

Modifikasi Perencanaan Apartemen Puncak CBD Wiyung dengan Menggunakan Sistem Ganda dan Balok Pratekan pada Lantai Atap

Nadia Jasmine Setianty Simanjuntak, Endah Wahyuni, dan Data Iranata
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: data@ce.its.ac.id

Abstrak—Gedung Apartemen Puncak CBD merupakan hunian vertikal yang terdiri dari 37 lantai untuk unit kamar yang terletak di daerah Wiyung, Surabaya Barat. Apartemen ini dibangun dengan struktur beton bertulang biasa pada keseluruhan lantai dan dilakukan modifikasi pada lantai atap. Modifikasi ini bertujuan untuk mengubah lantai paling atas gedung menjadi suatu ruang serbaguna. Ruang serbaguna didesain memiliki panjang 30 meter dan lebar 13,65 meter dimana kolom-kolom interior ruangan akan dihilangkan dan digantikan fungsinya oleh balok pratekan agar luas ruangan menjadi optimal. Metode beton pratekan yang digunakan dalam modifikasi ini adalah metode post tension (pasca tarik) yang cocok diterapkan pada konstruksi gedung. Perencanaan gedung ini juga menggunakan Sistem Ganda karena apartemen terletak di Kategori Desain Seismik D. Dari hasil Analisa yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa syarat Sistem Ganda terpenuhi, dimana rangka utama gedung mampu menahan beban lateral X dan Y sebesar 29,63% dan 27,39%. Gaya pratekan yang dikenakan pada balok pada saat jacking sebesar 1840 kN dengan kehilangan gaya sebesar 19,06%.

Kata Kunci—Apartemen Puncak CBD, Balok Pratekan, Pasca Tarik, Sistem Ganda.

I. PENDAHULUAN

SEIRING dengan pertumbuhan jumlah penduduk di kota Surabaya, kebutuhan masyarakat akan hunian tempat tinggal menjadi semakin meningkat. Namun ketersediaan lahan yang ada, berbanding terbalik dengan kebutuhan akan tempat tinggal di Surabaya. Menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil, pertumbuhan penduduk untuk kota Surabaya terbilang meningkat tajam yang mencapai 50.000 jiwa tiap tahunnya, khususnya di Surabaya Barat yang jumlah penduduknya mencapai 446.627 jiwa per tahun 2014. Untuk menyaingi keterbatasan lahan tersebut, solusi yang dapat dilakukan adalah pembangunan hunian vertikal seperti gedung apartemen yang mampu menampung penghuni dengan jumlah lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah penghuni dalam suatu perumahan yang dibangun dalam luasan lahan yang sama. Maka dari itulah dilakukan pembangunan gedung apartemen Puncak CBD (*Central Business District*) yang berlokasi di Kramat Kali, Wiyung, Surabaya Barat.

Pembangunan Apartemen Puncak CBD ini dirancang memiliki ketinggian 37 lantai, 4 lantai parkir, dan 1 lantai atap (*roof*). Metode yang digunakan dalam pembangunan

apartemen ini adalah metode beton konvensional dan metode beton *precast*. Beton yang digunakan adalah beton bertulang biasa. Beton bertulang mengkombinasikan beton dan tulangan baja dengan cara menyatukan dan membiarkan keduanya bekerja bersama-sama sesuai keinginannya [1].

Selain metode beton bertulang dan *precast*, masih terdapat metode lain yang dapat diaplikasikan dalam pembangunan suatu gedung. Salah satu metode yang lazim digunakan yakni beton prategang atau pratekan yang merupakan kombinasi ideal dari dua bahan modern. Bahan tersebut adalah baja dan beton berkekuatan tinggi yang dengan cara “aktif” menarik baja dan menahannya ke beton sehingga beton berada dalam keadaan tertekan. Kombinasi aktif ini membuat beton, yang kemampuan terhadap tariknya rendah, diperbaiki dengan cara memberikan tekanan lebih, sementara kemampuan menahan tekannya tidak dikurangi. Seiring dengan perkembangan historis, pemberian tegangan tidak hanya dilakukan pada beton, namun juga terhadap baja. Pemberian gaya prategang berarti membuat tegangan permanen di dalam struktur dengan tujuan memperbaiki perilaku dan kekuatannya pada bermacam-macam pembebanan [1].

