

Perencanaan Struktur Gedung 5 Lantai Menggunakan Balok dan Pelat Prategang Sesuai SNI 2847 2013

Deska Adi Pratama¹⁾
Surya Sebayang²⁾
Laksmi Irianti³⁾

Abstract

In multistorey building construction there are many types structural system that are being used such as reinforced concrete system, prestressed concrete system and composite system with its advantages in disadvantages. The purpose of this research was for designing 5 storey building using prestressed concrete for beams and slabs with SNI 2847 (2013).

From analysis results, the dimension of hollow core slab is 1200 x 7500 x 250 mm with Ø12,7-300 strands. The reinforcement of non prestressed HCS are Ø16-250 for main reinforcement and Ø13-300 for cross reinforcement. The 15 m span prestressed beam has dimension 800 x 500 mm with 24-Ø12,7 strands. Shear and torsion design with Ø16-140 as stirrups and 8D19 as longitudinal reinforcement. The 7,5 m span prestressed beam has dimension 600 x 425 mm with 4-Ø12,7 strands. Shear and torsion design with Ø16-100 as stirrups and 10D19 as longitudinal reinforcement. The dimension of column is 600 x 600 mm with 26-D22 as main reinforcement and Ø16-175 for shear reinforcement on maximum load.

In prestressed system design that applied for beam and slab based on SNI 2847 (2013) on 5 storeys building has much smaller rebar percentage than normal reinforced system.

Keywords: Prestressed concrete, multistorey building, SNI 2847 2013.

Abstrak

Konstruksi gedung bertingkat memiliki beberapa tipe sistem struktur yaitu beton bertulang, beton prategang atau komposit dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur gedung 5 lantai menggunakan sistem prategang pada balok dan pelat sesuai dengan SNI 2847 (2013).

Dari hasil analisis, Perencanaan *hollow core slab* pada struktur menghasilkan dimensi 1200 x 7500 x 250 mm dengan *strand* Ø12,7-300. Untuk non prategang, Ø16-250 tulangan utama & Ø13-300 tulangan bagi. Perencanaan balok prategang bentang 15 m diperoleh dimensi 800 x 500 mm dengan *strand* 24-Ø12,7. Desain geser & torsi, Ø16-140 untuk sengkang & 8D19 untuk longitudinal. Balok bentang 7,5 m didapat dimensi 600 x 425 mm dengan *strand* 4-Ø12,7. Desain geser & torsi, Ø16-100 untuk sengkang & 10D19 untuk longitudinal. Perencanaan kolom menghasilkan dimensi 600 x 600 mm dengan tulangan 26-D22 untuk tulangan utama & tulangan geser Ø16-175 pada beban maksimum.

Dalam perencanaan menggunakan sistem prategang berdasarkan SNI 2847 (2013) yang diaplikasikan pada balok dan pelat pada struktur gedung 5 lantai memiliki persentase luas tulangan lebih sedikit dibandingkan sistem tulangan biasa.

Kata kunci : Beton prategang, gedung bertingkat, SNI 2847 2013.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel:

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Dalam konstruksi gedung bertingkat banyak digunakan bermacam-macam tipe sistem struktur baik beton bertulang, beton prategang ataupun komposit. Tiap tipe sistem struktur mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Menurut ACI beton prategang adalah beton struktural yang diberi tegangan internal dengan besar dan distribusi tertentu sehingga dapat mengurangi potensi tegangan tarik akibat beban eksternal. Pada balok dan pelat *precast* dapat digunakan sistem *pretensioning* dimana tendon ditarik terlebih dahulu sebelum dicetak atau sistem *post tensioning* yakni tendon ditarik setelah beton dicetak. Karena balok telah diberi gaya dalam untuk menahan gaya eksternal maka pada balok dan pelat prategang memiliki daya dukung lentur (*flexural strength*) yang lebih baik dibandingkan beton bertulang biasa.

Penggunaan balok dan pelat dengan sistem prategang memungkinkan untuk struktur memiliki dimensi yang lebih langsing dan dengan tahanan terhadap beban yang tidak kalah dibandingkan dengan struktur beton bertulang biasa. Tentunya tetap dengan perhitungan dan kontrol yang teliti sehingga tetap aman digunakan. Selain itu memungkinkan pengurangan dimensi struktur sendiri sehingga volume bangunan berkurang yang mana mengakibatkan berkurangnya kolom-kolom struktural ataupun penggunaan balok anak yang memungkinkan bentuk desain ataupun tipikal dari pada bangunan struktur sendiri dapat memiliki ruang dan nilai estetika lebih.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur gedung 5 lantai menggunakan balok dan pelat prategang sesuai SNI 2847 2013 dengan harapan dapat digunakan sebagai acuan dalam proses perencanaan dengan dibantu oleh program ETABS ver. 16 untuk analisis struktur sehingga proses perencanaan dapat di lakukan lebih cepat dan tepat.

