
MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG DENGAN BETON PRACETAK PADA APARTEMEN THE CONEXIO

Adita Devania¹, Andrias Rudi Hermawan^{2*}

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok, Tlp. 021 7270036, Fax (021) 7270034

e-mail: dita.devania@gmail.com

*)Korespondensi: andrias.rudihermawan@sipil.pnj.ac.id

ABSTRACT

The Conexio Appartements in actual condition are designed using conventional reinforced concrete method and does not have good quality. While in the project also often affected by the weather. The use of precast concrete are having some excellence of them are not affected by the weather, well maintained quality, and earthquake resistant. The connection between the precast elements play an important role in precast buildings to make the buildings resistant to earthquake. This modification is intended to created earthquake resistant precast building according to SNI 2847:2013 with good quality control. In this study, the building will be modified into 8 floors precast building as planned and reviewed which will be analyzed by ETABS. From the results of the modification according to SNI 1726:2012 and SNI 2847:2013 we obtained, main beam dimension 40x60cm, secondary beam 35x55 cm, column dimension 65x65 cm, overtopping 6 cm for slab and using Splice sleeve grout for column to column connection, lap splices 500mm for beam-column connection, and 30x40cm for concrete consol dimension.

Keywords : Precast, Splice Sleeve, Wet Connection.

ABSTRAK

Apartemen The Conexio pada kondisi sebenarnya dirancang menggunakan metode konvensional dengan kondisi mutu yang kurang baik. Dalam pelaksanaannya, proyek tersebut juga sering terganggu oleh cuaca. Penggunaan beton pracetak memiliki beberapa keunggulan diantaranya pelaksanaannya tidak terpengaruh oleh cuaca, memiliki mutu yang terjaga dan tahan gempa. Sambungan antar elemen pracetak sangat berperan penting dalam bangunan dengan beton pracetak yang tahan gempa sehingga perlu diperhitungkan sesuai dengan peraturan. Modifikasi ini ditujukan untuk menghasilkan gedung dengan pracetak yang tahan gempa sesuai dengan SNI 2847:2013 dengan pengendalian mutu yang baik. Dalam studi ini, gedung tersebut akan dilakukan modifikasi struktur menjadi beton pracetak dengan tinjauan 8 lantai dan analisa dibantu dengan software ETABS. Dari hasil modifikasi yang dilakukan, elemen-elemen pracetak sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013 yaitu meliputi ukuran balok induk 40x60cm, ukuran balok anak 35x55 cm, dengan kolom berdimensi 65x65 cm, tebal overtopping 6 cm pada pelat dan menggunakan Splice sleeve grout pada sambungan kolom, penyambungan balok-kolom dengan panjang penyaluran 500 mm dan penggunaan konsol pada kolom dengan dimensi 30x40cm.

Kata kunci : Beton Pracetak, Splice Sleeve, Sambungan Basah.

PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya permintaan tempat tinggal dan lahan yang terbatas, maka terciptalah konsep hunian vertikal yaitu berupa Apartemen. Atas hal tersebut, maka dibutuhkan pembangunan yang cepat dan efisien. Untuk mendukung hal tersebut, maka digunakan beton pracetak. Beton pracetak merupakan pekerjaan beton yang sudah dipersiapkan untuk dicetak dan diberi perawatan pada lokasi yang bukan lokasi akhir (*final*) sehingga hanya perlu dilakukan pemasangan elemen-elemen beton pracetak pada lapangan konstruksi. Penggunaan beton pracetak, dinilai lebih efisien terutama pada aspek mutu, dikarenakan pengerjaannya yang dilakukan di pabrik dan kualitasnya terkendali dari proses awal hingga akhir (Khakim,2011).