Pemakaian baja dan beton berkekuatan tinggi pada aplikasi balok pratekan menghasilkan batang-batang yang lebih ringan dan lebih langsing daripada beton bertulang. Kelebihannya yang bebas dari retak berpengaruh terhadap peningkatan daya tahan struktur dan kemampuan material untuk menyerap energi pada saat menerima beban. Pemanfaatan beton di dalam daerah tarik pada konsep beton pratekan dapat menghasilkan penghematan beton sebesar 15 sampai 30% dibandingkan dengan beton bertulang. Meskipun penghematan material tidak berdampak begitu besar dalam penghematan biaya, akibat kebutuhan untuk menghasilkan beton pratekan juga membutuhkan biaya tambahan, namun secara keseluruhan berkurangnya bobot mati akan mengurangi beban rencana dan biaya pondasi [2][3].

Berdasarkan berbagai keuntungan beton pratekan yang telah disebutkan diatas, penulis ingin mengaplikasikan beton pratekan pada modifikasi perencanaan gedung apartemen CBD Wiyung ini. Modifikasi yang dilakukan dengan mempertimbangkan peraturan pembebanan gedung ini pun akan mengubah fungsi lantai ke 37 apartemen Puncak CBD yang semula sebagai unit kamar, dialihfungsikan menjadi ruang serbaguna untuk mengoptimasi kegunaan apartemen yang semula hanya menjadi tempat tinggal, menjadi dapat dimanfaatkan sebagai ruang pertemuan. Ruang serbaguna

yang dapat digunakan sebagai ruang pertemuan atau ruang jamuan tersebut direncanakan memiliki *space* yang luas dan nyaman sehingga perlu meminimalisasi adanya kolom bangunan di tengah ruangan. Maka dari itu pada Jurnal ini akan diterapkan aplikasi beton pratekan pada perencanaan balok ruang serbaguna apartemen tersebut, sedangkan perencanaan struktur balok-kolom pada lantai lainnya akan menggunakan metode beton konvensional.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas beberapa dasar teori yang berkaitan dengan modifikasi perencanaan apartemen Puncak CBD Wiyung dengan menggunakan sistem ganda dan balok pratekan pada lantai atap. Letak bangunan apartemen yang berada pada zona gempa Surabaya dimana perancangan struktur gedung tahan gempa [4].

Beton pratekan merupakan kombinasi antara beton dengan mutu yang tinggi dan baja dengan mutu yang tinggi dikombinasikan dengan cara aktif. Cara aktif ini dicapai dengan cara menarik baja dengan menahannya ke beton sehingga beton dalam keadaan tertekan. Karena penampang beton sebelum beban bekerja telah dalam kondisi tertekan, maka bila beban bekerja, tegangan tarik yang terjadi dapat dieliminasi oleh tegangan tekan yang telah diberikan pada penampang sebelum beban bekerja.

Beton pratekan dapat didefinisikan sebagai beton yang diberikan tegangan internal sebelum dikenakan beban. Ada 3 konsep yang digunakan untuk menganalisa sifat-sifat dasar beton pratekan [5]:

1. Sistem pratekan untuk mengubah beton yang getas menjadi bahan yang elastis.
2. Sistem pratekan untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi.
3. Sistem Pratekan untuk mencapai keseimbangan beban.

