dari lantai 8 sampai 30. Gedung ini dibangun dengan struktur beton bertulang,



Gambar 2. Denah Gedung.

Tabel 1.
Dimensi Balok

Tipe	b / h (cm)	Tipe	b / h (cm)	Tipe	b / h (cm)
B1	35 / 55	B6	35 / 55	BA2	25 / 40
B2	35 / 55	B7	40 / 60	BA3	25 / 40
B3	30 / 45	B8	35 / 55	BA4	25 / 45
B4	40 / 60	B9	35 / 55	BA5	25 / 40
B5	30 / 55	BA1	25 / 45	BA6	25 / 40

Tabel 2.
Dimensi Kolom

Tipe	b / h (cm)	Tipe	b / h (cm)	Tipe	b / h (cm)
K1	40 / 40	K3	60 / 60	K5	90 / 90
K2	50 / 50	K4	80 / 80	K6	100 / 100

metode *cast in situ*. Sehingga, membutuhkan waktu pelaksanaan yang relatif lama. Dalam pelaksanaannya, beberapa kali terjadi hasil yang tidak presisi. Akibat adanya tuntutan pekerjaan konstruksi yang cepat, efisien dan dengan hasil yang optimum, maka perencanaan gedung *The Alton Apartment* dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton Pracetak

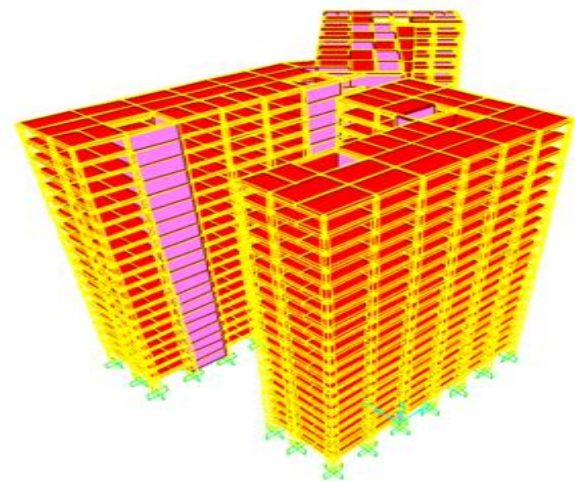
Menurut SNI 2847:2019, beton pracetak merupakan elemen struktur beton yang dicetak di tempat lain. Desain struktur pracetak harus mempertimbangkan sambungan yang melibatkan semua kondisi beban yang terjadi mulai dari awal pabrikan sampai penggunaan akhir pada struktur, termasuk proses transportasi, dan pengangkatan.

B. Sambungan Elemen Beton Pracetak

Joint pada beton pracetak dibagi menjadi dua yaitu *Dry joint*, dengan las atau baut, dan *Wet joint*, dengan cor setempat dan *grouting*. *Wet joint* atau sambungan basah secara umum mampu berperilaku lebih daktail daripada sambungan kering [3].

C. Sambungan Antar Tulangan Elemen Pracetak

Dalam penyambungan masing-masing tulangan longitudinal, terdapat berbagai macam model. Salah satunya adalah dengan menggunakan *metal sleeve*, dengan *grouting*



Gambar 3. Permodelan di SAP2000.

Tabel 3.
Selisih pembebanan manual dengan program bantu

	Manual (tonf)	Program bantu (tonf)
Beban Mati	38034,0	37367,05
Beban Hidup	5957,4	6101,95
Total	43991,4	43469,01
Selisih		1,2%

Tabel 4.
Gaya Geser Seismik pada Analisis Ragam, V_t

Arah gaya gempa	Global Fx (tonf)	Global Fy (tonf)
E-x	1550,59	583,84
E-y	581,48	1553,74

non shrinkage. Pada tahun 2014 di Indonesia, telah dilakukan penelitian, pengembangan dan aplikasi desain *sleeve* menggunakan *spiral reinforcement* yang terbuat dari tulangan polos. Dimana *spiral reinforcement*, atau Spircon tersebut dapat menggantikan *metal sleeve* [4],[5]. Efek dari *spiral reinforcement* terhadap perilaku ikatan sambungan akibat *axial tension* dipengaruhi oleh besarnya diameter spiral dan *pitch distance* (spasi spiral). Semakin kecil diameter spiral, yang melingkupi dua tulangan longitudinal yang disambung, akan meningkatkan *bond strength*. Tetapi harus disediakan sedikit celah sebagai tempat *grouting* [6].