Batasan penelitian yang di ambil pada penelitian ini adalah peraturan yang ditinjau adalah Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847 (2013) dengan tinjauan pembebanan seperti yang di atur dalam SNI 1727 (2013) untuk beban mati, hidup, angin dan gempa. Struktur di asumsikan berada pada kota Bandar Lampung dengan kelas tanah D. Struktur yang di desain adalah struktur kolom, balok dan pelat serta sambungan struktur. Dalam pemodelan menggunakan etabs tidak menganalisis pondasi, tetapi menganggap pondasi tersebut dengan asumsi bagian paling bawah ujung kolom merupakan tumpuan jepit dan mengasumsikan sambungan balok ke kolom merupakan sendi dan rol.

2. METODE PENELITIAN

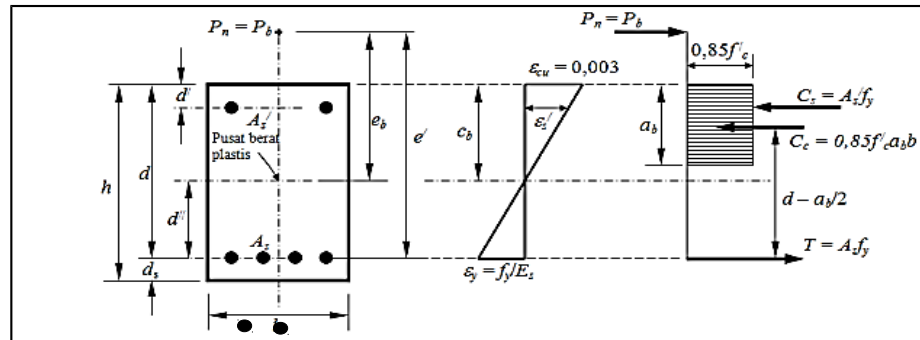
2.1. Struktur Gedung.

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*lower structure*) dan struktur atas (*upper structure*). Struktur bawah (*lower structure*) yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud dengan struktur atas (*upper structure*) adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat.

Beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake load*), dan beban angin (*wind load*) adalah jenis beban yang bekerja pada suatu elemen struktur menjadikan bahan perhitungan mula-mula dalam suatu perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap elemen struktur. Setelah itu dapat dilakukan analisis struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (Gideon dan Takim, 1993).

2.2. Kolom.

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi atau panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar tiga atau lebih dan berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Pada perencanaan kolom didasarkan oleh grafik tegangan regangan seperti pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Tegangan Regangan Kolom Beton Bertulang.

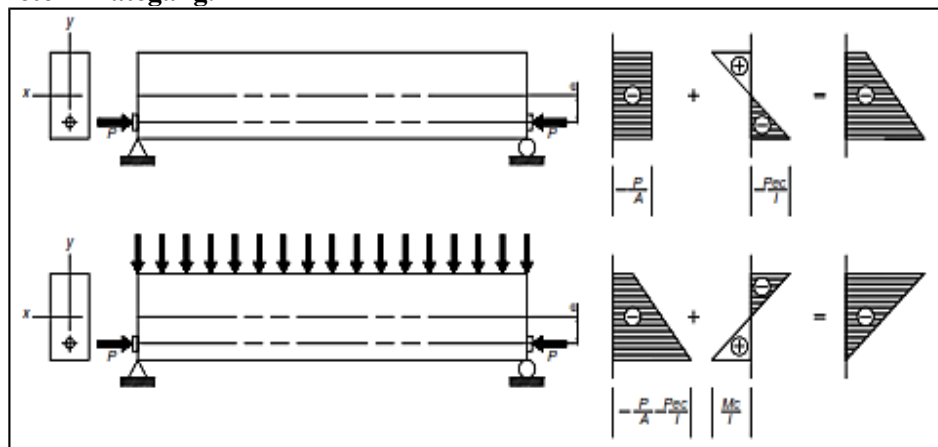
Pada SNI 2847:2013 telah disebutkan dalam pasal 10.3.6.1 dan 10.3.6.2 untuk kuat tekan nominal pada struktur non-prategang dengan tulangan spiral dan pada struktur non prategang dengan tulangan pengikat/sengkan adalah.

