

Studi Perbandingan Kekuatan Lentur Balok Prategang di Daerah Risiko Gempa Berdasarkan SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013, dan ACI 318M-14 pada Struktur Apartemen Enviro Bekasi

Hemas Mutia Anggraini, Tavio, dan , I Gusti Putu Raka
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail: tavio@ce.its.ac.id

Abstrak—Suatu teknologi konstruksi dengan mengkombinasi antara beton mutu tinggi dengan baja mutu tinggi dengan cara menarik baja dan menahannya pada beton, sehingga membuat beton dalam keadaan tertekan yang disebut dengan beton prategang. Keuntungan beton prategang dibandingkan beton bertulang yaitu penggunaan dimensi penampang struktur prategang akan lebih kecil atau langsing, sebab seluruh luas penampang dipergunakan secara efektif. Dikarenakan kebutuhan akan ruang yang luas pada gedung Apartemen Enviro dimana digunakan sebagai ruang pertemuan maupun pesta maka pada lantai 12a dibangun multifunction hall. Atas dasar kebutuhan ruangan yang luas tanpa kolom sehingga membutuhkan balok yang panjang maka elemen struktur beton bertulang diganti menggunakan beton prategang.

Berdasarkan identifikasi tanah dari hasil uji Standart Penetration Test (SPT) dan Peta Hazard 2017, diketahui bahwa Kota Bekasi merupakan wilayah dengan jenis tanah sedang yaitu KDS D, maka struktur bangunan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), sedangkan untuk desain struktur mengacu pada SNI 2847:2013.

Dalam studi ini penulis juga membandingkan penggunaan tiga jenis peraturan yaitu SNI 2847-2002, SNI 2847:2013 dan ACI 318M-14 yang akan digunakan untuk merencanakan gedung Apartemen Enviro pada balok prategang dengan tinjauan kekuatan lentur. Studi ini dilakukan untuk mendapatkan perturan mana yang paling efisien dan memenuhi segala persyaratan keamanan, sehingga nantinya perencanaan dapat dilaksanakan dengan tepat.

Kata Kunci— Beton Prategang, SRPMK, SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013, ACI 318M-14, Apartemen Enviro.

I. PENDAHULUAN

PESATNYA perkembangan dalam bidang teknik sipil, memunculkan suatu teknologi konstruksi dengan mengkombinasi antara beton mutu tinggi dengan baja mutu tinggi dengan cara menarik baja dan menahannya pada beton yang disebut dengan beton prategang. Dengan memanfaatkan kombinasi aktif pada beton dan baja dimana kemampuan beton dalam menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi. Sehingga, beton prategang merupakan kombinasi

yang ideal dari dua buah bahan modern yang berkekuatan tinggi [1].

Gedung Apartemen Enviro merupakan gedung apartemen simetris dimana memiliki 14 lantai termasuk atap. Karena kebutuhan akan ruang yang luas pada gedung Apartemen Enviro dimana digunakan sebagai ruang pertemuan maupun pesta maka pada lantai 12a dibangun *multifunction hall*. Atas dasar kebutuhan ruangan yang luas tanpa kolom sehingga panjang balok sangat jauh maka elemen struktur beton bertulang diganti menggunakan beton prategang.

Di dalam studi ini, menitikberatkan pada persamaan kekuatan lentur balok beton prategang dimana balok berfungsi sebagai elemen struktur yang memegang peran sebagai pemikul beban, terutama beban lentur. Beban lentur tersebut dipengaruhi oleh daerah gempa pada bangunan tersebut dibangun. Sehingga diperlukan analisa antara persyaratan keamanan dari kekuatan lentur terhadap daerah gempa gedung Apartemen Enviro menggunakan balok beton prategang.

Dalam studi ini penulis menggunakan pedoman SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perhitungan Beton untuk Bangunan Gedung, ACI 318M-14 tentang *Metric Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, SNI 1727-2013 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan Lain, PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Gedung serta peraturan mengenai beton prategang yang memenuhi syarat tahan gempa.