III. METODOLOGI

A. Diagram Alir

Diagram alir perencanaan gedung *The Alton Apartment* dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam menghitung perancangan struktur dan pendetailan tulangan mengacu pada SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019

IV. PEMBAHASAN

A. Preliminary Design

Data perencanaan gedung *The Alton Apartment* adalah sebagai berikut :

- Tipe bangunan : Hunian
- Lokasi : Banyumanik, Semarang
- Tinggi gedung : 60 meter
- Tinggi lantai : 3 meter
- Jumlah lantai : 20 lantai
- Mutu beton : 30 MPa, 35 MPa dan 40 MPa

Tabel 5.

Gaya Geser Seismik pada Analisis Ragam, V_f , Setelah Diperbesar		
Arah gaya gempa	Global F_x (tonf)	Global F_y (tonf)
E-x	1997,73	752,20
E-y	747,50	1997,35

Tabel 6.

Kontrol Sistem Ganda				
Pemikul Gaya	Gempa - x		Gempa - y	
	F (tonf)	%	F (tonf)	%
Dinding geser	668,30	68,6	835,23	74,8
SRPM	305,94	31,4	281,10	25,2
Total	974,23	100	1116,33	100

Tabel 7.

Rekapitulasi Tulangan Tangga			
Elemen	Tulangan	Tulangan	Tulangan
	Longitudinal	Bagi	Susut
Pelat Tangga	D16 - 90	D10 - 150	D10 - 300
Pelat Bordes	D16 - 100	D10 - 120	D10 - 300

Tabel 8.

Rekapitulasi Tulangan Balok Anak						
Tipe	Tumpuhan			Lapangan		
	Atas	Bawah	Geser	Atas	Bawah	Geser
BA1	3D19	2D19	D10-100	2D19	3D25	D10-180
BA2	3D16	2D16	D10-100	2D16	3D16	D10-170
BA3	3D16	2D16	D10-100	2D16	2D16	D10-170
BA4	3D22	2D16	D10-120	2D16	3D22	D10-180
BA5	3D16	2D16	D10-100	2D16	3D16	D10-170
BA6	3D19	2D16	D10-90	2D16	3D19	D10-170

- Mutu tulangan : 420 MPa

B. Perencanaan Dimensi Balok

Perencanaan dimensi balok menggunakan pendekatan yang ada di SNI 2847:2019 dengan persamaan $h = L/16$ dan b diambil sekitar $2h/3$. Balok dibagi menjadi dua yaitu balok anak dan balok induk. Balok anak terdiri dari enam tipe sedangkan balok induk terdiri dari sembilan tipe. Dari perhitungan, didapatkan dimensi balok dapat dilihat pada Tabel 1.

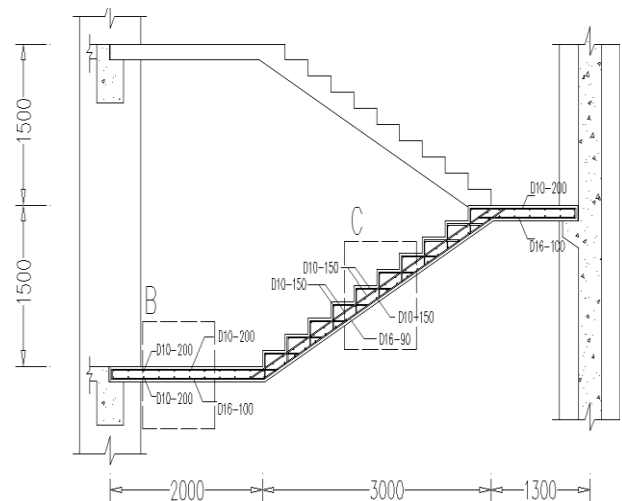
C. Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom dibagi ke dalam 6 tipe, dengan masing-masing tipe memikul 3 sampai 4 lantai, kecuali lantai atap. Perencanaan luas penampang kolom berdasarkan beban tribu area yang dipikul dengan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2013. Didapatkan dimensi kolom dapat dilihat pada Tabel 2.

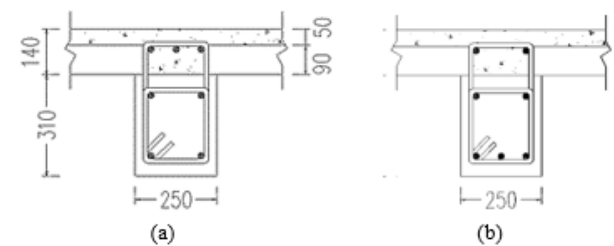
D. Pembebanan dan Analisa Struktur

Analisa struktur dengan program bantu memerlukan beberapa kontrol. Supaya hasil dari analisa dianggap mendekati model sesungguhnya, dan dapat digunakan untuk perhitungan berikutnya.