$$\phi P_n = \phi 0,85 [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (1)$$

Notasi :

- ϕ = 0,65 untuk sengkang persegi
- A_g = Luas total penampang kolom
- A_{st} = Luas total tulangan tekan memanjang
- f'_c = Kuat tekan beton
- f_y = Kuat leleh tulangan baja

2.3. Beton Prategang.



Gambar 2. (a) Tendon Eksentris, hanya prategang tanpa beban sendiri. (b) Tendon Eksentris, prategang ditambahkan beban sendiri.

Beton prategang adalah beton struktural yang diberi tegangan internal dengan besar dan distribusi tertentu sehingga dapat mengurangi potensi tegangan tarik akibat beban eksternal. Pada Gambar 2 akibat beban transversal pada balok maka akan muncul momen maksimum di tengah bentang, sehingga tegangan serat atas menjadi :

$$f^t = \frac{-P}{A_c} - \frac{M c}{I_g} \quad (2)$$

Dan tegangan pada serat bagian bawah menjadi :

$$f_b = \frac{-P}{A_c} + \frac{M c}{I_g} \quad (3)$$

Notasi :

f^t	= Tegangan di serat bagian atas
f_b	= Tegangan di serat bagian bawah
P	= Gaya prategang
A_c	= Luas penampang
M	= Momen akibat berat sendiri
c	= Titik berat penampang persegi panjang
I_g	= Momen inersia penampang

Tegangan pada beton dibatasi sesuai persyaratan kemampuan layan dimana dalam SNI 2847 (2013) pasal 18.4 bahwa :

1. Tegangan pada beton sesaat setelah penyaluran prategang (sebelum kehilangan prategang tergantung waktu) :
 - a. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan $\leq 0,60f_{ci}$.
 - b. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan pada tumpuan $\leq 0,70f_{ci}$.
 - c. Bila kekuatan tarik beton pada tumpuan $\geq 0,5\sqrt{f_{ci}}$ atau $\geq 0,25\sqrt{f_{ci}}$ pada lokasi lainnya harus diperhitungkan tulangan dengan lekatan tambahan pada daerah tarik.
2. Tegangan beton saat beban layan untuk komponen struktur prategang tidak boleh melebihi :
 - a. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan akibat prategang ditambah beban tetap $\leq 0,45f_c$.
 - b. Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan akibat prategang ditambah beban total $\leq 0,60f_c$.

Tegangan izin baja prategang diatur pada SNI 2847:2013 pasal 18.5 bahwa tegangan tarik pada baja prategang tidak boleh melampaui $0,94f_{py}$ untuk akibat gaya penarikan (*jacking*) dan $0,70f_{pu}$ untuk tendon pasca tarik sesaat setelah transfer gaya.

Gaya prategang pada beton akan mengalami proses reduksi secara berangsur-angsur (progresif) dalam kurun waktu kurang lebih lima tahun (Nawy, 2001). Sehingga kehilangan sebagian prategang merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan,

kehilangan sebagian prategang sendiri terdapat dua tahap seperti yang dijelaskan pada Gambar 3 yakni kehilangan langsung (*immediate lose*) dan kehilangan akibat waktu (*time dependent lose*).



Gambar 3. Kehilangan Prategang.

2.4. Balok Prategang.

Balok adalah elemen lentur yang berfungsi memikul beban dari pelat yang kemudian diteruskan ke kolom dan seterusnya. Balok berfungsi sebagai elemen lentur dimana memikul gaya dalam seperti momen dan gaya geser. Pada penampang balok prategang secara keseluruhan didesain mengalami tekan sehingga balok dapat memikul beban dan momen yang lebih besar dibandingkan balok beton biasa. Tipe balok pada beton prategang antara lain adalah balok dengan penampang persegi atau persegi panjang (*rectangular beam*).



Gambar 4. Rectangular Beam.