II. METODE STUDI

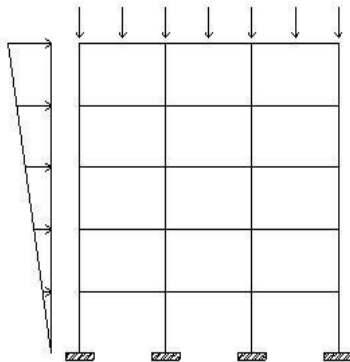
Perencanaan struktur gedung tahan gempa di Indonesia sangat penting mengingat sebagian besar wilayahnya berada dalam area cincin api, yang memiliki intensitas gempa rendah hingga tinggi. Salah satu syarat penting struktur tahan gempa adalah daktilitas yang memadai. Sebuah struktur memiliki daktilitas yang baik bila elemen-elemen struktur penyusunnya juga memiliki daktilitas yang baik. Konstruksi dengan beton bertulang merupakan jenis konstruksi yang paling banyak digunakan karena mudah dalam mendapatkan material dan pelaksanaannya. Beton bertulang efektif digunakan pada

konstruksi dengan bentang balok yang tidak terlalu panjang sedangkan untuk konstruksi balok dengan bentang yang panjang digunakan beton prategang dengan dimensi yang relatif kecil.

Penggunaan beton bertulang tidak efisien karena ukuran balok menjadi sangat besar sehingga tidak sesuai dengan segi estetika dan arsitektural. Selain itu, beban sendiri dari beton bertulang menjadi dominan dan beban gempa juga akan meningkat. Salah satu solusi yang bisa digunakan yaitu dengan menggunakan sistem beton prategang.

A. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut SNI 1726:2012 pasal 3.53 sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang yang berfungsi untuk memikul beban gravitasi secara lengkap, ditunjukkan pada Gambar 1[2]. SRPM ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)



Gambar 1. Sistem rangka pemikul momen.

Berdasarkan SNI 2847:2013, perencanaan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)[3]. Struktur beton bertulang yang berada pada wilayah gempa dan resiko gempa kuat (kerusakan merupakan resiko utama), maka komponen struktur harus memenuhi syarat perencanaan dan pendetailan dari SNI 2847:2013 pasal 21.5.

B. Sistem Beton Pratekan

Pada dasarnya beton prategang diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

1) *Pre-tensioned Prestressed Concrete* (Pratarik)

Pratarik adalah metode prategang dimana tendon ditekangkan sebelum beton di cor. Setelah beton cukup keras tendon dipotong dan gaya prategang akan tersalur ke beton melalui lekatan. Untuk metode pratarik ini terdapat kekurangan pada peletakan posisi tendon, tendon hanya biasa dipasang dengan bentuk horizontal saja.

Setelah gaya prategang ditransfer ke beton, balok beton akan melengkung ke atas sebelum menerima beban kerja. Setelah beban kerja bekerja, maka balok beton tersebut akan rata.

2) *Post-Tensioned Prestressed Concrete* (Pascatarik)

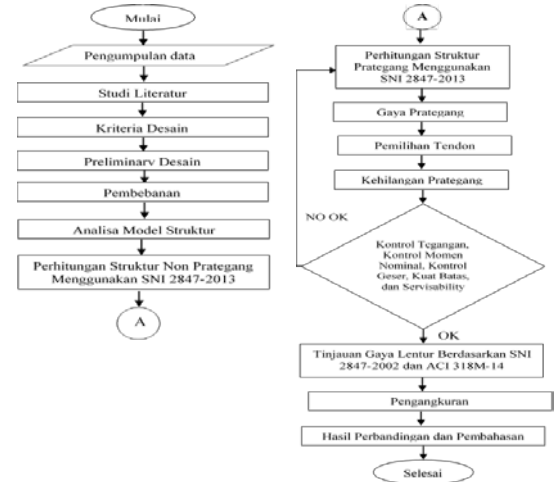
Pascatarik adalah metode prategang dimana tendon ditarik setelah beton di cor. Sebelum pengecoran, dipasang dahulu selongsong untuk alur tendon. Setelah beton mengeras tendon dimasukkan ke dalam selubung tendon yang sudah dipasang.