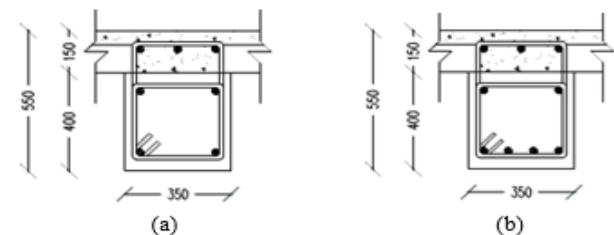
Untuk pembebanan gempa, nilai S_s dan S_l di Kota Semarang adalah sebesar 1,0g dan 0,4g. Nilai tersebut didapatkan dari peta gempa Indonesia tahun 2017 pada peta parameter respon spektral percepatan gempa periode 0,2 s dan 1,0 s, redaman kritis 5%, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R). Berdasarkan kategori desain seismik D , sistem struktur yang diijinkan untuk digunakan adalah sistem ganda dengan rangka pemikul



Gambar 4. Detail Tangga.



Gambar 5. (a) Detail Tulangan Tumpuhan Balok BA1, (b) Detail Tulangan Lapangan Balok BA1.



Gambar 6. (a) Detail Tulangan Tumpuhan Balok B1, (b) Detail Tulangan Lapangan Balok B1.

momen khusus minimal 25%. Dengan nilai koefisien modifikasi respon, $R = 7$ dan faktor pembesaran defleksi, $Cd = 5,5$. Permodelan di SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 3.

1) Kontrol Pembebanan Gravitasi

Hasil pembebanan manual dengan program bantu, memiliki perbedaan tidak lebih dari 5%.

2) Kontrol Pembebanan Gempa

Dari hasil analisa program bantu, didapatkan nilai periode fundamental struktur sebesar 1,495 s. Nilai T tersebut tidak boleh melebihi batasan periode dalam SNI 1726:2019. Dari beberapa kali permodelan, nilai T sudah cukup mendekati.

$$T_{a\ manual} < T < C_u \times T_a \tag{1}$$

$$1,052\ s < 1,495\ s < 1,473\ s$$

Koefisien respon seismik C_s , didapatkan dari pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2019.

$$C_s = S_{DS} \times I_e \div R \tag{2}$$

$$= 0,733 \times 1 / 7$$

$$= 0,105$$

$$C_{s\ max} = (S_{Dl} \times I_e) \div (R \times T) \tag{3}$$

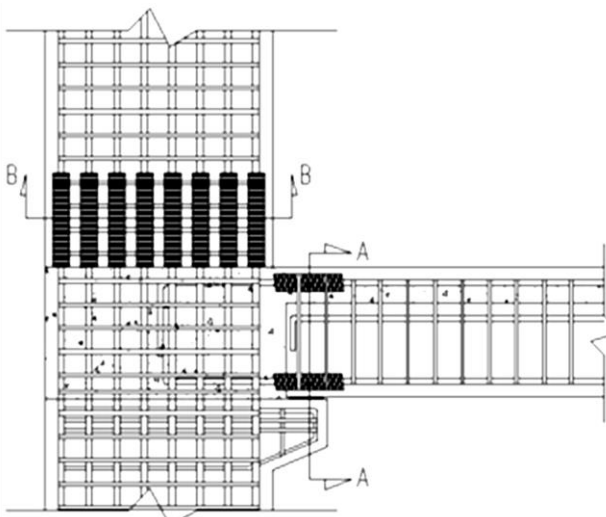
$$= (0,507 \times 1) \div (7 \times 1,473)$$

$$= 0,0491$$

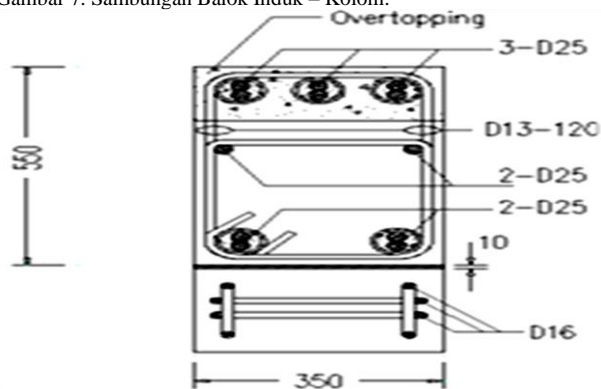
$$C_{s\ min} = 0,044 S_{DS} I_e \tag{4}$$

$$= 0,044 \times 0,733$$

$$= 0,032$$



Gambar 7. Sambungan Balok Induk – Kolom.



