

Perencanaan Gedung The Samator Superblock Dengan Elemen Struktur Beton Pratekan Parsial Paska Tarik

I Putu Ellsa Sarassantika^a, I Gusti Putu Raka^b, Tavio MT^b

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: iputueellsas@gmail.com

Abstrak - Perencanaan Gedung Perkantoran The Samator setinggi 20 lantai ($\pm 78,5,00$ m) ini dirancang dengan beton bertulang biasa pada keseluruhan lantai. Pada setiap lantainya terdapat ruangan dengan balok bentang 16 meter. Secara penerapan penggunaan bahan dan material dinilai tidak efektif menggunakan beton bertulang, sebagai langkah efektif perencanaan ulang dibuat menggunakan beton pratekan. Dalam perkembangannya sistem balok pratekan dalam perencanaan gedung membutuhkan pertimbangan tertentu seperti penggunaan sistem pratekan parsial untuk menambah kemampuan menahan beban lateral, penggunaan sistem post tension (paska tarik) untuk kemudahan konstruksi pada gedung. Perencanaan yang dilakukan pada The Samator meliputi perencanaan struktur sekunder, struktur utama pratekan maupun non-pratekan, perhitungan pondasi, serta metode pelaksanaan dari pembangunan gedung tersebut termasuk konstruksi yang mempertimbangkan eliminasi momen tahanan kolom terhadap jacking post-tension balok (momen resisting column). Dalam perencanaan beton pratekan penulis menggunakan perhitungan khusus mengenai dimensi dan pemberian gaya pratekan, serta kontrol yang disesuaikan dengan beton pratekan. Untuk perencanaan beton bertulang biasa penulis menggunakan perhitungan dan peraturan yang sesuai dengan syarat beton bertulang biasa. Perencanaan ini harus memenuhi peraturan mengenai bangunan tahan gempa yang terbaru, seperti SNI 03-2847-2013, SNI 03-1729-2002, SNI 03-1726-2012, PPIUG 1983, serta ACI 2008 (American Concrete Institute) khusus untuk pendetailan beton pratekan dan aturan lain mengenai beton pratekan yang sesuai dengan konsep bangunan tahan gempa.

Kata Kunci: The Samator, Beton Bertulang Biasa, Beton Pratekan

I. PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Gedung ini terdiri dari 2 basement dan 18 lantai, dimana disetiap lantainya terdapat ruangan dengan bentang balok sepanjang 16 meter. Atas dasar kebutuhan ruangan yang luas tanpa kolom serta panjang bentang yang sangat jauh, maka elemen struktur balok beton bertulang biasa diganti dengan beton pratekan.

Penggunaan beton pratekan memungkinkan pemanfaatan seluruh penampang melintang beton dalam menerima beban, sehingga dengan penampang melintang yang lebih kecil, beban yang mampu dipikul serta panjang bentangnya sama dengan beton bertulang biasa. Komponen struktur beton pratekan memiliki dimensi tinggi balok lebih kecil dibandingkan dengan beton bertulang untuk kondisi beban dan bahan yang sama. Pada umumnya tinggi

komponen struktur pratekan berkisar antara 65 sampai 85 persen dari tinggi komponen struktur beton bertulang. Dengan demikian komponen struktur beton pratekan membutuhkan lebih sedikit beton sekitar 20 hingga 35 persen [1]

Khususnya pada gedung THE SAMATOR balok beton bertulang yang diganti sejumlah 2 bentang perlantainya, dikalikan sebanyak 18 lantai, dapat dikalkulasi besarnya penghematan material terjadi, reduksi berat struktur yang secara drastis berkurang disertai berkurangnya beban gempa yang signifikan.