Dalam perencanaan beton pracetak, perlu diperhatikan beberapa hal diantaranya perencanaan tulangan pada saat sebelum komposit, perencanaan tulangan pada saat pengangkatan, dan perencanaan tulangan pada saat elemen pracetak dalam keadaan monolit. Setiap elemen-elemen beton pracetak tersebut, pada saat di lapangan perlu dilakukan penyambungan. Penyambungan antar elemen ini, sangat berpengaruh terhadap kekuatan struktur terutama pada daerah rawan gempa. Sehingga harus sambungan antar elemen perlu diperhatikan dengan baik.

Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai perencanaan elemen beton pracetak dan penyambungan pada elemen beton pracetak. Jenis penyambungan yang dipilih pada penelitian ini menggunakan sambungan basah karena tergolong monolit sehingga dapat menyerupai konstruksi beton monolit,(Susanto, et.al, 2018). Perencanaan sambungan dan perencanaan penulangan pada elemen beton pracetak, disesuaikan dengan SNI 2847 – 2013 dengan menggunakan

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) mengikuti yang disyaratkan pada SNI 1726 – 2012 untuk bangunan tahan gempa. Pada perhitungan pengangkatan elemen pracetak, disesuaikan dengan PCI (*Precast Concrete Institute*) *Design Handbook 6th Edition*. Pada penyambungan elemen yang menggunakan panjang penyaluran, disesuaikan dengan SNI 2847 – 2013 pasal 12.2.3, dinyatakan pada persamaan berikut:

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t\psi_e\psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b$$

Keterangan :

- λ = Faktor beton agregat
- ψ_e = Faktor pelapis
- ψ_t = Faktor lokasi penulangan
- ψ_s = Faktor ukuran tulangan
- c_b = yang terkecil dari jarak pusat tulangan ke permukaan beton terdekat, dan setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan.
- K_{tr} = indeks tulangan transversal, dimana:

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn}$$

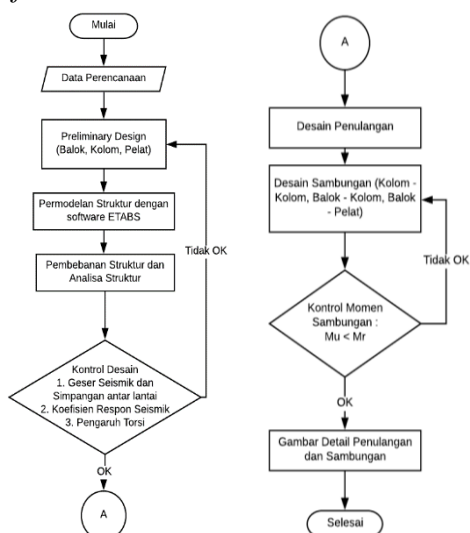
Keterangan :

- N = jumlah batang tulangan yang disambung
- K_{tr} = diizinkan menggunakan 0 sebagai penyederhanaan.

METODE PENELITIAN

Lokasi yang dijadikan tempat penelitian terdapat di Jalan Caman Raya, Jatibening, Pondok Gede, Bekasi, Jawa Barat, tepatnya pada Proyek Apartemen *The Conexio*. Pengumpulan data berupa data struktur dan denag diberikan oleh PT. Adhi Persada Properti selaku pemilik dari proyek tersebut. Data gempa pada wilayah tersebut didapatkan dari *puskim.go.id*. Permodelan struktur dan analisa struktur dibantu dengan menggunakan *software* ETABS 2016,

dan dilakukan penggambaran dengan software AutoCad.

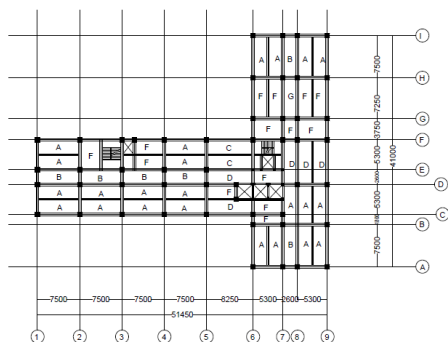


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Preliminary Design

- Untuk desain awal bangunan disesuaikan dengan denah pada Gambar
- Hanya ditinjau setinggi 8 lantai.