Gambar 8. Potongan A – A.

Maka didapatkan nilai C_s sebesar 0,0491. Berat seismik efektif bangunan W , didapatkan sebesar 39156,9 tonf. Dari kedua nilai tersebut didapatkan nilai gaya geser dasar seismik, statik ekuivalen, sebesar :

$$V = C_s \times W \tag{5}$$

$$V = 0,0491 \times 39156,9 = 1924,3 \text{ tonf}$$

Nilai gaya geser dasar seismik pada analisis ragam, V_t , minimal 100% dari V statik ekuivalen. Apabila kurang dari 100%, perlu dikalikan faktor sebesar V/V_t . Gaya geser seismik pada analisis ragam dapat dilihat pada Tabel 4.

Karena nilai V_t kurang dari 100% V , maka perlu dikalikan dengan faktor pembesaran sebesar $V/V_t = 1,24$. Setelah dikalikan dengan faktor tersebut, didapatkan nilai V_t dari program bantu sudah melebihi 100% V . Gaya geser seismik pada analisis ragam V_t setelah diperbesar dapat dilihat pada Tabel 5.

3) Kontrol Sistem Ganda

Sistem rangka pemikul momen khusus harus memikul gaya minimal 25% , berdasarkan analisa struktur. Kontrol sistem ganda dapat dilihat pada Tabel 6.

E. Perencanaan Struktur Sekunder

1) Perencanaan Tangga

Data perencanaan tangga sebagai berikut :

- Tinggi lantai = 300 cm
- Elevasi bordes= 150 cm
- Panjang horizontal tangga = 300 cm
- Tinggi injakan= 15 cm
- Lebar injakan = 30 cm
- Lebar tangga = 175 cm

Tabel 9. Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Tipe	Tulangan arah x		Tulangan arah y	
	Tumpuhan	Lapangan	Tumpuhan	Lapangan
P1	D10-250	D10-250	D10-300	D10-300
P2	D10-250	D10-300	D10-300	D10-300
P3	D10-250	D10-250	D10-250	D10-250
P4	D10-250	D10-250	D10-250	D10-250
P5	D10-250	D10-250	D10-300	D10-300
P6	D10-250	D10-250	D10-250	D10-250
P7	D10-250	D10-250	D10-250	D10-250
P8	D10-250	D10-250	D10-250	D10-250
P9	D10-250	D10-250	D10-250	D10-250

Tabel 10. Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Tipe	Tumpuhan			Lapangan		
	Atas	Bawah	Senggang	Atas	Bawah	Senggang
B1	3D25	2D25	D13-120	2D19	4D19	D13-150
B2	4D19	2D19	D13-120	2D19	5D19	D13-150
B3	4D19	2D19	D13-120	2D19	5D19	D13-150
B4	4D25	4D19	D13-120	2D19	6D19	D13-180
B5	4D19	2D19	D13 - 90	2D19	5D19	D13-100
B6	5D19	3D19	D13-120	2D19	2D19	D13-180
B7	4D25	4D19	D13-120	2D19	3D19	D13-180
B8	3D19	2D19	D13-120	2D19	4D19	D13-180
B9	5D19	3D19	D13-120	2D19	5D19	D13-150

Tabel 11. Rekapitulasi Tulangan Kolom

Tipe	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	
		Sendi Plastik	Luar Sendi Plastik
K1	16D19	5D13 – 100	5D13 – 150
K2	16D19	5D16 – 100	5D16 – 150
K3	16D22	5D16 – 100	5D16 – 150
K4	16D25	5D16 – 100	5D16 – 150
K5	16D29	5D16 – 100	5D16 – 150
K6	28D29	5D16 – 100	5D16 – 150

- Tebal pelat = 15 cm

Dari perhitungan, dengan mutu beton 35 MPa, didapatkan hasil penulangan tangga dan bordes dapat dilihat pada Tabel 7 dan detail tangga pada Gambar 4.

2) Perencanaan Balok Anak

Perhitungan tulangan balok memperhatikan tiga kondisi, yaitu pengangkatan, sebelum komposit dan setelah komposit. Tebal *overtopping* balok untuk komposit yaitu 14 cm. Dari hasil perhitungan didapatkan tulangan sebanyak, dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 5 detail tulangan tumpuhan Balok BAI.