Sebagai usaha mengeliminasi kehilangan pratekan oleh kekangan kolom dan menghindari momen komulatif yang terjadi pada dasar kolom paling bawah akibat post tension yang dikenakan setiap lantainya, maka desain dasar kolom tiap lantai harus didesain dengan sendi sementara. Setelah post tension selesai dikerjakan, setelah creep dan pemendekan elastis berakhir kira-kira 6 bulan setelah jacking, barulah dasar kolom tersebut di-grouting untuk menjadikannya jepit. [2]

Bangunan ini terletak di wilayah Surabaya. Dalam modifikasi struktur ini perencanaan ulang dilakukan dengan panduan perencanaan menggunakan peraturan yang terbaru yaitu SNI 03-2847-2013 tentang perhitungan beton untuk bangunan gedung, SNI 03-1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan PPIUG 1983 tentang peraturan pembebaan Indonesia untuk gedung, serta peraturan mengenai beton pratekan yang memenuhi syarat tahan gempa.

TUJUAN

Tujuan dari modifikasi perancangan gedung The Samator Superblock dengan struktur beton pratekan, yaitu :

- Menentukan preliminary design, struktur primer dan sekunder sesuai struktur yang baru hasil modifikasi.
- Menghitung pembebaan setelah adanya modifikasi struktur.
- Memodelkan dan menganalisa struktur gedung THE SAMATOR dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
- Merencanakan dimensi beton pratekan yang memenuhi kriteria perancangan struktur.

- Merencanakan basemen yang sesuai kondisi tanah dilapangan.
- Merencanakan pondasi yang sesuai dengan besar beban yang dipikul dan kondisi tanah dilapangan.
- Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan struktur gedung THE SAMATOR yang telah dimodifikasi ke dalam gambar teknik.

BATASAN MASALAH

Agar permasalahan tidak melebar, maka dalam Tugas Akhir ini penulis membatasi permasalahan pada :

- Tidak meninjau dari segi analisis anggaran biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi.
- Meninjau metode pelaksanaan yang hanya berkaitan dengan perhitungan struktur.
- Analisa struktur dengan menggunakan program bantuan SAP 2000

II. TINJAUAN PUSTAKA

DAMPAK PEMBERIAN PASKA TARIK PADA BALOK

Kekangan yang diberikan oleh kolom yang besar dengan kekakuan yang tinggi (tipe kolom yang sering ada pada bangunan bertingkat). Hal ini menghalangi tegangan paska tarik yang diberikan ke balok, sehingga mengurangi efektivitas paska tarik.

Pada analisis awal didapat, efek dari post tension pada lantai tertentu diperpanjang sampai 4 tingkat di bawahnya. perpendekan elastis dari balok lantai kedua menginduksi perpindahan horizontal pada puncak kolom tingkat satu. Jika kolom dikekang pada dasarnya, perpindahan disertai dengan momen pada kolom, dan pada waktu yang sama mengurangi pasca tarik yang masuk ke balok yang ditarik. Hasil studi lainnya menunjukkan apabila semua lantai telah diberikan pasca tarik, maka akan terjadi penumpukan momen yang sangat besar pada kolom paling bawah

Sebagai upaya mengeliminasi tahanan terhadap gerakan horizontal, maka dasar kolom dapat didesain dengan sendi, sehingga kekakuan lentur relative kolom tidak akan mempengaruhi efektifitas post tension. Desain sendi sementara (temporary hinge). [2]

III. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam modifikasi perencanaan ialah sebagai berikut