Penarikan dilakukan setelah beton mencapai kekuatan yang diinginkan. Setelah penarikan dilakukan proses *grouting*.

III. METODOLOGI

A. Umum

Langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini dilakukan seperti Gambar 2 berikut:

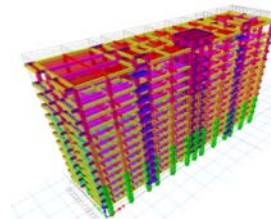


Gambar 2. Diagram alir.

B. Data Bangunan

Model bangunan seperti pada Gambar 3 dan data bangunan adalah sebagai berikut :

- 1) Nama proyek : Proyek Apartemen Enviro, Bekasi
- 2) Jumlah lantai : 14 lantai
- 3) Tinggi Bangunan : 49,8 m
- 4) Lantai 1 : 5 m
- 5) Lantai 2-12 : 3,2 m
- 6) Lantai 12a : 5 m
- 7) Lantai RT : 2,3 m
- 8) Jenis Tanah : Tanah Sedang (SD)
- 9) Struktur Bangunan Atas: Konstruksi beton bertulang
- 10) Struktur Atap: Pelat beton bertulang dengan balok prategang



Gambar 3. Model apartemen Enviro-Bekasi.

IV. KONTROL HASIL ANALISA STRUKTUR

A. Kontrol Periode

Periode struktur fundamental, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan, T_a .

Dari Gambar diatas didapatkan nilai $T = 1,42$

$$T = C_u \times T_a \tag{1}$$

$$T = 1,4 \times 1,505 = 2,106 \text{ s}$$

Maka $1,42 < 2,106$ (memenuhi)

B. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Nilai akhir $V_{dinamik}$ harus lebih besar sama dengan 85% V_{statik} Maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V_{dinamik} \geq V_{statik} \tag{2}$$

Gempa Arah X

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{statik}$$

$$395462,89 \text{ kg} \geq 85\% 440328,38 \text{ kg}$$

$$395462,89 \text{ kg} \geq 374279,12 \text{ kg (OK)}$$

Gempa Arah Y

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{statik}$$

$$397914,19 \text{ kg} \geq 85\% 440328,38 \text{ kg}$$

$$397914,19 \text{ kg} \geq 374279,12 \text{ kg (OK)}$$

C. Kontrol Nilai Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 Ps. 7.9.1 bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari respon total dari perhitungan respon dinamik[2]. Tabel 1 menunjukkan partisipasi massa ragam terkombinasi.

Tabel 1.
Kontrol partisipasi massa

Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,6486	0,000013
Modal	2	0,6486	0,7406
Modal	3	0,7428	0,7406
Modal	4	0,8304	0,7406
Modal	5	0,8308	0,8551
Modal	6	0,8562	0,8579
Modal	7	0,8791	0,8579
Modal	8	0,8921	0,8586
Modal	9	0,8924	0,8944
Modal	10	0,9184	0,8944
Modal	11	0,9195	0,9267
Modal	12	0,9282	0,9307
Modal	13	0,9377	0,9307
Modal	14	0,9377	0,9435
Modal	15	0,9417	0,9436

D. Kontrol Simpangan

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol *drift* dan syarat drift harus ditentukan berdasarkan perumusan 34 pada SNI 1726:2012 Pasal 7.8.6 pada persamaan (2). Tabel 2 dan Tabel menunjukkan simpangan pada arah X dan Y.