Dalam perhitungan kekuatan balok prategang dari tendon prategang f_y harus diganti dengan f_{ps} (tegangan pada baja prategang saat tercapainya kekuatan nominal pada penampang). Nilai f_{ps} untuk tendon dengan lekatan penuh (*bonded*) adalah :

$$f_{ps} = 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[\rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \quad (4)$$

Dimana :

- f_{ps} = Tegangan dalam baja prategang saat kuat lentur nominal (MPa)
- f_{pu} = Kekuatan tarik baja prategang yang disyaratkan (MPa)
- f_{se} = Tegangan efektif dalam baja prategang setelah menghitung kehilangan prategang terjadi (MPa)
- γ_p = Faktor untuk memperhitungkan tipe baja prategang
- f_{py} = Kuat leleh baja prategang (Mpa)
- β_1 = Faktor bentuk penampang persegi
- f'_c = Kuat tekan beton (MPa)
- d = Tinggi efektif penampang
- d_p = Jarak dari serat tekan terjauh kepusat baja prategang
- ρ_p = Rasio penulangan prategang,

Sehingga momen nominal dapat dihitung dengan :

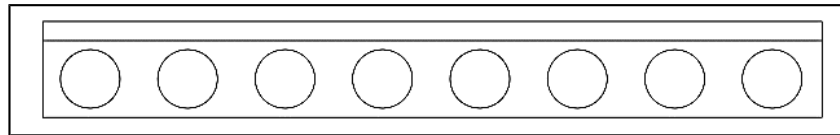
$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) \quad (5)$$

Dengan :

- M_n = Momen nominal
- A_{ps} = Luas penampang baja prategang
- d_p = Tinggi efektif penampang prategang
- a = Tinggi balok persegi ekuivalen

2.5. Pelat Prategang.

Pelat prategang terutama pada pelat pracetak biasanya memiliki beberapa jenis salah satunya adalah *Hollow core slab*. *Hollow core slab* adalah pelat pracetak dimana pada tengah pelat sengaja dibuat berlubang (*hollow*) yang dimana berfungsi mengurangi beban struktur sendiri tanpa mengurangi kekuatan pelat tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Ukuran *hollow core slab* biasanya lebih tebal dibandingkan *flat slab*, dipasaran pelat tipe ini memiliki tipikal dimensi lebar 120 cm dan ketebalan 15 cm sampai 50 cm serta menyesuaikan dengan bentang yang akan digunakan.



Gambar 5. *Hollow Core Slab*.

Untuk tulangan susut dan suhu seperti yang diatur pada SNI 2847 (2013) Pasal 7.12.2.1 untuk tulangan biasa adalah :

- *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350..... 0,0020
- *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir atau kawat las Mutu 420.....0,0018
- *Slab* yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%..... $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

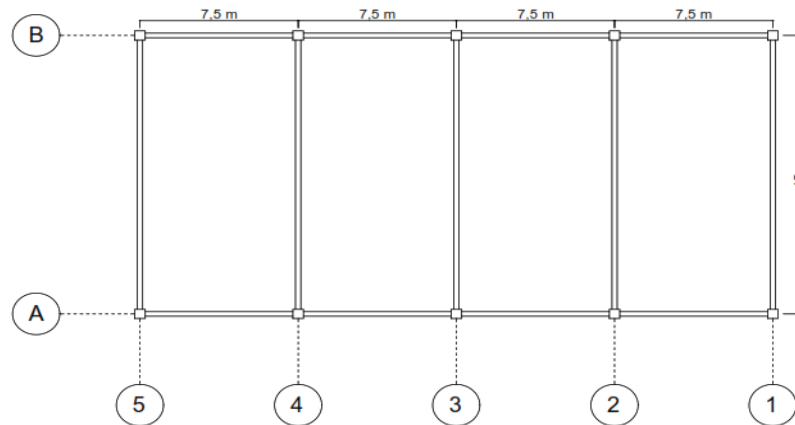
3. METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian.

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif yakni hasil penelitian berupa angka atau bilangan yaitu hasil analisis struktur gedung menggunakan program ETABS, hasil perencanaan dimensi struktur dan penulangan struktur menggunakan MS Excel.

3.2. Data Penelitian.

Data penelitian menjelaskan mengenai objek yang akan diteliti. Objek dari penelitian ini merupakan yaitu struktur gedung 5 lantai dengan tipikal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dengan ketinggian masing masing lantai adalah 3,5 m. Dan dengan lokasi gedung berada di Kota Bandar Lampung.



Gambar 6. Tipikal Struktur Gedung.