Gambar 2. Denah Balok, Kolom, dan Pelat Tipikal

- Perencanaan Dimensi Balok
Perencanaan dimensi balok disesuaikan dengan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.2.1 yang direkapitulasi pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Rekapitulasi Balok Induk

Kode	Lb	H min	B min	H pakai	B pakai	Dimensi
	mm	mm	mm	mm	Mm	mm
BI1	7500	448.66	299.10	600	400	600/400
BI2	8250	493.52	329.01	600	400	600/400
BI3	5600	317.05	211.36	550	350	550/350
BI4	2600	155.53	103.69	450	300	450/300
BI5	7250	433.70	289.13	450	300	450/300
BI6	3750	224.33	149.55	450	300	450/300

Tabel 2. Rekapitulasi Balok Anak

Kode	Lb	H min	B min	H pakai	B pakai	Dimensi
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
BA1	7500	341.83	227.89	500	300	500/300
BA2	8250	376.02	250.68	500	300	500/300
BA3	7250	330.44	220.29	500	300	500/300

- Perencanaan Dimensi Pelat
Perhitungan dimensi pelat disesuaikan dengan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.2.2, yang direkapitulasi pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Dimensi Pelat

Type	Dimensi	Dimensi Parsial	Tebal
Type A	750 x 265	227,5 x 110	13 cm
Type B	750 x 260	215 x 110	13 cm
Type C	825 x 265	227,5 x 150	13 cm
Type D	825 x 260	215 x 150	13 cm
Type E	725 x 265	227,5 x 120	13 cm
Type F	530 x 265	237,5 x 110	13 cm
Type G	725 x 260	215 x 110	13 cm

- Perencanaan Dimensi Kolom
Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 untuk komponen struktur beron bertulang faktor reduksi, $\phi = 0,65$. Mutu beton 35 Mpa.

$$A = \frac{w}{\phi f_c} = \frac{713326,9}{0,65 \times 35} = 313550,3 \text{ mm}^2$$

Kolom berbentuk persegi maka:

$$H=B=\sqrt{A} = 559,5 \text{ mm, dipakai} = 650 \text{ mm.}$$

Maka dimensi kolom 650/650 mm.

2. Perencanaan Penulangan dan Pengangkatan Elemen

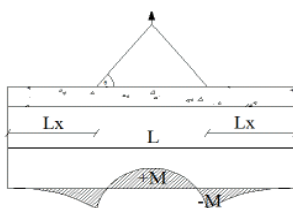
- Penulangan Pelat Lantai
Penulangan pelat lantai direncanakan dalam 3 tahapan, sebelum komposit, pada saat pengangkatan, setelah komposit. Kombinasi pembebanan yang digunakan:

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

Dimana:

DL = Beban mati yang bekerja

LL = Beban hidup yang bekerja



Gambar 3. Titik Pengangkatan

Pada saat pengangkatan, ditentukan empat titik pengangkatan disesuaikan dengan PCI Design Handbook:

$$M_x = 0,0107 \times W \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0,0107 \times W \times a \times b^2$$

Dimana:

W = Beban yang terjadi pada setiap titik

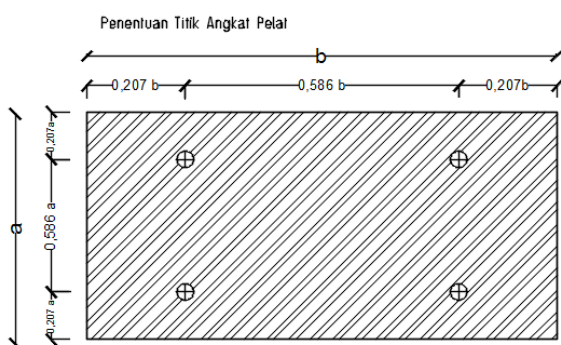
a = Sisi pendek (Lx)

b = Sisi panjang (Ly)

Sehingga diperoleh hasil penulagan dan titik angkat pelat sebagai berikut.