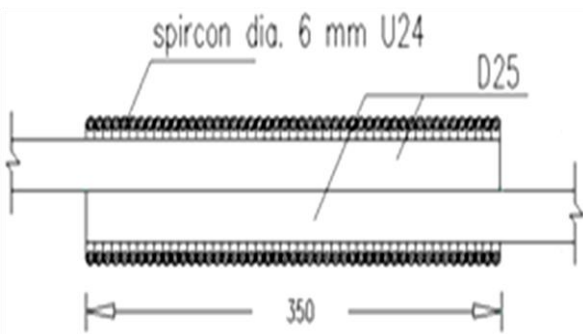
3) Perencanaan Pelat

Perhitungan pelat memperhatikan tiga kondisi, yaitu pengangkatan, sebelum komposit dan setelah komposit. Kondisi pengangkatan, pelat hanya memikul beban mati pracetak. Kondisi sebelum komposit memikul beban mati ditambah ketebalan *overtopping* 5 cm. Setelah komposit, pelat memikul semua kombinasi pembebanan. Dari hasil perhitungan didapatkan tulangan pelat dapat dilihat pada Tabel 9.

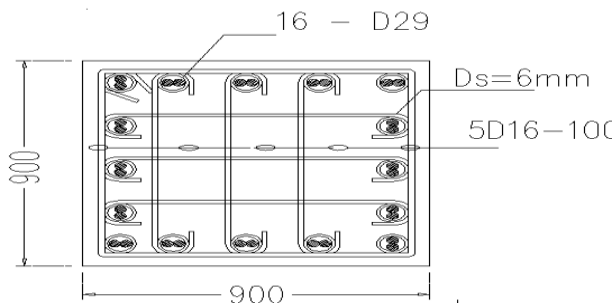
F. Perencanaan Struktur Primer

1) Perencanaan Balok Induk

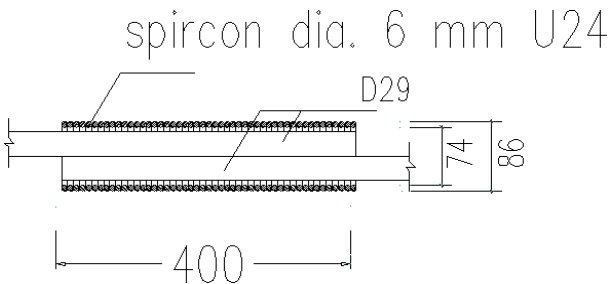
Perhitungan tulangan balok memperhatikan tiga kondisi, yaitu pengangkatan, sebelum komposit dan setelah komposit. *Overtopping* balok, untuk komposit, setebal pelat yaitu 14



Gambar 9. Detail Sambungan *Spiral Reinforcement* Balok dengan D25.



Gambar 10. Sambungan Balok Induk – Kolom.



Gambar 11. Detail *Spiral Reinforcement* Kolom dengan D29.

cm. Dari hasil perhitungan didapatkan tulangan sebanyak dapat dilihat pada Tabel 10 dan detail tulangan BI pada Gambar 6.

2) *Perencanaan Kolom*

Perencanaan kolom menggunakan mutu beton 40 MPa. Dengan memasukan semua gaya dalam, akibat kombinasi pembebanan, ke dalam masing-masing diagram iteraksi kolom. Didapatkan tulangan kolom dapat dilihat pada Tabel 11.

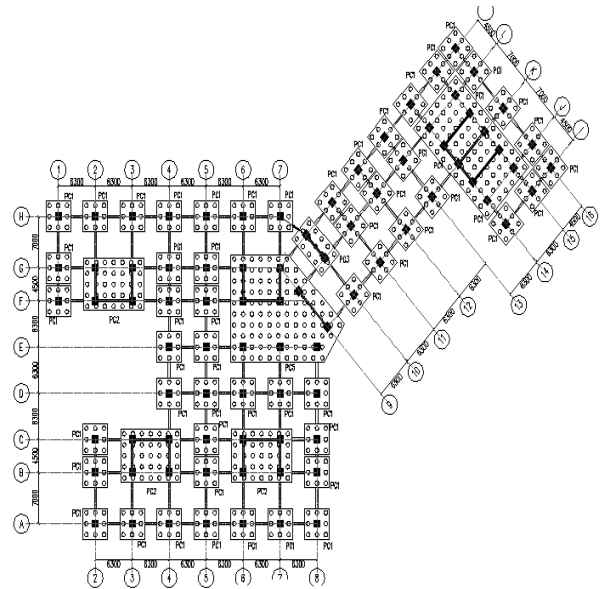
3) *Perencanaan Dinding Geser*

Pada perencanaan gedung ini, terdapat 7 tipe dinding geser. Berdasarkan sisi terpanjang dinding geser, yaitu 700 cm, direncanakan dinding geser dengan ketebalan 30 cm. Tulangan pada dinding geser dipasang sebanyak 2 lapis, dengan besar tulangan sebagai berikut :