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I} \tag{2}$$

Dimana:

δ_x = Defleksi pada lantai ke-x

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gempa

Tabel 1.
Kontrol simpangan arah X

Story	Drift (mm)	Δ	$\Delta.C_d/I_e$ (mm)	h (m)	Δ_{izin} (mm)	Cek
RT	23,14	-0,318	-1,749	2,3	46	Oke
15TH	23,458	1,163	6,396	5	100	Oke
12.aTH	22,295	0,947	5,209	3,2	64	Oke
12TH	21,348	1,304	7,172	3,2	64	Oke
11TH	20,044	1,651	9,081	3,2	64	Oke
10TH	18,393	1,619	8,905	3,2	64	Oke
9TH	16,774	1,833	10,082	3,2	64	Oke
8TH	14,941	2,047	11,259	3,2	64	Oke
7TH	12,894	2,228	12,254	3,2	64	Oke
6TH	10,666	2,347	12,909	3,2	64	Oke
5TH	8,319	2,231	12,271	3,2	64	Oke
4TH	6,088	2,198	12,089	3,2	64	Oke
3RD	3,89	1,775	9,763	3,2	64	Oke
2ND	2,115	2,115	11,633	3,2	64	Oke
Base	0	0,000	0,000	5	100	Oke

Tabel 2.
Kontrol simpangan arah Y

Story	Drift (mm)	Δ	$\Delta.C_d/I_e$ (mm)	h (m)	Δ_{izin} (mm)	Cek
RT	23,797	0,438	2,409	2,3	46	Oke
15TH	23,359	1,362	7,491	5	100	Oke
12.aTH	21,997	1,045	5,747	3,2	64	Oke
12TH	20,952	1,366	7,513	3,2	64	Oke
11TH	19,586	1,676	9,218	3,2	64	Oke
10TH	17,91	1,639	9,015	3,2	64	Oke
9TH	16,271	1,830	10,065	3,2	64	Oke
8TH	14,441	2,016	11,088	3,2	64	Oke
7TH	12,425	2,171	11,941	3,2	64	Oke
6TH	10,254	2,260	12,430	3,2	64	Oke
5TH	7,994	2,141	11,776	3,2	64	Oke
4TH	5,853	2,106	11,583	3,2	64	Oke
3RD	3,747	1,648	9,064	3,2	64	Oke
2ND	2,099	2,099	11,545	3,2	64	Oke
Base	0	0,000	0,000	5	100	Oke

V. HASIL PERENCANAAN

A. Preliminary Design

Berikut ini hasil dari *preliminary design* balok, pelat dan kolom:

1) Balok

Hasil preliminary design struktur balok pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4.
Tipe balok

Tipe Balok	b (cm)	h (cm)
BI 1	45	55
BI 2	40	50
BA 1	30	45
BA 2	25	35

2) Balok Pratekan

Balok Pratekan direncanakan menggunakan dimensi 45/65 dengan bentang 12 m.

- 3) Pelat
Pelat lantai dan pelat atap direncanakan menggunakan tebal 11 cm.
- 4) Tangga
Pada pelat bordes dan tangga digunakan tebal 15 cm.
- 5) Kolom
Direncanakan dengan dimensi pada Tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5.
Dimensi kolom

Tipe Kolom	b (cm)	h (cm)
K1	100	100
K2	80	80
K3	60	60

- B. *Desain Struktur Sekunder* Berikut ini hasil dari desain struktur sekunder pada Tabel 6 :