3.3. Prosedur Penelitian.

Berikut prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini:

- 1). Mempersiapkan dan asumsi data perencanaan
- 2). Studi literatur
- 3). Menghitung desain penampang struktur *hollow core slab*, balok prategang dan kolom
- 4). Menghitung pembebanan struktur,
- 5). Memodelkan struktur menggunakan program ETABS.
- 6). Menyimpulkan hasil analisis program ETABS.
- 7). Menyimpulkan gaya dalam yang telah dihitung untuk kombinasi beban dengan beban terbesar (*ultimate*).
- 8). Mendesain struktur terhadap Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847 (2013)
- 9). Mendesain sambungan struktur:
- 10). Menyimpulkan hasil perencanaan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Desain.

Strand Prategang

Diameter <i>strand</i>	D_s	= 12,7 mm
Tegangan putus	f_{pu}	= 1860 MPa (<i>grade 270</i>)
Modulus Elastisitas	E_{ps}	= 196000 Mpa

Karakteristik Beton

Kuat tekan Pelat	$f'_{c\text{ pelat}}$	= 40 MPa
Kuat tekan Balok	$f'_{c\text{ balok}}$	= 45 Mpa
Kuat tekan Kolom	$f'_{c\text{ kolom}}$	= 45 MPa
Modulus elastisitas Pelat	E_{cp}	= 29725,41 MPa
Modulus elastisitas Balok	E_{cp}	= 31528,56 MPa
Modulus elastisitas Kolom	E_{cp}	= 31528,56 MPa

Karakteristik Baja

Kuat tarik baja	f_y	= 420 MPa
Modulus elastisitas	E_s	= 200000 MPa

Gempa			
Percepatan gempa periode pendek	S_s	=	0,739 (g)
Percepatan gempa periode 1 detik	S_1	=	0,318 (g)
Kelas situs		=	D
Koef. Base shear		=	0,0744
Faktor Keutamaan beban		=	1
Angin			
Kecepatan minimum	V	=	110 mph
Faktor keutamaan beban		=	1

Tabel 1. Dimensi Struktur

Struktur	Bentang/Tinggi m	b mm	h mm
Balok X	15	500	800
Balok Y	7,5	425	600
Kolom	3,5	600	600
Pelat	7,5	1200	250

4.2. Pembebanan.

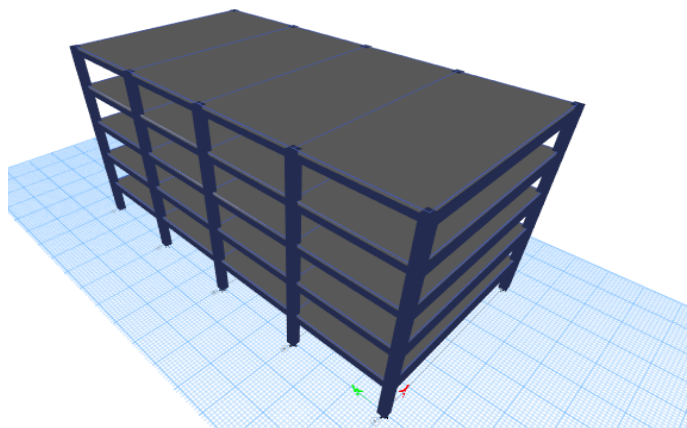
Pembebanan pada struktur gedung 5 lantai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembebanan Struktur

Beban	KN/m ²	KN/m
<i>Dead</i>	Program ETABS	-
<i>Superdead</i>	0,430	0,35
<i>Live</i>	4,79	-
<i>Wind</i>	Program ETABS	-
<i>Earthquake</i>	Program ETABS	-

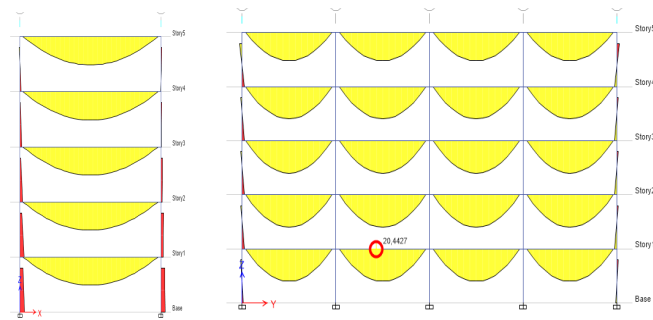
4.3. Pemodelan Struktur

Struktur dimodelkan ke dalam program ETABS ver. 16 seperti pada Gambar 9.