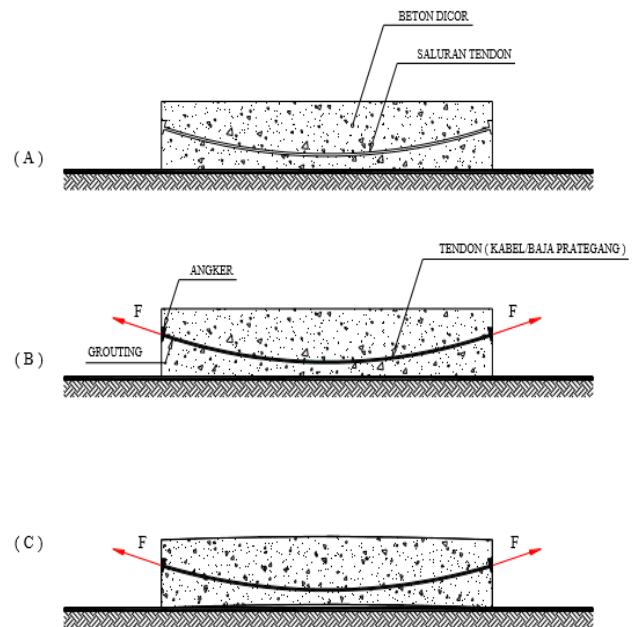
Metode yang digunakan dalam pengerjaan jurnal ini adalah metode pasca tarik. Pada metode pascatarik, beton dicor terlebih dahulu, dimana sebelumnya telah disiapkan saluran kabel atau tendon yang disebut duct.

Berikut merupakan tahap pelaksanaan sistem pratekan pasca tarik yang diilustrasikan pada Gambar 1:

Tahap 1: Dengan cetakan (formwork) yang telah disediakan lengkap dengan saluran/selongsong kabel pratekan (tendon duct) yang dipasang melengkung sesuai dengan bidang momen balok, beton dicor.

Tahap 2: Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya pratekan, tendon atau kabel pratekan dimasukkan dalam selongsong (tendon duct), kemudian ditarik untuk mendapatkan gaya pratekan.

Tahap 3: Setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan, gaya pratekan telah ditransfer ke beton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya pratekan tendon memberikan beban merata ke balok yang arahnya keatas, akibatnya balok melengkung keatas.



Gambar 1. Metode Pelaksanaan Pasca Tarik [3].

III. METODOLOGI

Tahapan dalam pengerjaan jurnal ini menurut urutan pelaksanaannya dapat dilihat melalui diagram alir pada Gambar 2. Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Jurnal yaitu data gedung Apartemen Puncak CBD Wiyung.

Data Gedung Sebelum dimodifikasi:

Tipe Bangunan : Gedung Apartemen
 Lokasi : Jalan Kramat Kali Wiyung, Surabaya Barat

Ketinggian Lantai

- Basement (B1) : 3,5 m
- Lobby : 4,0 m
- Lantai Parkir 1-4 : 13,15 m
- Lantai 1-37 : 109,6 m

Tinggi Total Bangunan: 126,75 m

Mutu Beton (f_c') : 40 MPa

Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa

Data Gedung Setelah di modifikasi :