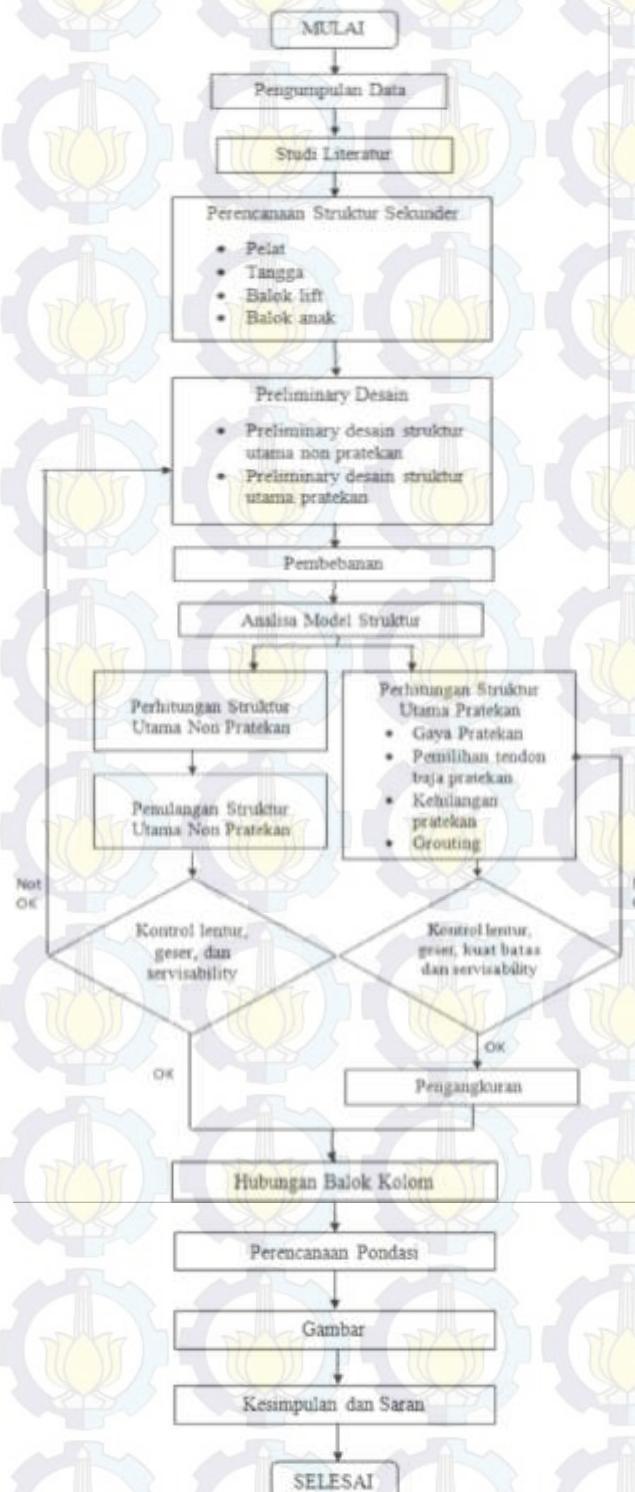


Diagram Alur Metodologi Perencanaan

Data Perencanaan

Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir yaitu :

Tipe Bangunan : Gedung Perkantoran

Lokasi : kedung baruk, Surabaya

Ketinggian Lantai :

lower basement = 3,00 m

Basement = 3,50 m
 Lantai 1 – 18 = 4,00 m
 Luas Bangunan= 2560 m²
 Tinggi Total Bangunan : ± 75,8 m
 Mutu Beton (f'c) : 30 Mpa
 Mutu Baja (fy) : 400 Mpa
 Data tanah terlampir.

IV. HASIL DAN ANALISA DATA

PRELIMINARY DESAIN

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, balok pratekan, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

Preliminary Desain Balok Induk

Balok	bentang	arah	h min	h pakai	b min	b pakai	dimensi
A	8,5	Memanjang	53,30	65	32,5	40	40 65
B	8,3	Memanjang	51,92	65	32,5	40	40 65
C	8,1	Memanjang	50,95	65	32,5	40	40 65
D	8,0	Memanjang	50,34	65	32,5	40	40 65
E	8,0	Memanjang	50,03	65	32,5	40	40 65
F	8,0	Melintang	50,00	65	32,5	40	40 65