Gambar 7. Pemodelan Struktur di ETABS.

4.4. Analisis Struktur



Gambar 8. Hasil Analisis Struktur

4.5. Perencanaan Struktur

Hasil perencanaan struktur dapat dilihat pada Tabel 3, 4, 5 dan 6.

Tabel 3. Hasil Desain Pelat

Beban (KNm)	Dimensi			Lentur Prategang			Non Prategang	
	h	b	L	n strand D12,7	F_{tb}	F_{nb}	Utama D16	Bagi D13
	mm	mm	m	Buah	KN	KN	S tul. mm	
107,5734	250	1200	7,5	4	463	442	250	300

Tabel 4. Hasil Desain Balok

Port al	Balok	Dimensi			Lentur Prategang			Non Prategang	Geser	Puntir	
		h	b	L	n strand D12,7	F_{tb}	F_{nb}	n tul. D19	$S - \emptyset 16$	$S - \emptyset 16$	n tul. D19
		mm	mm	m	buah	KN	KN	buah	mm	mm	buah
1	B5S5	800	500	15	10	1575	1220	5	350	140	9
	B5S4	800	500	15	15	2362	1830	5	350	100	13
	B5S3	800	500	15	16	2519	1952	5	350	100	14
	B5S2	800	500	15	16	2519	1952	5	350	100	14
	B5S1	800	500	15	16	2519	1952	5	350	100	13
2	B4S5	800	500	15	15	2323	1847	5	350	175	5
	B4S4	800	500	15	23	3557	2834	5	350	150	7
	B4S3	800	500	15	24	3712	2957	5	350	140	8
	B4S2	800	500	15	24	3712	2957	5	350	140	9
	B4S1	800	500	15	23	3558	2833	5	350	150	7
3	B3S5	800	500	15	15	2321	1848	5	350	175	5
	B3S4	800	500	15	23	3556	2834	5	350	150	7
	B3S3	800	500	15	24	3711	2957	5	350	140	8

Tabel 4. Hasil Desain Balok (Lanjutan)

Port al	Balok	Dimensi			Lentur Prategang			Non Pretegang	Geser	Puntir	
		<i>h</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>n</i> <i>strand</i> D12,7	<i>F_{tb}</i>	<i>F_{nb}</i>	<i>n tul. D19</i>	<i>S - Ø16</i>	<i>S - Ø16</i>	<i>n tul. D19</i>
		mm	mm	m	buah	KN	KN	buah	mm	mm	buah
4	B3S2	800	500	15	24	3711	2957	5	350	140	9
	B3S1	800	500	15	24	3711	2957	5	350	150	7
	B2S5	800	500	15	15	2323	1847	5	350	175	5
	B2S4	800	500	15	23	3557	2834	5	350	150	7
	B2S3	800	500	15	24	3712	2957	5	350	140	8
	B2S2	800	500	15	24	3712	2957	5	350	140	9
5	B2S1	800	500	15	23	3558	2833	5	350	150	7
	B1S5	800	500	15	10	1575	1220	5	350	200	2
	B1S4	800	500	15	15	2362	1830	5	350	200	5
	B1S3	800	500	15	16	2519	1952	5	350	200	3
	B1S2	800	500	15	16	2519	1952	5	350	200	3
A	B1S1	800	500	15	16	2519	1952	5	350	200	4
	B6S5	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	6
	B8S5	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B10S5	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B12S5	600	425	7,5	4	514	372	3	237,5	120	6
	B6S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B8S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B10S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B12S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B6S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B8S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B10S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B12S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B6S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	10
	B8S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B10S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B12S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B6S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B8S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B10S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
	B12S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	100	9
B	B7S5	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	140	4
	B9S5	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	140	4
	B11S5	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	140	4

Tabel 4. Hasil Desain Balok (Lanjutan)

Port al	Balok	Dimensi			Lentur Prategang			Non Pretegang	Geser	Puntir	
		<i>h</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>n</i> <i>strand</i> <i>D12,7</i>	<i>Ftb</i>	<i>Fnb</i>	<i>n tul. D19</i>	<i>S -</i> <i>Ø16</i>	<i>S -</i> <i>Ø16</i>	<i>n tul.</i> <i>D19</i>
		mm	mm	m	buah	KN	KN	buah	mm	mm	buah
	B13S5	600	425	7,5	4	514	372	3	237,5	140	4
	B7S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B9S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	7
	B11S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	7
B	B13S4	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B7S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B9S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B11S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B13S3	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B7S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B9S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B11S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B13S2	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B7S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B9S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B11S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6
	B13S1	600	425	7,5	4	514	373	3	237,5	120	6