Tipe Bangunan : Gedung Apartemen

Lokasi : Jalan Kramat Kali Wiyung, Surabaya Barat

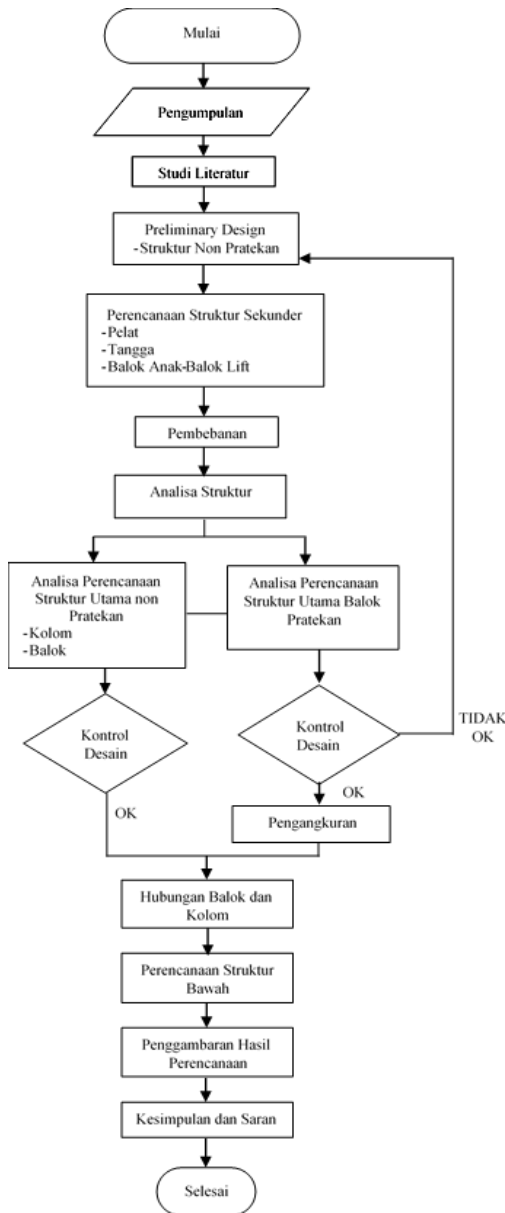
Ketinggian Lantai

- Lobby : 3,0 m
- Lantai Parkir 1-4 : 9 m
- Lantai 1-37 : 109,6 m

Tinggi Total Bangunan: 121,65 m

Mutu Beton (f_c') : 40 MPa

Mutu Baja (f_y) : 400 MPa



Gambar 2. Diagram alir penyelesaian jurnal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preliminary Design

Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan structural untuk bangunan gedung yang ada [6][7]. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, balok pratekan, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary, sebaiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

Tabel 1.
Rekapitulasi Perencanaan Dimensi Balok Anak

Nama Balok	Bentang (mm)	h _{min}		b _{min}		Dimensi	
		(mm)	(mm)	(m)	(m)	h (mm)	b (mm)
B1	5000	303,6	202,4	500	300		
B2	4800	291,4	194,3	500	300		
B3	4425	268,7	179,1	500	300		
B4	3000	182,1	121,4	350	250		
B5	2400	145,7	97,1	350	250		

Tabel 2.
Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Nama Balok	Bentang (mm)	h _{min}		b _{min}		Dimensi	
		(mm)	(mm)	h (mm)	b (mm)		
BA1	5000	231,3	154,2	300	250		

Tabel 3.
Rekapitulasi Dimensi Pelat Lantai dan Atap

Tipe Pelat	Ukuran (cm)	Tipe Arah	Tebal min (cm)	Tebal Pakai (cm)	
				Lantai	Atap
1	500 × 442,5	2	11,03	13	12
2	500 × 480	2	11,24	13	12
3	442,5 × 270	2	8,76	13	12
4	442,5 × 442,5	2	9,95	13	12
5	442,5 × 480	2	10,66	13	12
6	480 × 480	2	10,86	13	12
7	442,5 × 240	2	6,25	13	12
8	442,5 × 500	2	11,27	-	12

Rekapitulasi dimensi kolom yang digunakan:

- Kolom 28- Lt. Atap : 60/60 cm
- Kolom Lt. 18 – 27 : 65/65 cm
- Kolom Lt. 8 – 17 : 75/75 cm
- Kolom Lobby – Lt.7: 85/85 cm

Rekapitulasi Balok Prategang

- Bentang : 13,65 m
- Dimensi balok: 50/70 cm

B. Perencanaan Struktur Sekunder

1. Perencanaan Tangga

- Tinggi lantai : 295 cm
- Lebar Tangga : 120 cm
- Panjang Tangga : 300 cm
- Elevasi Bordes : 147,5 cm
- Lebar Bordes : 140 cm
- Panjang Bordes : 270 cm
- Tebal Bordes : 15 cm
- Jumlah Tanjakan : 20 buah
- Jumlah injakan : 19 buah
- Lebar Injakan (i) : 30 buah
- Tinggi injakan (t) : 15 cm
- Tebal pelat tangga (tp) : 15 cm
- Selimut beton : 2 cm
- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa

Tabel 4.
Rekapitulasi Penulangan Tangga

Tangga Tipe 1 (h = 2950 mm)				
Nama struktur	Tulangan			
	Lentur	Bagi	Susut	
Pelat Tangga tipe 1	D13-110	D10-250	D10-250	
Pelat Bordes	D13-125	D10-330	D10-115	
Nama struktur	Geser			
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Balok Bordes	2D13	1D13	D10-150	D10-100
Tangga tipe 2 (h = 3000 mm)				
Nama struktur	Tulangan			
	Lentur	Bagi	Susut	
Pelat Tangga tipe 2	D13-115	D10-300	D10-250	
Pelat Bordes	D13-125	D10-330	D10-115	
Nama struktur	Geser			
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Balok Bordes	2D13	1D13	D10-150	D10-100

Nama struktur	Tangga tipe 3 (h = 3400 mm)			
	Lentur		Bagi	Susut
Pelat Tangga tipe 3	D13-115	D10-250	D10-250	
Pelat Bordes	D13-125	D10-330	D10-115	
Nama struktur	Lentur		Geser	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Balok Bordes	2D13	1D13	D10-150	D10-100

2. Perencanaan Pelat

Pelat direncanakan dibagi menjadi pelat lantai dan pelat atap. Ketebalan pelat direncanakan yaitu 13 cm dan 12 cm.

Tabel 5
Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai dan Atap

Tipe	Arah	h pelat (cm)	Tulangan	
			X	Y
			Pelat Lantai Apartemen	
1	2	13	D10-200	D10-200
2	2	13	D10-250	D10-250
3	2	13	D10-250	D10-250
4	2	13	D10-250	D10-250
5	2	13	D10-250	D10-250
6	2	13	D10-250	D10-250
7	2	13	D10-250	D10-250
Pelat Lantai Atap				
1A	2	12	D10-200	D10-200
2A	2	12	D10-200	D10-200
3A	2	12	D10-250	D10-250
4A	2	12	D10-250	D10-250
5A	2	12	D10-200	D10-250
6A	2	12	D10-200	D10-200
7A	2	12	D10-250	D10-250
8A	2	12	D10-200	D10-200

3. Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi pendistribusi beban.

Tabel 6
Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Tipe Balok	Balok Anak Ballroom				Sengkang
	Tumpuan		Lapangan		
	Negatif	Positif	Negatif	Positif	
BA1	2D16	2D16	2D16	2D16	2D10-120

4. Perencanaan Balok Lift

Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya dapat lihat di lampiran brosur lift):

- Tipe lift : Passanger Elevator
- Merk : Hyundai
- Kapasitas : 1814 kg
- Lebar pintu (opening width) : 1219 mm
- Dimensi ruang luncur : 3137 mm × 2032 mm
- Dimensi sangkar
- Internal : 2337 mm × 1651 mm
- Dimensi ruang mesin (1 car) : 3442 mm × 3556 mm
- Beban reaksi ruang mesin
- R1 : 73 kN
- R2 : 138 kN

Dimensi balok penumpu Lift yaitu 300×500 mm.

C. Analisa Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur Apartemen Puncak CBD Wiyung memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga harus dilakukan analisa terhadap gedung dengan menggunakan analisa respon dinamik [4][8], dan [9].