Tabel 4. Penulagan Pelat

Tipe Pelat	Ukuran Pelat		Tulangan Terpasang			Tulangan Angkat
	Ly(m)	Lx(m)	Utama	Pembagi	Overtopping	
A	2,275	1,1	D10-200	D10-350	D10-350	D10
B	2,15	1,1	D10-200	D10-350	D10-350	D10
C	2,275	1,5	D10-200	D10-350	D10-350	D10
D	2,15	1,5	D10-200	D10-350	D10-350	D10
E	2,275	1,2	D10-200	D10-350	D10-350	D10
F	2,375	1,1	D10-200	D10-350	D10-350	D10
G	2,15	1,1	D10-200	D10-350	D10-350	D10



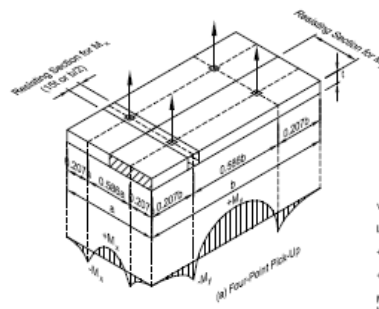
Gambar 4. Letak Titik Angkat

• Penulagan Balok Induk

Dari hasil analisa diperoleh balok berdimensi 400/600 mm, 350/550 mm, 300/450 mm, dengan penulagan pada

tumpuan, lapangan, dan geser disesuaikan dengan SNI 2847 – 2013 pasal 21, sehingga didapatkan penulagan pada Gambar 5 dan Tabel 5.

Pengangkatan balok induk, disesuaikan dengan PCI Design Handbook,



Gambar 5. Titik Pengangkatan Balok

Dimana, nilai:

$$X = \frac{1 + \frac{4Yc}{L \times tg \alpha}}{2 \left(1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4Yc}{L \times tg \alpha} \right) \right)}$$

α = Sudut pengangkatan

L = Panjang bentang

Yt = 1/2 H = Yb

Sehingga didapatkan titik pengangkatan pada Tabel 6 dan digambarkan pada Gambar 6.

Tabel 5. Rekapitulasi Penulagan Balok Induk

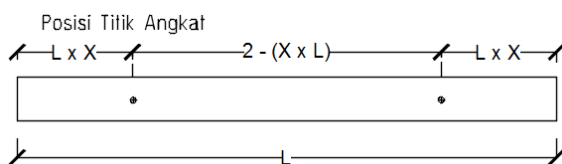
Kode	Dimensi	Tumpuan		Lapangan		Senggang	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah	Tumpuan	Lapangan
BI1	40 x 60	4D19	2D19	2D19	3D19	D13-140	D13-270
BI2	40 x 60	4D19	2D19	2D19	3D19	D13-140	D13-270
BI3	35 x 55	4D19	2D19	2D19	5D19	D13-120	D13-240
BI4	30 x 45	4D19	2D19	2D19	3D19	D13-100	D13-200
BI5	30 x 45	4D19	2D19	2D19	3D19	D13-100	D13-200
BI6	30 x 45	4D19	2D19	2D19	3D19	D13-100	D13-200

Kode	Penulagan Balok Induk				Penulagan Balok Anak			
	BI 1		BI 2		BI 3		BA 1	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa								
Dimensi	400 x 600		300 x 450		350 x 550		300 x 500	
Atas	4 D 19	2 D 19	4 D 19	2 D 19	4 D 19	2 D 19	6 D 19	2 D 19
Bawah	2 D 19	3 D 19	2 D 19	3 D 19	2 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19
Senggang	2D13 - 140	3D13 - 270	2D13 - 100	2D13 - 200	2D13 - 120	2D13 - 240	D13 - 100	D13 - 200
Tul. Pinggang	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13	2 D13