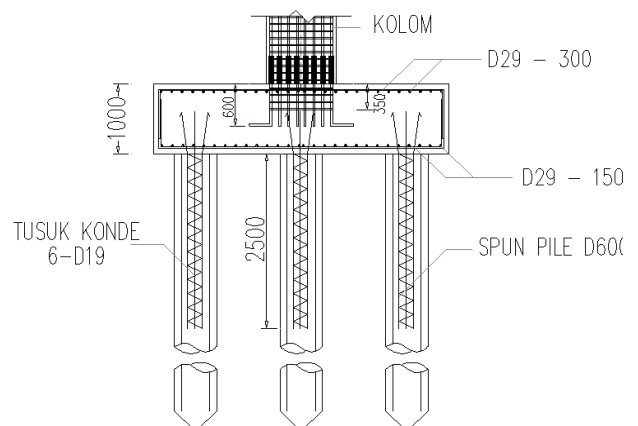
- Tulangan vertikal : D16 – 200
- Tulangan horizontal : D16 – 200
- Sengkan pada komponen pembatas : 5D16 – 120

G. *Perencanaan Sambungan*

Sambungan menggunakan tipe sambungan basah. Dimana untuk menyambung masing-masing tulangan menggunakan *reinforcement splice technology* yang terbuat dari *spiral reinforcement*. *Spiral reinforcement* tersebut terbuat dari tulangan polos. Dalam sambungan balok anak ke balok induk dan balok induk ke kolom, direncanakan menggunakan bantuan konsol pendek.



Gambar 12. Denah Pondasi.



Gambar 13. Detail Penulangan *Pile Cap* Tipe PC1.

1) *Sambungan Balok Induk – Kolom*

Perhitungan konsol pendek mengacu pada SNI 2847:2019 pasal 16.5 dan pasal 16.2.6.2. Dimensi *spiral reinforcement* , yang digunakan untuk menyambung antar tulangan balok, sebesar :

- Diameter tulangan lentur : D25 (420 MPa)
- Diameter tulangan : 6 mm (U24)
- D_{dalam} : 66 mm
- D_{luar} : 78 mm
- Celah bersih : 8 mm
- Panjang *Lap* sambungan : 350 mm

Cek kekuatan aksial sambungan tulangan

$$N_{rd} > 1,25 \times f_y \times A_{st} \tag{3}$$

$$0,25 \times \pi \times (78^2 - 66^2) \times 240 > 1,25 \times 420 \times 490,8$$

$$325720 \text{ N} > 257670 \text{ N}$$

Sambungan balok induk-kolom dapat dilihat pada Gambar 7, sedangkan potongan A-A dapat dilihat pada Gambar 8 dan Detail sambungan pada Gambar 9.

2) *Sambungan Balok Anak – Balok Induk*

Perhitungan konsol pendek mengacu pada SNI 2847:2019 pasal 16.5 dan pasal 16.2.6.2. Dimensi *spiral reinforcement* , yang digunakan untuk menyambung antar tulangan balok anak, sebesar :

- Diameter tulangan lentur : D19 (420 MPa)

Tabel 12.
Penulangan Tiang Pile Cap

Tipe	Jumlah <i>Spun pile</i>	Dimensi <i>Pile Cap</i> (meter)	Penulangan	
			Arah x	Arah y
PC1	9	4,2 × 42 × 1	D29 - 150	D29 - 150
PC2	35	10,2 × 7,2 × 1,5	D29 - 150	D29 - 150
PC3	15	8,7 × 8,7 × 1,5	D29 - 150	D29 - 150
PC4	84	17,7 × 10,2 × 1,5	D29 - 150	D29 - 150
PC5	99	19,2 × 14,7 × 1,5	D29 - 150	D29 - 150