1. Kontrol Pembebanan

Total perbedaan berat struktur perhitungan manual dan etabs, adalah 1,9 % < 5% (OK)

2. Kontrol Getar Waktu Alami

T terbesar yang didapat dari analisis ETABS = 3,457 s, maka:

$$- T < Cu \times Ta \quad - T < Ta$$

$$3,457 s < 4,914 s \text{ (OK)} \quad 3,457 s < 3,506 s \text{ (OK)}$$

3. Kontrol Base Shear

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85×V/Vt (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus adalah 7.

$$V_{xt} > 0,85V; 8169,7 \text{ kN} > 7851,787 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

$$V_{yt} > 0,85V; 8328,82 \text{ kN} > 7851,787 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

4. Kontrol Dual System

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut.

Tabel 7.
Kontrol Sistem Ganda

	Gempa X (kN)	Gempa Y (kN)	% Gempa X	% Gempa Y
SRPM	2857,33	3202,10	29,63	27,39
Shearwall	6784,99	8488,15	70,37	72,61
Total	9642,32	11690,25	100,00	100,00

5. Kontrol Partisipasi massa

Berdasarkan hasil analisis perhitungan pada program bantu ETABS, partisipasi massa menghasilkan respon 90% pada mode ke 11. (OK)

6. Kontrol Drift

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan

$$\text{Drift maks arah gempa Y} : 8,36 \text{ m} < 59 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

$$\text{Drift maks arah gempa X} : 10,565 \text{ mm} < 59 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

D. Perencanaan Struktur Utama Pratekan

Perencanaan dimensi balok pratekan yang digunakan untuk menggantikan fungsi kolom pada lantai atap (ruang serbaguna) sesuai dengan ketentuan yang berlaku [6][10], dan [11].

$$- \text{Dimensi} : 50/70 \text{ cm}$$

$$- \text{Panjang} : 13,65 \text{ m}$$

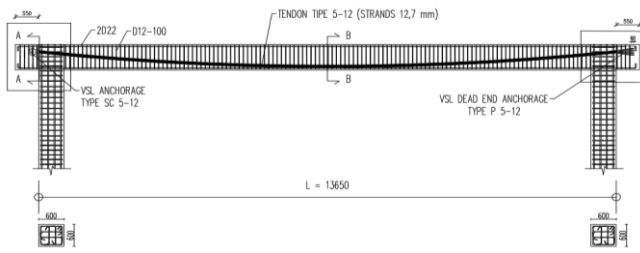
$$- \text{Koordinat tendon}$$

$$\text{Tumpuan} : +10 \text{ cm dari c.g.c}$$

$$\text{Lapangan} : +10 \text{ dari titik terbawah balok}$$

$$- \text{Fo pakai} : 1840 \text{ kN}$$

$$- \text{Fe} : 1489,35 \text{ kN}$$



Gambar 3. Potongan memanjang balok pratekan.

1. Kehilangan gaya prategang

Total kehilangan prategang secara langsung dan tidak langsung yaitu sebesar 19,0568%.

Tabel 8.

Rekapitulasi Kehilangan Prategang

Kehilangan Gaya Prategang	Akibat	Presentase kehilangan (%)
Langsung	Slip angker	5,586
	Perpendekan elastis	-
	Wobble effect	0,1528
	Kekekangan Kolom	3,5065
Tidak Langsung (Waktu)	Susut	0,0288
	Relaksasi Baja	9,788

2. Rekapitulasi perencanaan strutur pratekan

- Momen nominal tumpuan di tendon : 244,085 kN.m
- Momen nominal tumpuan lunak : 301,358 kN.m
- Momen nominal total : 545,444 kN.m
- Mu tumpuan : 436,714 kN.m
- Momen nominal lapangan : 1271,98 kN.m
- Mu lapangan : 345,772 kN.m
- Fpc : 3,441 MPa
- Lendutan saat jacking : 10,356 mm
- Lendutan setelah transfer : -17,232 mm
- Tulangan lentur di tumpuan : 4D22
- Tulangan susut di tumpuan : 4D22
- Tulangan geser : D12-100
- Tulangan torsi : Tidak diperlukan

E. Perencanaan Struktur Utama Non Pratekan

Perencanaan struktur utama non pratekan ini meliputi perencanaan balok induk, kolom, hubungan balok kolom, shearwall [6][12], dan [13].

