

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 17 - 26	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA.

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof. Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. D r.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Nan iek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M .T.
8. Drs.Suparno,M. T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. P rof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Pr of.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universita s Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
3. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
4. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
5. Agus Wiyono,S.Pd, M.T
6. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL i

DAFTAR ISI ii

- Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)

ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK

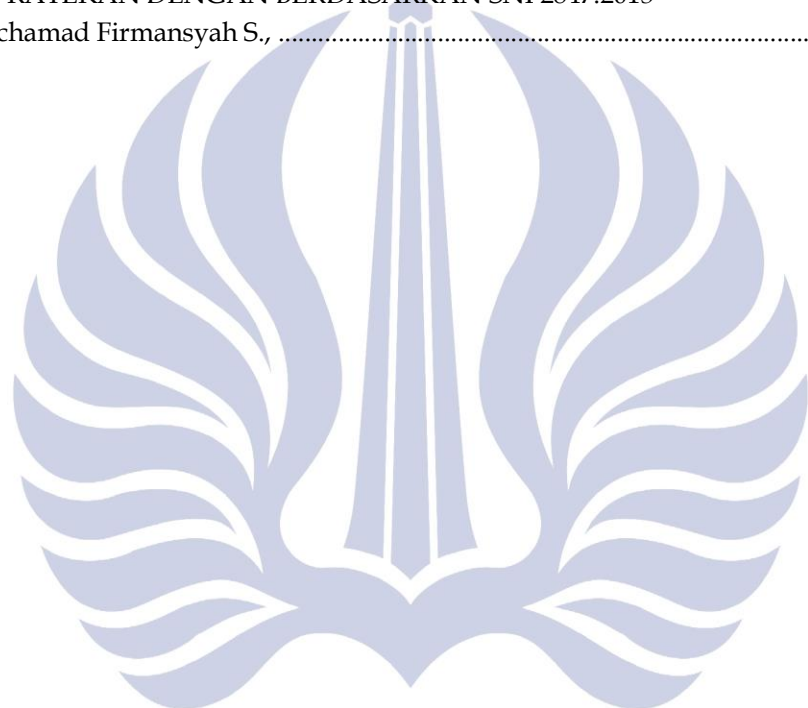
Novi Dwi Pratama, Nur Andajani, 01 - 08

ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013

Ferry Sandrian, Sutikno,09 - 16

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013

Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S., 17 - 26



UNESA

Universitas Negeri Surabaya

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATTERN SURABAYA MENGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013

Tono Siswanto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

mrbondjr228@gmail.com

Abstrak

Penggunaan beton pratekan untuk bangunan gedung bertingkat tinggi merupakan salah satu solusi yang efektif dan efisien dengan semakin sempit dan mahalnya harga lahan dipertanian. Gedung kantor BNL Pattern, Surabaya dalam perencanaan awal akan dibangun 6 lantai dengan struktur beton konvensional. Namun dilakukan perencanaan ulang dengan modifikasi penggunaan balok pratekan pada semua lantai dengan tujuan menghilangkan kolom tengah untuk digunakan ruang multifungsi dan ruang fitness.

Analisis struktur dilakukan dengan program SAP2000 dengan berbagai kombinasi pembebanan yang dimodelkan struktur 3D (space frame) guna mendapatkan reaksi dan gaya dalam setiap elemen struktur.

Dimensi balok pratekan yang digunakan 35/50 cm (tipikal semua lantai) dengan bentang 11,7 m. Gaya prategang yang dibutuhkan 3.745.129 N dengan kehilangan gaya prategang sebesar 27,7%. Strand 30Ø12,7mm, tendon unit 5-31, angkur tipe ES 5-31 yang semuanya produk dari VSL berdasarkan ASTM A 416-06 Grade 270. Tulangan yang digunakan balok meliputi tulangan lentur tarik (As) 4D19, tekan (As') 3D19, dan geser Ø10 - 50 pada tumpuan serta tulangan lentur tarik (As) 5D19, tekan (As') 3D19, dan geser Ø10 - 100 pada lapangan. Sedangkan untuk tulangan pengekang pada zona pengangkutan Ø12 - 25.

Memodifikasi pelat lantai existing gedung kantor BNL Pattern, Surabaya dengan pelat lantai prategang lebih dianjurkan.

Kata kunci : beton, balok, prategang

Abstract

The use of prestressed concrete for high-rise buildings is one effective and efficient solution with increasingly narrow and expensive urban land prices. BNL Pattern office building, Surabaya in the initial planning will be built 6 floors with conventional concrete structure. However, it was re-planned with modification of the use of prestressed beams on all floors with the aim of eliminating the middle column for multifunction room and fitness room.