Tabel 13.
Dimensi Struktur Sekunder

Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	
Pelat	P1, P2, P3,	Pracetak	Tebal = 90	mm
	P4, P5, P9	Komposit	Tebal = 140	mm
	P6, P7, P8	Pracetak	Tebal = 100	mm
		Komposit	Tebal = 150	mm
Balok Anak	BA1	Pracetak	250 x 310	mm
		Komposit	250 x 450	mm
	BA2	Pracetak	250 x 260	mm
		Komposit	250 x 400	mm
	BA3	Pracetak	250 x 250	mm
		Komposit	250 x 400	mm
	BA4	Pracetak	250 x 310	mm
		Komposit	250 x 450	mm
	BA5	Pracetak	250 x 260	mm
		Komposit	250 x 400	mm
	BA6	Pracetak	250 x 260	mm
		Komposit	250 x 400	mm
Tangga	Pelat bordes	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 150	mm
	Pelat tangga	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 150	mm
Balok lift		<i>Cast in situ</i>	350 x 500	mm

Tabel 14.
Dimensi Struktur Primer

Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	
Balok Induk	B1	Pracetak	350 x 410	mm
		Komposit	350 x 550	mm
	B2	Pracetak	350 x 410	mm
		Komposit	350 x 550	mm
	B3	Pracetak	350 x 410	mm
		Komposit	350 x 550	mm
	B4	Pracetak	400 x 460	mm
		Komposit	400 x 600	mm
	B5	Pracetak	300 x 310	mm
		Komposit	300 x 450	mm
	B6	Pracetak	350 x 460	mm
		Komposit	350 x 600	mm
B7	Pracetak	350 x 460	mm	
	Komposit	350 x 600	mm	
B8	Pracetak	400 x 450	mm	
	Komposit	400 x 600	mm	
B9	Pracetak	350 x 550	mm	
	Komposit	350 x 550	mm	
Kolom	K1	Pracetak	400 x 400	mm
	K2	Pracetak	500 x 500	mm
	K3	Pracetak	600 x 600	mm
	K4	Pracetak	800 x 800	mm
	K5	Pracetak	900 x 900	mm
	K6	Pracetak	1000 x 1000	mm
Shearwall	SW1	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 300	mm
	SW2	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 300	mm
	SW3	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 300	mm
	SW4	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 300	mm
	SW5	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 300	mm
	SW6	<i>Cast in situ</i>	Tebal = 300	mm

- Diameter tulangan : 6 mm (U24)
 - D_{dalam} : 66 mm
 - D_{luar} : 54 mm
 - Celah bersih : 8 mm
 - Panjang *lap* sambungan : 350 mm
- Cek kekuatan aksial sambungan tulangan, dengan persamaan (3), serta dapat dilihat pada Gambar 7.

3) Perencanaan Kolom – Kolom

Dimensi *spiral reinforcement* yang digunakan untuk menyambung antar tulangan kolom, sebesar :

- Diameter tulangan lentur : D29 (420 MPa)
- Diameter tulangan : 6 mm (U24)
- D_{dalam} : 74 mm
- D_{luar} : 86 mm
- Celah bersih : 8 mm
- Panjang *Lap* sambungan : 400 mm

Cek kekuatan aksial sambungan tulangan dengan persamaan (3) dan dapat dilihat pada Gambar 8.

$$0,25 \times \pi \times (86^2 - 74^2) \times 240 > 1,25 \times 420 \times 660,52$$

$$361728 \text{ N} > 346773 \text{ N}$$

Cek menurut pasal 18.9.2.2 SNI 2847:2019

$$\phi M_n > 0,4 M_{pr} \tag{4}$$

$$3877,2 \text{ kN-m} > 1957,2 \text{ kN-m}$$

Sambungan Balok Induk-Kolom dapat dilihat pada Gambar 10 dan detail spiral reinforcement kolom dengan D29 dapat dilihat pada Gambar 11.

H. Perencanaan Pondasi

Pondasi direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang, *Prestressed concrete spun pile*, yang diproduksi oleh PT. WIKA Beton. Dimana tiang-tiang pancang tersebut, dikelompokkan berdasarkan kebutuhan, dan akan diikat oleh *pilecap*. Denah lokasi dapat dilihat pada Gambar 12.

1) Perhitungan Tiang Pancang dan Pile Cap

Kelompok tiang pancang dibagi ke dalam 5 tipe seperti dalam tabel 12. Penulangan tusuk konde = 6D19 dipasang s edalam 2,5 meter, dengan tulangan transversal sebesar Ø10 – 100 mm, dapat dilihat pada Gambar 13.

I. Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang perlu diperhatikan dalam merencanakan struktur pracetak.