Tabel 9.

Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Induk Lantai				
Balok Induk Lantai Apartemen				
Tipe Balok	Tumpuan		Lapangan	
	Negatif	Positif	Negatif	Positif
B1	3D16	4D16	3D16	3D16
B2	3D16	4D16	3D16	3D16
B3	3D16	6D16	3D16	4D16
B4	2D16	2D16	3D16	6D16
B5	4D16	4D16	2D16	3D16

Tabel 10.

Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Induk Atap				
Balok Induk Atap				
Tipe Balok	Tumpuan		Lapangan	
	Negatif	Positif	Negatif	Positif
B1	3D16	3D16	3D16	3D16
B2	3D16	3D16	3D16	3D16
B3	3D16	5D16	3D16	3D16
B4	2D16	2D16	2D16	2D16
B5	2D16	3D16	2D16	2D16

Tabel 11.

Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Penahan Torsi

Balok Induk Apartemen					
Tipe Balok	Atas	Bawah	Kiri	Kanan	Total
B1	D16	D16	D16	D16	4D16
B2	D16	D16	D13	D13	2D16-2D13
B3	D16	D16	D16	D16	4D16
B4	-	-	D16	D16	2D16
B5	-	-	D16	D16	2D16
Balok Induk Atap					
Tipe Balok	Atas	Bawah	Kiri	Kanan	Total
B1	D16	D16	D16	D16	4D16
B2	D16	-	D16	D16	3D16
B3	D16	-	D13	D13	3D16
B4	-	-	D16	D16	2D16
B5	-	-	D16	D16	2D16

Tabel 12.

Rekapitulasi Penulangan Geser Balok Induk

Balok Induk Apartemen			
Tipe Balok	Daerah sendi plastis (<2h)	Di luar sendi plastis (>2h)	2h (mm)
B1	D10-70	D10-120	1000
B2	D10-90	D10-130	1000
B3	2D10-90	2D10-180	1000
B4	D10-60	D10-140	700
B5	D10-40	D10-100	700
Balok Induk Atap			
Tipe Balok	Daerah sendi plastis (<2h)	Di luar sendi plastis (>2h)	2h (mm)
B1	D10-80	D10-120	1000
B2	D10-90	D10-170	1000
B3	D10-70	D10-140	1000
B4	D10-60	D10-140	700
B5	D10-70	D10-140	700

Tabel 13.

Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tipe	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal		Tulangan Torsi	Panjang Sambungan Lewatan (mm)
		Sendi Plastis	Non Sendi Plastis		
Kolom 85/85	12D29	5D16-125	5D16-150	-	900
Kolom 75/75	12D29	5D16-130	5D16-150	-	900
Kolom 65/65	12D29	5D16-130	5D16-150	-	900
Kolom 60/60	8D25	4D19-130	4D19-150	-	750

Tabel 14.

Rekapitulasi Perencanaan Shearwall

Tipe	Tulangan Geser Vertikal	Tulangan Geser Horizontal	Panjang Boundry Element
Arah Y	D25-150	D19-100	1100

5. Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi gedung ini, menggunakan digunakan pondasi dalam yaitu tiang pancang tipe Prestressed Concrete Spun Piles produk dari PT. Wijaya Karya Beton [14].