Tabel 6.
Rekapitulasi hasil struktur sekunder

Element Struktur	Dimensi (mm)	Tulangan
Pelat Lantai	t = 110	D10-200 (Arah X) D10-200 (Arah Y)
Pelat Atap	t = 110	D10-200 (Tul. Susut) D10-200 (Arah X) D10-200 (Arah Y)
Pelat Tangga	t = 150	D10-200 (Tul. Susut) D13-150 (Arah X) D13-250 (Arah Y)
Balok Bordes	300/450	D10-200 (Tul. Susut) 4D16 / 2D16 (Tumpuan) 2D16 / 3D16 (Lapangan)
Balok Anak1 (BA1)	300/450	2D13 (Tul. Torsi) 2D13-90 / 2D13-150 (Sengkang) 4D16 / 2D16 (Tumpuan) 2D16 / 3D16 (Lapangan)
Balok Anak2 (BA2)	250/350	2D13 (Tul. Torsi) 2D13-80 / 2D13-150 (Sengkang) 4D16 / 2D16 (Tumpuan) 2D16 / 3D16 (Lapangan)
Balok Lift (BL)	300/450	2D13 (Tul. Torsi) 2D13-70 / 2D13-120 (Sengkang) 4D16 / 2D16 (Tumpuan) 2D16 / 4D16 (Lapangan)

2D16 (Tul. Torsi)
2D10-60 / 2D10-150 (Sengkang)

C. Desain Struktur Primer

Berikut ini hasil dari desain struktur sekunder Tabel 7:

Tabel 7.
Rekapitulasi Hasil Struktur Primer

Element Struktur	Dimensi (mm)	Tulangan
Balok Induk 1 (BI1)	450/550	6D19 / 3D19 (Tumpuan) 2D19 / 4D19 (Lapangan)
Balok Induk 2 (BI2)	250/350	2D19 (Tul. Torsi) 2D13-60/2D13-125 (Sengkang) 4D19 / 2D19 (Tumpuan) 2D19 / 4D19 (Lapangan)
Kolom 1(K1)	1000/1000	2D19 (Tul. Torsi) 2D13-50/2D13-125 (Sengkang) 20D25 (Tul. Lentur)
Kolom 2 (K2)	800/800	20D22 (Tul. Lentur) 4D16-100/4D16-100(Sengkang)
Kolom 3 (K3)	600/600	4D16-100/4D16-120(Sengkang) 16D19 (Tul. Lentur) 4D14-100/4D14-100(Sengkang)

D. Desain Struktur Prategang

Dimensi balok = 450/650
Panjang balok = 12000 mm
Mutu beton = 40 MPa
Mutu tendon =

- 1) Digunakan strand 7 wire uncoated ASTM A416 untuk post tensioning.
- 2) Nominal diameter = 12,7 mm
- 3) Luas nominal area kawat = 100,1 mm²
- 4) Minimum breaking load = 184 kN
- 5) PPR = 17% < 25% (memenuhi)

E. Studi Perbandingan

Pada studi ini, penulis membandingkan kekuatan lentur pada balok beton prategang berdasarkan SNI 2847-2002, SNI 2847:2013, dan ACI 318M-14. Pada Tabel 8 menunjukkan perbandingan rumus yang akan digunakan.