Preliminary Desain Balok Anak

Balok	bentang	arah	h min	h pakai	b min	b pakai	dimensi
A	8,5	Memanjang	40,61	45	30	30	30 45
B	8,3	Memanjang	39,56	45	30	30	30 45
C	8,1	Memanjang	38,82	45	30	30	30 45
D	8,0	Memanjang	38,35	45	30	30	30 45
E	8,0	Memanjang	38,12	45	30	30	30 45
F	8,0	melintang	38,10	45	30	30	30 45

Perencanaan Balok Pratekan

Dimensi balok pada preliminary desain direncanakan sebagai berikut

$$h_{\min} = \frac{L}{20}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

Dimana :

L = panjang balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

b = lebar balok (cm)

Balok pratekan yang direncanakan memiliki L = 1600 cm, sehingga diperoleh perencanaan : 55/80 untuk balok pratekan.

Perencanaan Tebal Pelat

Rencanakan dengan tebal pelat atap dan lantai 12 cm. Sedangkan tebal pelat basemen adalah 40 cm

Perencanaan Kolom

Dalam perencanaan kolom tiap lantai, pemilihan yang dilakukan adalah kolom yang mengalami pembebahan terbesar, kemudian kolom divariasikan tiap 3 tingkat.

Menurut SNI 03-2847-2002 kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Dimensi awalnya dapat didapat dengan dengan

$$A = \frac{W}{1/3 \cdot f_c}$$

A = b x h dengan penampang persegi b = h, maka didapat dimensi kolom sebagai berikut:

- o Lantai 14, 15, 16, 17, 18 = 65x65 cm
- o Lantai 11, 12 ,13 = 80x80 cm
- o Lantai 8,9,10 = 90x90 cm
- o Lantai 5. 6. & 7 = 100x100 cm
- o Lantai 2, 3, & 4 = 110x110 cm
- o Basemen 1 & 2, lantai 1 = 120x120 cm

STRUKTUR SEKUNDER

Perencanaan Tangga

Tinggi antar lantai	= 400 cm
Tinggi bordes	= 200 cm
Panjang tangga	= 330 cm
Panjang bordes	= 165 cm
Lebar bordes	= 285 cm
Lebar bordes	= 10 cm
Lebar injakan trap tangga	= 30 cm
Tinggi injakan trap tangga	= 17,5 cm
Tebal tangga	= 25 cm
Tebal pelat trap tangga	= 10 cm
Dacking tulangan	= 2 cm
Mutu beton (f'c) = 30 MPa	= 300 kg/cm ²
Mutu baja (fy) = 400 Mpa	= 4000 kg/cm ²

Penulangan Pelat Tangga

Digunakan tulangan lentur Ø16-100 ($A_{spakai} = 2011 \text{ mm}^2$) As tulangan bagi = 20% $A_s = 0,2 \times 1756,8 = 351,36 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan Ø8 – 125 ($A_{spakai} = 402 \text{ mm}^2$)

Penulangan Pelat Bordes

Digunakan tulangan lentur Ø16-100 ($A_{spakai} = 2011 \text{ mm}^2$) As tulangan bagi = 20% $A_s = 0,2 \times 1756,8 = 351,36 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan Ø8 – 125 ($A_{spakai} = 402 \text{ mm}^2$)

Penulangan Balok Bordes

Gunakan dimensi balok bordes 25/35.

Beban Mati (DL)

Pasang 2D16 ($A_s = 402 \text{ mm}^2$)

Dipakai tulangan tekan praktis 2D16 ($A_s = 402 \text{ mm}^2$)

Jarak sengkang S :

$$S = \frac{b_w - 2 \cdot \phi_{sengkang} - 2 \cdot \text{cover} - n \cdot \phi_{tul.utama}}{n-1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{250 - 16 - 2 \times 40 - 4 \cdot 16}{2 - 1} = 90 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Perencanaan Pelat

Rencanakan dengan tebal pelat atap dan lantai 12 cm.

Penulangan arah x

Digunakan tulangan lentur Ø10 - 200

Penulangan arah y

Digunakan tulangan lentur Ø10 - 200

Rencanakan dengan tebal pelat atap dan lantai 40 cm.