Gambar 5. Penulagan Balok Induk

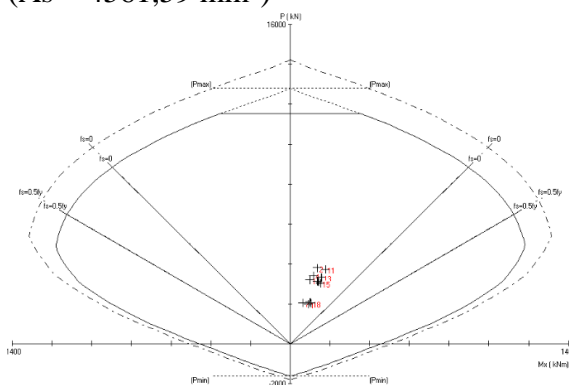
Tabel 6. Rekapitulasi Pengangkatan Balok

Be nta ng m	Di me nsi cm	Tul ang an	Sengkan		Titik Angkat (cm)		Dia met er T.A ngk at
			Tu mp uan	Lap ang an	(X x L)	L- 2(X x L)	
500 0	65x 65	12D 22	D13	D13	11	280	16
			100	150	-	0	
450 0	65x 65	12D 22	D13	D13	90	270	16
			100	150	-	0	
310 0	65x 65	12D 22	D13	D13	70	170	16
			100	150	-	0	



Gambar 6. Letak Titik Pengangkatan Balok

- **Penulangan Kolom**
Penulangan lentur kolom menggunakan bantuan dari SPColumn sehingga didapatkan hasil rasio tulangan = 1,21%, dengan penulangan 12D22, ($A_s = 4561,59 \text{ mm}^2$)



Gambar 7. Diagram Intersalsi Kolom 650 x 650 mm
Penulangan geser dan longitudinal kolom disesuaikan dengan SNI 21, untuk

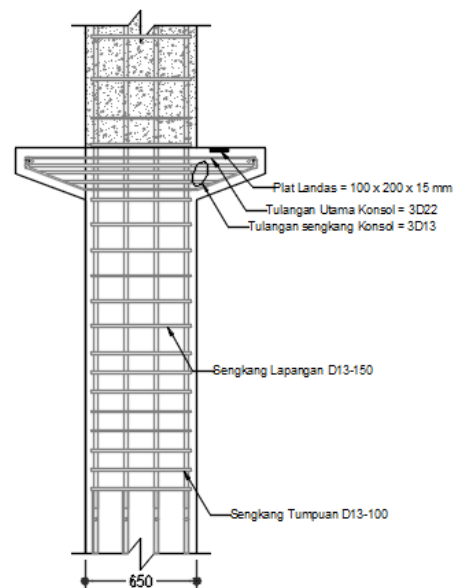
memenuhi *Strong Column Weak Beam*. Pengangkatan pada kolom sama dengan pengangkatan pada balok. Sehingga didapatkan penulangan dan titik angkat pada Tabel 7 dan Gambar 8.

Tabel 7. Rekapitulasi Penulangan Kolom

Kode	Dimensi (cm)		Lb mm	Titik Angkat (cm)	
	Komposit	Pracetak		X x L	L- 2(X x L)
BI1	40 x 60	40 x 47	7500	160	390
BI2	40 x 60	40 x 47	8250	180	465
BI3	35 x 55	35 x 42	5600	120	320
BI4	30 x 45	30 x 32	2600	60	140
BI5	30 x 45	35 x 32	7250	160	405
BI6	30 x 45	30 x 32	3750	80	215

Penulangan Kolom						
Kode	K1		Kolom Lift		KT	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan Lapangan	
Sketsa						
Dimensi	650 x 650		500 x 500		650 x 650	
Tulangan Utama	12 D 22		8 D 22		12 D 22	
Sengkan	3D13 - 100	2D13 - 150	1D13 - 100	1D13 - 150	D13 - 100	D13 - 300