Tabel 8.
Parameter perbandingan kekuatan lentur

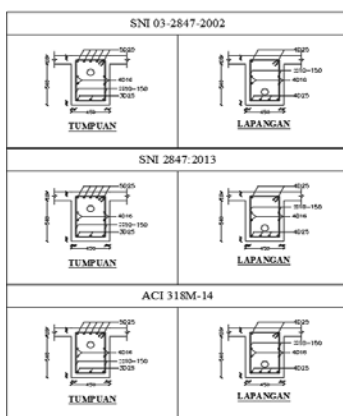
No	Parameter	SNI 03-2847-2002[4]	SNI 2847:2013[3]	ACI 318M-14[5]
1.	Tulangan minimum	Pasal 23.3.2.1 $A_s, \min = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d$ tidak kecil dari 1,4bw.d/fy	Pasal 21.5.2.1 $A_s, \min = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d$ tidak kecil dari 1,4bw.d/fy	Ch. 9.6.1.2 $A_s, \min = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d$ tidak kecil dari 1,4bw.d/fy
2.	ρmax	Pasal 23.3.2.1 0,025	Pasal 21.5.2.1 0,025	Ch. 18.6.3.1 0,025
3.	Minimum Tulangan	Pasal 23.3.2.1 2 batang tulangan pada kedua sisi atas dan bawah	Pasal 21.5.2.1 2 batang tulangan pada kedua sisi atas dan bawah	Ch. 18.6.3.1 2 batang tulangan pada kedua sisi atas dan bawah
4.	SRPMK	Pasal 23.3.2.2 Tumpuan = M(+) ≥ ½ M(-) Lapangan = M(+/-) ≥ 1/4 Mmaks	Pasal 21.5.2.2 Tumpuan = M(+) ≥ ½ M(-) Lapangan = M(+/-) ≥ 1/4 Mmaks	Ch. 18.6.3.2 Tumpuan = M(+) ≥ ½ M(-) Lapangan = M(+/-) ≥ 1/4 Mmaks
6.	Kekuatan Desain	Pasal 11.3.2.1 0,80	Pasal 9.3.2.1 0,90	Ch. 21.2.1 0,9
7.	Selimit Prategang	Beton Pasal 9.7.3.1 c) 40 mm	Pasal 7.7.2 c) 40 mm	Ch. 20.6.1.3 40 mm
8.	β ₁	Pasal 12.2.7.3 $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 30)}{7}$	Pasal 10.2.7.3 $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$	Ch. 22.2.2.4.3 $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$
8.	fps (unbonded)	Pasal 20.7.2 Untuk ln/h ≤ 35	Pasal 18.7.2. a) Untuk ln/h ≤ 35	Ch. 20.3.2.4 Untuk ln/h ≤ 35

	$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \cdot \rho_p}$ <p>Tetapi f_{ps} tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari f_{py} dan $f_{se} + 400$.</p> <p>Untuk $\ln/h > 35$</p> $f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{300 \cdot \rho_p}$ <p>Tetapi f_{ps} tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari f_{py} dan $f_{se} + 200$.</p> <p>-</p>	$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \cdot \rho_p}$ <p>Tetapi f_{ps} tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari f_{py} dan $f_{se} + 420$.</p> <p>Untuk $\ln/h > 35$</p> $f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{300 \cdot \rho_p}$ <p>Tetapi f_{ps} tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari f_{py} dan $f_{se} + 210$.</p> <p>Pasal 21.5.2.5 b)</p> <p>Baja prategang tidak boleh menyumbang lebih dari seperempat kekuatan lentur positif atau negatif di penampang kritis pada daerah sendi plastis dan harus diangkur atau melewati muka eksterior joint.</p>	$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \cdot \rho_p}$ <p>Tetapi f_{ps} tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari f_{py} dan $f_{se} + 420$.</p> <p>Untuk $\ln/h > 35$</p> $f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{300 \cdot \rho_p}$ <p>Tetapi f_{ps} tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari f_{py} dan $f_{se} + 210$.</p> <p>Ch. 18.6.3.5</p> <p>Baja prategang tidak boleh menyumbang lebih dari seperempat kekuatan lentur positif atau negatif di penampang kritis pada daerah sendi plastis dan harus diangkur atau melewati muka eksterior joint.</p>
9	Syarat Balok Prategang (unbonded)	-	-

Hasil dari studi perbandingan kekuatan lentur pada Tabel 9:

Tabel 9. Hasil Perbandingan Kekuatan Lentur

Parameter	SNI 03-2847-2002	SNI 2847:2013	ACI 318M-14
Balok Prategang			
Panjang Bentang	12 m	12 m	12
Dimensi Balok	450x650 mm	450x650 mm	450x650
Mutu Beton	40 MPa	40 MPa	40
Mutu Baja	400 MPa	400 MPa	400
Jumlah Tendon	1 buah	1 buah	1
Momen Ultimate Tumpuan	336574264 Nmm	336574264 Nmm	336574264 Nmm
Momen Ultimate Lapangan	239557900 Nmm	239557900 Nmm	239557900 Nmm
Koefisien Reduksi Lentur, ϕ	0,8	0,9	0,9
Koefisien Tahanan, R_n			
Tumpuan	2,803	2,49	2,49
Lapangan	2	1,77	1,77
ρ perlu tumpuan	0,00732	0,00648	0,00648
ρ perlu lapangan	0,00514	0,00456	0,00456
Tulangan Tumpuan Negatif	5 D25	5 D25	5 D25
Tulangan Tumpuan Positif	3 D25	3 D25	3 D25
Tulangan Lapangan Negatif	4 D25	4 D25	4 D25
Tulangan Lapangan Positif	2 D25	2 D25	2 D25
Momen Nominal Tumpuan	420717830 Nmm	37391404,4 Nmm	37391404,4 Nmm
Momen Nominal Lapangan	299447374,5 Nmm	266175444 Nmm	266175444 Nmm
Jenis Tendon	Tak Terlekat	Tak Terlekat	Tak Terlekat
β_1	0,779	0,754	0,754
Momen Nominal Prategang	933715377,1 Nmm	933715377,1 Nmm	933715377,1 Nmm
Momen Nominal Total	1281262873 Nmm	1281262873 Nmm	1281262873 Nmm
PPR	17 %	17 %	17 %



Gambar 4. Perbandingan penulangan balok prategang.

Dari hasil perbandingan pada Gambar 5 didapatkan hasil yang sama antara SNI 2847:2013 dengan ACI 318M-14, sedangkan SNI 03-2847-2002 dengan SNI 2847:2013 memiliki perbedaan yang tidak signifikan sehingga didapatkan jumlah dan ukuran tulangan lentur yang sama. Hal ini

dikarenakan perbedaan antara SNI 03-2847-2002 dengan SNI 2847:2013 hanya terdapat pada koefisien rumus, sehingga tidak memberikan dampak yang besar pada jumlah dan ukuran tulangan lentur yang ada.

VI. PENUTUP

A. Kesimpulan

Bangunan Gedung Apartemen Enviro termasuk dalam KDS D sehingga perencanaan bangunan ini menggunakan SRPMK. Penggunaan beton prategang pada bangunan ini mencapai rasio 17% dengan batas maksimal 25% sehingga telah memenuhi syarat ketentuan yang ada.

Hasil tulangan lentur pada balok prategang yang didapatkan dari tiga pertanyaan tersebut menghasilkan tidak signifikan, sehingga untuk struktu-struktur gedung lain yang sudah didesau berdasarkan SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013, maupun ACI 318M-14 tidka memneui masalah dalam kebutuhan tulangan lentur yang sudah terpasang pada struktur. Jika ditinjau kekuatan lentur untuk balok prategang perbedaan

terdapat pada nilai koefisien ϕ , dimana nilai ϕ pada SNI 03-2847-2002 lebih kecil dibandingkan pada SNI 2847:2013, maupun ACI 318M-14, sehingga mempengaruhi nilai momen nominal dan kebutuhan tulangan lebih banyak.

B. Saran

Diperlukan adanya studi lanjutan terhadap beton prategang kondisi terlekat dan dimensi beton pratekan yang paling efisien hingga mendapatkan tulangan lunak berdasarkan SNI 03-2847-2002, SNI 2847:2013 dan ACI 318M-14.

Diperlukan adanya studi lanjutan berupa biaya material yang dibutuhkan untuk tulangan lentur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Y. Lin and T. Y. Lin, "Desain Struktur Beton Prategang. Jilid 1," *1. Bet. PRATEGANG, Desain Strukt. Bet. prategang. Jilid 1 / oleh T.Y. Lin, Ned H. Burn. Penerjemah Daniel Indrawan*, vol. 1993, no. 1993, pp. 1–99, 1993.
- [2] B. S. Nasional, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung." 2012.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," 2013.
- [4] T. Cara, P. Struktur, B. Untuk, and B. Gedung, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung."
- [5] "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-14) An ACI Standard and Report," 2014.