Penulangan arah x

Digunakan tulangan lentur Ø22 - 200

Penulangan arah y

Digunakan tulangan lentur Ø22 - 200

Penulangan Balok Anak

Maka dipasang tulangan **12 D 16**

Spasi bersih antar tulangan

$$S = \frac{bw - 2\phi_{sengkang} - 2 \cdot \text{decking} - n \cdot \phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{350 - (2) \cdot (8) - (2) \cdot (40) - (2) \cdot (16)}{3 - 1} = 45,3 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= 543,9 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **12 D 16**

Spasi bersih antar tulangan

$$S = \frac{bw - 2\phi_{sengkang} - 2 \cdot \text{decking} - n \cdot \phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{350 - (2) \cdot (8) - (2) \cdot (40) - (2) \cdot (16)}{3 - 1} = 111 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Geser Ø10 - 150

Perencanaan Lift**Balok Penggantung Lift**

Panjang balok penggantung lift = 250 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{250}{16} = 15,6 \text{ cm}, \text{ ambil dimensi } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 40 = 26,67 \text{ cm}, \text{ ambil dimensi } b = 30 \text{ cm}$$

Diperoleh dimensi balok penggantung lift 30/40.

Balok Penumpu Lift

Panjang balok penumpu lift = 250 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{250}{16} = 12,5 \text{ cm}, \text{ ambil dimensi } h = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 40 = 26,67 \text{ cm}, \text{ ambil dimensi } b = 30 \text{ cm}$$

Diperoleh dimensi balok penumpu lift 30/40.

Penulangan balok lift

Perhitungan Tulangan Lentur

Maka dipasang tulangan **3 D 16 (603 mm²)**

Spasi bersih antar tulangan

$$S = \frac{bw - 2\phi_{sengkang} - 2 \cdot \text{decking} - n \cdot \phi_{tul.utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{300 - (2) \cdot (8) - (2) \cdot (40) - (2) \cdot (16)}{3 - 1} = 86 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Geser

Pasang $\phi 8 - 160 \text{ mm} \rightarrow 172 \text{ mm}$

Kontrol V_s

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{100,53 \cdot 400 \cdot 344}{160} = 86455,8 \text{ N} > V_s$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penumpu lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

- Tulangan lentur : 3 D 16
- Tulangan geser : $\phi 8 - 160$

STRUKTUR UTAMA NON-PRATEKAN**Balok Induk**

Exterior (40/65)

Tulangan lentur Tumpuan atas = 12 D 25

Tumpuan bawah = 10 D 25

Lapangan atas = 6 D 25

Lapangan bawah = 6 D 25

Tulangan geser sendi plastis : $2 \phi 13 - 80$

Tulangan geser luar sendi plastis : $2 \phi 13 - 100$

Tulangan torsi

1 buah di sisi kanan dan 1 buah di sisi kiri

Interior (40/65)

Tulangan lentur Tumpuan atas = 12 D 25

Tumpuan bawah = 10 D 25

Lapangan atas = 8 D 25

Lapangan bawah = 8 D 25

Tulangan geser sendi plastis : $2 \phi 12 - 80$

Tulangan geser luar sendi plastis : $2 \phi 13 - 100$

Tulangan torsi

1 buah di sisi kanan dan 1 buah di sisi kiri

Kolom

Data umum perencanaan adalah sebagai berikut :

Dimensi

: 65/65 cm = 24 D 25

: 80/80 cm = 36 D 25

: 90/90 cm = 36 D 29

: 100/100 cm = 36 D 32

: 110/110 cm = 36 D 32

: 120/120 cm = 40 D 32

Tinggi kolom : 400 cm

Tinggi bersih kolom : 355 cm

Decking (d') kolom ekterior : 50 cm

Diameter sengkang (D) : 12 mm

Mutu tulangan (f_y) : 400 Mpa
 Mutu sengkang (f_y) : 400 Mpa
 Mutu beton (f_c') : 30 Mpa

Sengkang yang digunakan ϕ 12-100

Sendi

Untuk mengeliminasi kehilangan prategang akibat kekangan kolom dan menghindari momen komulatif yang terjadi pada dasar kolom lantai dasar, maka pada saat jacking, dasar kolom tiap lantai didesain dengan sendi, dalam realisasinya dilapangan menggunakan penampang lingkaran dan menggunakan pengekang spiral.