Elemen pracetak terberat :

- Balok B4 40/60 , bentang 7 m
 $W = 0,4 \times 0,6 \times 7 \times 2,4 = 4,032 \text{ ton}$
- Kolom K6 (1 m × 1 m)
 $W = 1 \times 1 \times 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ ton}$
- Pelat
 $W = 3,3 \times 6,05 \times 0,14 \times 2,4 = 6,708 \text{ ton}$

Maka dari itu, untuk bisa mengakomodasi beban terberat tersebut, digunakan *crane* dengan kapasitas yang mampu mengangkat semua beban tersebut, sebesar 9 ton. Transportasi elemen pracetak meliputi :

- Pемindahan beton pracetak di areal pabrik.
- Pемindahan beton dari tempat fabrikasi ke penampungan sementara di proyek.
- Pемindahan dari penampungan ke letak akhir elemen struktur.

1) Pemasangan Elemen Kolom

Setelah pemancangan pile, tulangan kolom dasar dipasang bersamaan dengan pile cap. Tulangan kolom yang sudah ditanam kemudian disambung dengan tulangan kolom pracetak. Kemudian di *grouting*.

2) Pemasangan Elemen Balok

Pemasangan balok dilakukan setelah kolom dipasang. Elemen pracetak balok induk diangkat menggunakan crane,

kemudian diletakan pada konsol pendek yang ada di kolom, di kedua sisi balok. Setelah itu, tulangan tarik tumpuhan balok induk dipasang.

Setelah elemen pracetak balok induk dipasang, elemen balok anak diangkat dengan crane dan diletakan pada konsol pendek yang ada di balok induk. Setelah itu, tulangan tarik tumpuhan balok anak dipasang. Setelah itu baru dilakukan pengecoran pada sambungan.

3) Pemasangan Elemen Pelat

Elemen pelat pracetak diangkat menggunakan crane ke atas balok anak dan balok induk sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Setelah diletakan, tulangan atas pelat dipasang sesuai yang telah direncanakan. Ketika semua tulangan atas telah terpasang, dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat, termasuk balok anak dan balok induk, sebagai overtopping.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan sebelumnya di atas, didapatkan beberapa kesimpulan dalam proses perancangan gedung *The Alton Apartment*, antara lain; (10) Perhitungan dimensi struktur dan pendetailan mengacu pada SNI 2847:2019; (20) Permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000; (30) Penyambungan elemen pracetak menggunakan tipe sambungan basah. Dimana dalam menyambung masing-masing tulangnya menggunakan *reinforcement splice technology* yang terbuat dari *spiral reinforcement*. *Spiral reinforcement* tersebut terbuat dari

tulangan polos diameter 6 mm U24; (4) Pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang, *prestressed spun pile*. Dengan metode tegangan ijin; (5) Hasil perhitungan perancangan gedung *The Alton Apartment* dicantumkan dalam bentuk gambar dengan program bantu Autocad versi 2007; (6) Hasil perhitungan dimensi struktur atas terdapat pada tabel 13 dan Tabel 14; (70) Hasil perhitungan dimensi struktur bawah terdapat pada tabel 15.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Savoia, N. Buratti, and L. Vincenzi, "Damage and collapses in industrial precast buildings after the 2012 emilia earthquake," *Eng. Struct.*, vol. 137, pp. 162–180, 2017, doi: 10.1016/j.engstruct.2017.01.059.
- [2] R. K. Khare, M. M. Maniyar, S. R. Uma, and V. B. Bidwai, "Performance and design of precast concrete building structures: an overview," *J. Struct. Eng.*, vol. 38, no. 3, pp. 272–284, 2011.
- [3] S. M. A. Inamdar, "Joints and connections in precast concrete buildings," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 7, no. 6, pp. 881–883, 2018, doi: 10.21275/ART20183152.
- [4] H. Nurjaman, L. Faizalb, H. Sidjabat, B. Hariandja, Y. Put, and R. Rivky, "Application of precast system buildings with using connection of unbonded post-tension and local dissipater device," *Procedia Eng.*, vol. 95, no. Scescm, pp. 75–87, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.167.
- [5] L. Faizal, H. N. Nurjaman, B. Hariandja, and G. Suprpto, "Design, testing, and construction of special hybrid moment frame structures for high rise building in indonesia," *Int. J. Earth Sci. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 162–168, 2018.
- [6] S. J. A. Hosseini and A. B. A. Rahman, "Effects of spiral confinement to the bond behavior of deformed reinforcement bars subjected to axial tension," *Eng. Struct.*, vol. 112, pp. 1–13, 2016, doi: 10.1016/j.engstruct.2015.12.038