Tabel 5. Hasil Desain Kolom

Porta l	KOLOM	As perlu	% Ag	n pakai D22	As/s (mm ² /m)		S untuk D16		Smin d/2	S pakai
		mm2		buah	Major	Min	Major	Min	mm	mm
B	C1S5	4430	1,23	12	1365	542	294	742	267	250
	C2S5	8616	2,39	23	2261	542	178	742	267	175
	C3S5	8729	2,42	23	2277	542	177	742	267	175
	C4S5	8616	2,39	23	2261	542	178	742	267	175
	C5S5	4430	1,23	12	1365	542	294	742	267	250
	C1S4	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250
	C2S4	6809	1,89	18	1527	542	263	742	267	250
	C3S4	6979	1,94	19	1532	542	262	742	267	250
	C4S4	6809	1,89	18	1527	542	263	742	267	250
	C5S4	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250
	C1S3	3600	1,00	10	922	628	436	640	267	250
	C2S3	5790	1,61	16	1536	min	262	min	267	250

Tabel 5. Hasil Desain Kolom (Lanjutan)

Porta I	KOLOM	As perlu	% Ag	n pakai D22	As/s (mm ² /m)		S untuk D16		Smin d/2	S pakai
		mm2		buah	Major	Min	Major	Min	mm	mm
	C3S3	5847	1,62	16	1556	min	258	min	267	250
	C4S3	5790	1,61	16	1536	min	262	min	267	250
	C5S3	3600	1,00	10	922	628	436	640	267	250
	C2S2	9682	2,69	26	1753	min	229	min	267	225
	C3S2	9666	2,69	26	1776	min	226	min	267	225
	C4S2	9682	2,69	26	1753	min	229	min	267	225
B	C5S2	3908	1,09	11	936	542	429	742	267	250
	C1S1	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250
	C2S1	3600	1,00	10	542	min	742	min	267	250
	C3S1	3600	1,00	10	542	min	742	min	267	250
	C4S1	3600	1,00	10	542	min	742	min	267	250
	C5S1	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250
A	C6S5	4430	1,23	12	1365	542	294	742	267	250
	C7S5	8616	2,39	23	2261	542	178	742	267	175
	C8S5	8729	2,42	23	2277	542	177	742	267	175
	C9S5	8616	2,39	23	2261	542	178	742	267	175
	C10S5	4430	1,23	12	1365	542	294	742	267	250
	C6S4	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250
	C7S4	6809	1,89	18	1527	542	263	742	267	250
	C8S4	6979	1,94	19	1532	542	262	742	267	250
	C9S4	6809	1,89	18	1527	542	263	742	267	250
	C10S4	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250
	C6S3	3600	1,00	10	922	628	436	640	267	250
	C7S3	5790	1,61	16	1536	min	262	min	267	250
	C8S3	5847	1,62	16	1556	min	258	min	267	250
	C9S3	5790	1,61	16	1536	min	262	min	267	250
	C10S3	3600	1,00	10	922	628	436	640	267	250
	C6S2	3908	1,09	11	936	542	429	742	267	250
	C7S2	9682	2,69	26	1753	min	229	min	267	225
	C8S2	9666	2,69	26	1776	min	226	min	267	225
	C9S2	9682	2,69	26	1753	min	229	min	267	225
	C10S2	3908	1,09	11	936	542	429	742	267	250
	C6S1	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250
	C7S1	3600	1,00	10	542	min	742	min	267	250
	C8S1	3600	1,00	10	542	min	742	min	267	250
	C9S1	3600	1,00	10	542	min	742	min	267	250
	C10S1	3600	1,00	10	883	542	455	742	267	250