Diameter penampang spiral dasar kolom:

- o Lantai 14, 15, 16, 17, 18 = 150 mm
- o Lantai 11, 12, 13 = 150 mm
- o Lantai 8, 9, 10 = 200 mm
- o Lantai 5, 6, & 7 = 200 mm
- o Lantai 2, 3, & 4 = 250 mm
- o Basemen 1 & 2, lantai 1 = 250 mm

STRUKTUR UTAMA PRATEKAN

Gaya Pratekan

Diperoleh M_T dari hasil perhitungan SAP

$$M_T = 76941,22 \text{ kgm} = 769,41 \text{ kNm}$$

$$F = \frac{M_T}{0.65h} = 1479,64 \text{ kN}$$

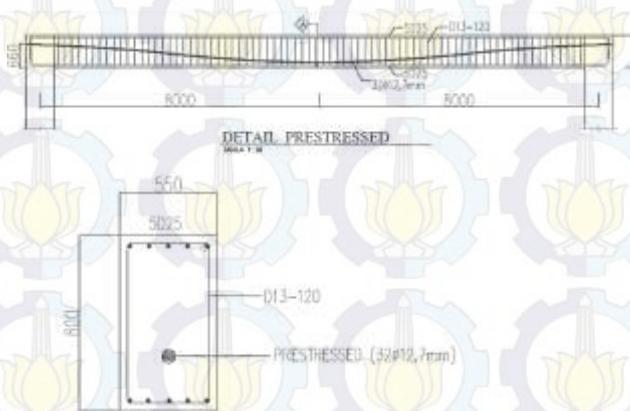
Momen akibat beban gempa dengan kombinasi maksimum :

$$M_{\text{Maks}} = -189273,07 \text{ kgm} = 1892,7307 \text{ kNm}$$

Rencanakan dengan nilai $F = 4000 \text{ kN}$

Asumsikan nilai kehilangan gaya pratekan sebesar 20%, sehingga nilai gaya pratekan awal (F_0) ialah = 4800 kN

Hasil perencanaan beton pratekan yang dihitung ialah seperti pada gambar di bawah ini.



PONDASI

Pondasi merupakan komponen struktur bangunan yang terbawahan dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah yang diterima dari kolom.

Struktur pondasi sangat penting mengingat sebagai struktur terbawahan dan menahan beban struktur di atasnya.

Pondasi yang digunakan pada gedung The Samator ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun piles produk dari PT. Jaya

Beton Indonesia, dengan kedalaman tiang direncanakan 30 m. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut

- Diameter : 600 mm
- Tebal : 100 mm
- Type : AB
- Allowable axial : 242 ton
- Bending Momen crack : 20 ton m
- Bending Momen ultimate : 35,3 ton m



Konfigurasi rencana tiang pancang

V. KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam Perencanaan Gedung The Samator Menggunakan Beton Pratekan' ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Perencanaan Gedung The Samator di daerah surabaya memiliki dimensi struktur baik struktur sekunder maupun struktur utama ialah sebagai berikut :

Struktur Sekunder :

- Balok anak = 30/45 cm
- Balok lift = 30/40 cm
- Balok bordes = 25/35 cm
- Tebal pelat = 12 cm
- Tebal pelat basemen = 40 cm
- Dinding geser = 20 cm
- Dinding penahan tanah = 50 cm

Struktur Utama :

- Balok induk : 40/65 cm
- Balok Prategang : 55/80 cm

Kolom :