Gambar 8. Penulangan Kolom

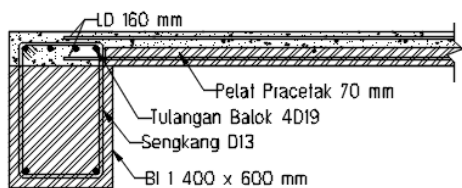


DETAIL PENULANGAN KOLOM PRACETAK
Gambar 9. Penulangan Kolom Pracetak

3. Perencanaan Sambungan

- Sambungan Pelat – Balok

Disesuaikan dengan SNI 2847 – 2013 pasal 12.5.1. Sehingga didapatkan, $L_{dh} = 160 \text{ mm}$.



Sambungan Pelat – Balok

Gambar 10. Detail Sambungan Pelat Balok

Pelat diberi *overlapping* yang dicor bersamaan dengan balok.

- Sambungan Balok Induk – Balok Anak

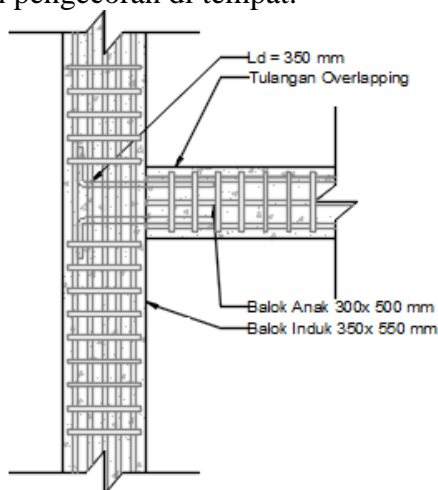
Sambungan antara BI – BA menggunakan stek dari BI yang kemudian *overlapping* dengan penyaluran dari BA sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 12.3.2 dan 12.5.2. Didapatkan L_{dc} dan L_{dh} sebesar:

$$L_{dc} = 350 \text{ mm.}$$

$$L_{dh} = 350 \text{ mm.}$$

$$L_d \text{ overlap} = 300 \text{ mm.}$$

Pada bagian tulangan *overlap* akan dilakukan pengecoran di tempat.



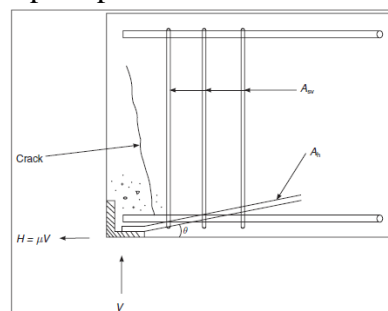
DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK & ANAK

Gambar 11. Sambungan BA – BI

- Sambungan Balok Induk – Kolom
- Sambungan balok – kolom dengan konsol sesuai dengan SNI 2847 – 2013

pasal 11. Pada balok diberi panjang penyaluran sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 12.3 dan 12.5, yang kemudian akan dicor ditempat bersamaan dengan kepala kolom, *overlapping* pelat dan balok.

Pada konsol dan balok diberi penahan retakan akibat geser dari kedua ujung seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Tulangan Penahan Retak Dengan menentukan besaran H, dengan:

$$H = \mu \times V$$

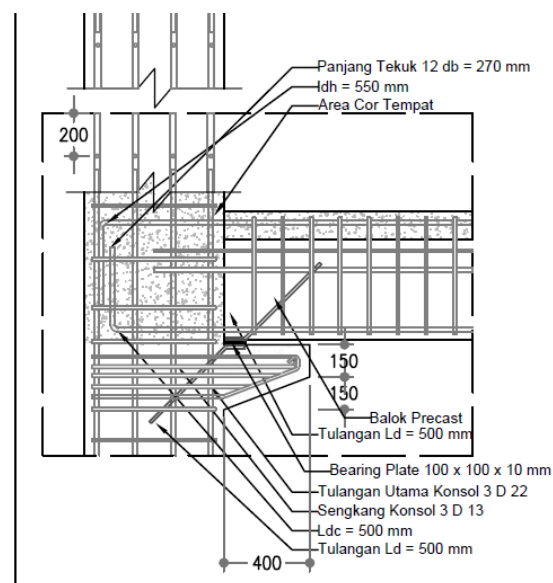
Dimana:

H = Gaya yang terjadi

μ = Koefisien friksi

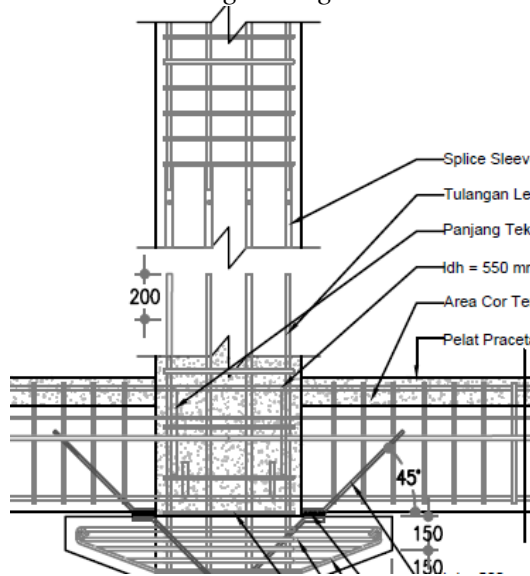
V = Gaya geser

Kemudian menentukan Panjang Ah dengan L_d pada pasal 12.2.1 SNI 2847 – 2013. Sehingga didapatkan penulangan seperti pada Gambar 13.

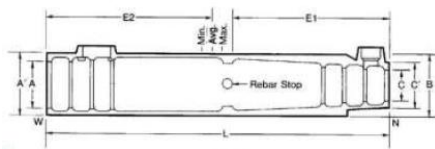


Gambar 13. Sambungan Balok – Kolom

- Sambungan Kolom – Kolom
Sambungan antar kolom menggunakan produk *NMB Splice Sleeve* dengan pemilihan disesuaikan dengan spesifikasi dari brosur. Penyambungan ini dilakukan dengan memasukkan bahan *grouting*.



Gambar 14. Sambungan Kolom – Kolom



Gambar 15. Detail *NMB Splice Sleeve*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan perencanaan dimensi, pada balok didapatkan sebesar 300/450 mm, 400/600 mm, dan 350/550 mm dengan penulangan utama D19 dan tulangan geser D13. Pada pelat yang mengacu pada SNI 2847 – 2013 pasal 9.5.2, didapatkan tebal 130 mm dengan tebal *overtopping* 60 mm dan pelat pracetak *half slab* 70 mm. Sedangkan pada kolom, didapatkan dimensi 650/650 mm, dengan penulangan utama 12D22.

Pada penulangan angkat setiap elemen,

pada pelat digunakan empat titik angkat yang disesuaikan dengan *PCI design handbook*, dengan kedalaman angkur 50 mm dan tulangan angkat D10. Pada Balok digunakan dua titik angkat, dengan kedalaman angkur 150 mm dan tulangan angkat yang digunakan D13. Diletakkan pada jarak yang sudah ditentukan dari masing- masing ujung balok. Sedangkan pada kolom, digunakan tiga titik angkat yaitu dua buah pada sisi yang sama seperti balok dan satu sisi pada atas kolom. Digunakan angkur D16 dengan kedalaman 160 mm.

Pada sambungan antar elemen dapat disimpulkan, sambungan pelat dan balok menggunakan $L_d = 160$ mm yang nantinya akan dicor bersamaan dengan *topping* balok dan kepala kolom. Untuk sambungan Balok anak – balok induk menggunakan stek tulangan yang diberi panjang penyaluran sebesar 300 mm. Sedangkan pada sambungan Balok dan kolom menggunakan konsol pendek dan panjang penyaluran. Pada sambungan kolom – kolom menggunakan produk dari *NMB Splice Sleeve* yang disesuaikan dengan spesifikasi.