Tabel 6. Hasil Desain Sambungan

Sambungan	Shear Connector	n
	Dia. mm	Buah
Balok Kolom	40	2
Pelat Balok	13	48

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Perencanaan *hollow core slab* pada struktur gedung 5 lantai menghasilkan dimensi 1200 x 7500 mm dengan tebal total 250 mm (200 mm + 50 mm *topping*). Digunakan tulangan prategang dengan *strand* Ø12,7-300 dengan gaya prategang awal 514,0817 KN. Dan tulangan lentur non prategang Ø16-250 untuk tulangan utama dan Ø13-300 untuk tulangan bagi.
- 2) Perencanaan balok prategang pada struktur gedung 5 lantai menghasilkan dimensi untuk bentang arah X sebesar 800 x 500 mm. Digunakan tulangan prategang dengan *strand* 24-Ø12,7 dengan gaya prategang awal 3711 KN dan 5-D19 untuk lentur non prategang. Pada desain geser dan torsi digunakan sengkang Ø16-140 untuk transversal dan 8D19 untuk torsi longitudinal pada beban maksimum.
- 3) Perencanaan balok prategang pada struktur gedung 5 lantai menghasilkan dimensi untuk bentang arah Y sebesar 600 x 425 mm. Digunakan tulangan prategang dengan *strand* 4-Ø12,7 dengan gaya prategang awal 514 KN dan 3-D19 untuk lentur non prategang. Pada desain geser dan torsi digunakan sengkang Ø16-100 untuk transversal dan 10D19 untuk torsi longitudinal pada beban maksimum.
- 4) Perencanaan kolom pada struktur gedung 5 lantai menghasilkan dimensi 600 x 600 mm. Digunakan tulangan 26-D22 untuk tulangan utama struktur kolom. Pada desain geser digunakan Ø16-175 pada beban maksimum.
- 5) Perencanaan sambungan balok kolom untuk tumpuan digunakan corbel dengan dimensi 500 x 200 mm dengan tinggi 400 mm. Digunakan tulangan 3D-22 untuk tulangan utama corbel. Pada desain geser digunakan Ø16-100 sepanjang 2/3 tinggi corbel. Pada sambungan digunakan pelat landasan baja dengan dimensi 200 x 300 mm dan tebal 15 mm dengan 2-D40 sebagai *shear connector*.
- 6) Perencanaan sambungan pelat balok digunakan *shear connector* dengan tulangan Ø13-300 dengan tinggi 225 mm sepanjang balok prategang.
- 7) Perbandingan sistem tulangan biasa dengan sistem prategang pada dimensi yang sama yakni 800 x 500 mm pada balok bentang 15 m, dibutuhkan luas tulangan lentur utama 267,1939% lebih banyak yakni sebesar 8864,359 mm² atau setara dengan 31-D19 untuk tulangan biasa. Sedangkan dengan sistem prategang hanya dibutuhkan sebesar 2369,04 mm² atau *strand* 24-Ø12,7. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem prategang dengan dimensi yang sama pada balok prategang memiliki luas tulangan lentur yang lebih sedikit dibanding balok bertulang biasa.
- 8) Perbandingan sistem tulangan biasa dengan sistem prategang pada dimensi yang sama pada *hollow core slab* yakni 1200 x 7500 dan tebal total dengan *topping* 250 mm, dibutuhkan tulangan lentur utama 421,6133% lebih banyak yakni dengan luas 2059,538 mm² atau setara dengan D16-90 dan D13-300 untuk tulangan bagi untuk tulangan biasa. Sedangkan dengan sistem prategang dibutuhkan luas tulangan lentur

utama sebesar 394,84 mm² atau setara dengan *strand* Ø12,7-300. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem prategang dengan dimensi yang sama pada *hollow core slab* memiliki luas tulangan lentur yang lebih sedikit dibanding pelat beton bertulang biasa.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 2847, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1726, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1727, 2013, *Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Gideon, H. K. dan Takim, Andriono, 1993, *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa*, Erlangga, Jakarta.
- Lin, T. Y. dan Burns, N. H., 1982, *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1*, Indrawan, Daniel, 1988, Erlangga, Jakarta.
- Lin, T. Y. dan Burns, N. H., 1982, *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 2*, Indrawan, Daniel, 1989, Erlangga, Jakarta.
- Naaman, Antoine E., 2004, *Prestressed Concrete Analysis and Design*, Techno Press 3000, Michigan.
- Nawy, Edward G., 2000, *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar*, Suryoatmono, Bambang, 2001, Erlangga, Jakarta.
- Nawi, Edward G., 1985, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar*, Suryoatmono, Bambang, 1998, Refika Aditama, Bandung.
- Buettner, Donald R. dan Becker, Roger J., 1998, *PCI Manual for The Design of Hollow Core Slabs*, Prestressed Concrete Institute, Chicago.