- o Lantai 14, 15, 16, 17, 18 = 65x65 cm
- o Lantai 11, 12, 13 = 80x80 cm
- o Lantai 8, 9, 10 = 90x90 cm
- o Lantai 5, 6, & 7 = 100x100 cm
- o Lantai 2, 3, & 4 = 110x110 cm
- o Basemen 1 & 2, lantai 1 = 120x120 cm

- Pondasi full slab : 81960 x 33000 x 1,5 m
- Tiang pancang : 260 buah, D60, H = 30 m

2. Untuk mengeliminasi kehilangan prategang akibat kekangan kolom dan menghindari momen komulatif yang terjadi pada dasar kolom lantai dasar, maka pada saat jacking, dasar kolom tiap lantai didesain dengan sendi, dalam realisasinya dilapangan menggunakan

penampang lingkaran dan menggunakan pengekang spiral.

Diameter penampang spiral dasar kolom (sendi):

- o Lantai 14, 15, 16, 17, 18 =150 mm
- o Lantai 11, 12, 13 =150 mm
- o Lantai 8,9,10 =200 mm
- o Lantai 5, 6, & 7 =200 mm
- o Lantai 2, 3, & 4 =250 mm
- o Basement 1 & 2, lantai 1 =250 mm

3. Perencanaan menggunakan beton pratekan didasari pada kebutuhan akan ruangan yang luas dan bebas kolom padatengah bentangnya, sehingga penggunaan beton pratekan sangat memenuhi ketentuan tersebut.
4. Penggunaan pratekan ini juga didasari oleh effisiensi yang mampu diberikan balok pratekan dibandingkan beton bertulang biasa. Pratekan yang mengantikan balok beton bertulang biasa mampu mereduksi berat tiap lantai sehingga dapat mengurangi beban gempa yang terjadi. Pada akhirnya dapat memperkecil struktur rangkanya.
5. Perhitungan gaya gempa pada perencanaan Gedung The Samator menggunakan analisa respons spektrum di daerah surabaya, sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012.
6. Perencanaan gedung menggunakan peraturan SNI 03-2847- 2013, dengan sistem gedung yang digunakan ialah Sistem Ganda (system rangka dan dinding struktur).

- [12] Sami. 2011. Predicting Camber, Deflection, and Prestress Losses in Prestressed Concrete Members. North Carolina: North Carolina State University.
- [13] Jixian. 2012. Design and Analysis of Large-span Structure of A Sales Campaign Centre, Architecture and Civil

^aMahasiswa Penyusun Tugas Akhir

^bDosen Pembimbing Tugas Akhir

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nawy, Edward G. 1996. Prestressed Concrete : A Fundamental Approach, 2nd Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- [2] F. Mark, dan Ghosh S.K.. Case Study of Effects of Post-Tensioning The Beams in 45 Storey Building. Portland Cement Association, Skokie, Illinois.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03- 1726-2012). Jakarta: BSNI.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847- 2013). Jakarta: BSNI.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebatan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983. Jakarta: PU.
- [6] Lin, T.Y., dan Burns, N.H. 1996. Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [7] Wahyudi, Herman. 1999. Daya Dukung Pondasi Dalam. Surabaya: ITS Press.
- [8] E. Caecilia. 2009. Analisis dan Desain Balok Bentang 18 M pada Gedung 9 Lantai dengan Beton Prategang dan Baja Profil Khusus. Jakarta.
- [9] P. Adekunle. 2011. Analytical Investigation Of Prestressed Concrete Structures Incorporating Combined Post- Tensioned And Post-Compressed Reinforcements.
- [10] ARPN Journal of Engineering and Applied Science: Ogbomosho, Oyo State, Nigeria Jay Ruby. 2014. Designing For Long Spans. New York City
- [11] Sigit. 2008. Perhitungan kehilangan Pratekan Total dengan Memakai Teori Kemungkinan. Jakarta: Jurnal aplikasi.