Dalam penelitian ini, telah dilaksanakan sesuai dengan prosedur, namun masih memiliki keterbatasan yaitu dalam penelitian ini tidak mengkaji besaran kekuatan sambungan dari hasil perhitungan dalam SNI 2847 – 2013, hanya memenuhi persyaratan dari peraturan yang digunakan. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk mengkaji lebih lanjut mengenai kekuatan sambungan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2013*

- [2] Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung*, SNI 7833:2012.
- [3] Elliot, Kim S. 2001. *Precast Concrete Structures*. Butterworth Heinemann.
- [4] Klana, Kusuma I., Mudji Irmawan, and Endah Wahyuni. 2017. *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Ibis Styles Hotel dengan Metode Beton Pracetak*. Vol. 6 No.2. Jurnal Teknik ITS.
- [5] Precast/Prestressed Concrete Institute. 2004. *PCI Design Handbook 6th Edition*.
- [6] Trie Sony Kusumowibowo, Endah Wahyuni. 2017. *Modifikasi Perencanaan Gedung Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Koja Jakarta Dengan Metode Pracetak*. Vols. 6, No.1. Jurnal Teknik ITS.
- [7] IAPPI. 2015. *Modul Pelatihan dan Sertifikasi Pengawas Konstruksi Beton Pracetak Bangunan Gedung*.
- [8] Fadilla, Elvi dkk. 2009. *Studi Eksperimental Sambungan Kolom-Kolom Pada Sistem Beton Pracetak Dengan Menggunakan Sleeves*. Makalah HAKI.
- [9] Tumilar, Steffie. 2011. *Prosedur Analisis Struktur Beton Akibat Gempa Menurut SNI 1726-2010*. Seminar HAKI.
- [10] Ervianto, Wulfram. *Studi Implementasi Teknologi Beton Pracetak Bagi Bangunan Gedung*. Yogyakarta.
- [11] Wiranata, Arga. *Studi Analisis Sambungan Balok-Kolom Dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang*. Malang.
- [12] Hendrawan Wahyudi, Hery Dwi Hanggoro. 2010. *Perencanaan Struktur Gedung BPS Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Beton Pracetak*. Semarang.
- [13] Khakim, Zainul et. all. 2011. *Studi Pengerjaan Beton Antara Pracetak dan Konvensional Pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung Dengan Metode AHP*. Malang
- [14] Widodo Soetjipto, Jojok. *Analisa Perbandingan Pelaksanaan Pembangunan Menggunakan Beton Konvensional Dengan Elemen Beton Pracetak Pada Bangunan Tingkat Tinggi*. Jember.
- [15] Irawan, Djoko. et. all. 2014. *Kajian Sambungan Antar Pelat Pracetak Pada Sistem Half Slab Yang Menerima Beban Lentur*. Surabaya.
- [16] Susanto Felix, Vincentius. et. all. 2018. *Desain Modifikasi Apartemen One East dengan Menggunakan Precast Dual System Sesuai dengan Peraturan ACI 318M-14*. Vol 7 No. 1. Jurnal Teknik ITS. Surabaya.
- [17] Riyanto, Hery. *Perilaku Statis Struktur Beton Pracetak dengan Sistem Sambungan Basah*. Lampung.
- [18] Irawan, Djoko. 2017. *Model Sambungan Antar Komponen Beton Pracetak*. Surabaya.
- [19] Rahmadhan Yusuf, Gita. et. all. 2014. *Studi Perencanaan Desain Sambungan Balok – Kolom dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang*. Malang.
- [20] Adi Yuniarto, Rudi. et. all. 2014. *Perilaku Kekuatan Sambungan Kolom Pada Sistem Beton Pracetak*. Semarang.