1. Tiang pancang beton pracetak dengan penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang, $f_c' = 52$ MPa. (concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days)

Spesifikasi tiang pancang

- Diameter tiang : 600 mm
- Klasifikasi : C
- Concrete cross section : 1570 cm³
- Berat : 393 kg/m
- Bending momen ultimate: 58 t.m

Bending momen crack : 29 t.m
Allowable axial load : 229,5 ton

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan secara keseluruhan dalam Modifikasi Perencanaan Apartemen Puncak CBD Wiyung dengan Menggunakan Sistem Ganda dan Balok Pratekan pada Lantai Atap, didapatkan beberapa kesimpulan:

1. Perencanaan Apartemen Puncak CBD Wiyung memiliki dimensi struktur baik struktur sekunder dan struktur utama sebagai berikut:

Struktur Sekunder

- Balok Anak : 25/30 cm
- Balok Bordes : 15/20 cm
- Balok Lift : 30/50 cm
- Tebal Pelat

Pelat Lantai : 13 cm

Pelat Atap : 12 cm

- Dinding Geser

Arah X dan Y: 400 mm

Struktur Utama

- Balok Induk

B1-B3 : 30/50 cm

B4 : 25/35 cm

B5 : 25/35 cm

- Balok Pratekan : 50/70 cm

- Kolom

Lantai Lobby – Lt.7 : 85/85 cm

Lantai 8-17 : 75/75 cm

Lantai 18-27 : 65/65 cm

Lantai 28-37 : 60/60 cm

- Pondasi : terdiri dari 7 tipe, yaitu 6 tiang, 4 tiang, 24 tiang, 70 tiang, 51 tiang, dan 10 tiang.
- Tiang Pancang: Spun Pile 600 mm.

2. Hasil perhitungan gaya gempa menggunakan analisa respon spectrum menunjukkan bahwa Apartemen Puncak CBD Wiyung termasuk ke dalam kategori desain seismik D.
3. Hasil analisa struktur apartemen telah memenuhi kontrol pembebanan, kontrol sistem ganda, kontrol drift, kontrol geser dasar, dan kontrol periode getar alami.
4. Hasil gaya pratekan yang terjadi pada struktur primer balok pratekan adalah sejumlah 1840 kN, dengan kehilangan gaya pratekan sebesar 19,06%.
5. Perhitungan pada struktur pondasi telah memenuhi persyaratan dimensi dan kontrol geser pons akibat kolom maupun tiang pancang.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Jurnal ini diantaranya:

1. Perencanaan dimensi balok pratekan harus didesain seefektif mungkin, sehingga kehilangan gaya prategang yang terjadi dapat diminimalisasi.
2. Penempatan shearwall pada gedung harus diperhatikan agar tidak mengurangi nilai fungsi suatu ruang dan tetap memenuhi persyaratan akibat gempa.
3. Setiap perencanaan harus memperhitungkan metode pelaksanaan yang sesuai, agar dapat dilaksanakan dengan baik di lapangan.
4. Studi mengenai perencanaan dan pelaksanaan metode beton pratekan pada gedung perlu ditingkatkan dengan tetap mempertimbangkan berbagai aspek dalam dunia konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lyn and Burns., *Design of Prestressed Concrete Structures*. USA: John Wiley & Sons Inc, 1999.
- [2] R. Krisna, *Prestressed Concrete*. New Delhi: McGraw-Hill Company Limited, 1981.
- [3] E. G. Nawy, *Prestressed Concrete*. USA: Prentice Hal, Inc, 2000.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)," Bandung, 2012.
- [5] Soetoyo, "Diktat Konstruksi Beton Pratekan," Jakarta, 2014.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013)," Jakarta, 2013.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain," Jakarta, 2013.
- [8] Tavio and B. Kusuma, *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press, 2009.
- [9] E. Wahyuni, P. Aji, D. Iranata, and F. Budiman, "Study of Rapid Visual Screening of Buildings for High Potential Seismic Hazard According to Indonesian Standard," *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [10] Precast/Prestressed Concrete Institute, *PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete*. Chicago: PCI Industry Handbook Committee, 2004.
- [11] N. Ilham, *Perhitungan Balok Prategang Jembatan Srandakan Kulon Progo*. Yogyakarta: MINI-EC, 2008.
- [12] American Association State Highway and Transportation Officials, "Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement," America, 2016.
- [13] R. Purwono, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press, 2005.
- [14] H. Wahyudi, *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS, 1999.