Structural analysis is done with SAP2000 program with various combinations of loading that are modeled by 3D structure (space frame) in order to get reaction and force in each structural element.

Prestressed beam dimensions used 35/50 cm (typical of all floors) with a span of 11.7 m. Prestressing force required 3,745,129 N with loss of prestress force of 27.7%. Strand 30Ø12,7mm, 5-31 unit tendon, ES type 5-31 anchors are all products of VSL based on ASTM A 416-06 Grade 270. The reinforced beam includes bending (As) 4D19 tensile bending, press (As') 3D19, And shear the Ø10 - 50 on the support and tensile bending (As) 5D19, press (As') 3D19, and shear Ø10 - 100 on the field. As for the reinforcement bar in the Ø12 - 25 dump zone.

Modifying the existing floor plates of BNL Pattern office building, Surabaya with prestressed floor plates is recommended.

Keywords: concrete, beam, prestress

PENDAHULUAN

Gedung bertingkat tinggi diperlukan karena semakin sempit dan mahalnya harga lahan dipertanian. Hal itulah yang membuat banyak owner lebih memilih pembangunan gedung bertingkat tinggi dari pada perumahan. Seiring dengan perkembangan tersebut,

diperlukan inovasi-inovasi dari engineer untuk dapat menemukan solusi yang efektif dan efisien untuk perencanaan gedung bertingkat tinggi. Salah satunya penggunaan beton pratekan untuk bangunan gedung bertingkat tinggi.

Gedung kantor BNL Patern dalam perencanaan awal akan dibangun 6 lantai dengan struktur beton konvensional. Namun dengan diperlukannya ruang multifungsi dan ruang fitness dikantor tersebut, sehingga diperlukan perencanaan ulang dengan modifikasi penggunaan balok pratekan pada semua lantai. Hal itu diperlukan dengan pertimbangan bentang balok yang panjang dan kebutuhan ruang yang luas. Sehingga gedung yang terletak di Jalan Ngagel Jaya No. 40, Surabaya itu akan direncanakan dibangun 8 lantai dengan struktur utama menggunakan beton bertulang konvensional, kecuali balok melintang yang akan menggunakan balok pratekan.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan, dimana permasalahan yang ditimbulkan ini akan dibahas dalam penelitian ini, yakni : bagaimana perencanaan struktur kolom, balok pratekan dan pelat lantai untuk gedung bertingkat serta bagaimana gambar struktur kolom, balok pratekan dan pelat lantai untuk gedung bertingkat.

Pembebanan

1. Beban Mati

Beban mati yaitu semua beban yang berasal dari material konstruksi pembentuk dari bangunan tersebut. Sesuai SNI-1727-2013, yang termasuk beban mati adalah seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, finishing, dan semua material arsitektural maupun struktural serupa yang bersifat permanen.

- a) Beban mati pada pelat lantai
 - Sp tau acian = 21 kg/m²
 - Finishing lantai (keramik) = 24 kg/m²
 - Plafond c = 18 kg/m²
 - Instalasi plur = 25 kg/m²
- b) Beban mati pada pelat atap
 - Waterproofing Membran = 15 kg/m²
 - Plafond dan rangka = 18 kg/m²
 - Instalasi plumbing (ME) = 25 kg/m²
- c) Beban mati pada balok
 - Dinding pasangan bata ringan = 90 kg/m²
 - Beban dinding partisi (cladding) = 20 kg/m²
 - Beban reaksi pada balok akibat tangga = 1365 kg/m
 - Beban reaksi pada balok akibat gerakan lift = 700 kg/m

2. Beban Hidup

Beban hidup yaitu semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung,

dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak terpisahkan oleh gedung dan dapat di ganti selama masih dapat dipindah dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai atau atap tersebut.

- a) Beban hidup gedung perkantoran
 - Lobi dan koridor lantai pertama = 4,79 kN/m² atau 8,9 kN
 - Kantor = 2,40 kN/m² atau 8,9 kN
 - Koridor diatas lantai pertama = 3,83 kN/m² atau 8,9 kN
- b) Beban hidup atap
 - Air hujan (R)
 $R = 5,2(ds+dn)$
 dimana:
 R = beban air hujan pada atap (kN/m²)
 ds = kedalaman air pada atap yang masuk sistem drainase (mm)
 dn = tambahan kedalaman air pada atap yang ada diatas lubang sistem drainase (mm)

3. Beban Gempa

Beban gempa dalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang meneruskan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu anaisis dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. Perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI-1726-2012.

4. Kombinasi Pembebanan

- a) 1,4D
- b) 1,2D+1,6L+0,5(Lr atau S atau R)
- c) 1,2D+1,6(L atau S atau R)+(Lr atau 0,5W)
- d) 1,2D+1,0W+0,5(Lr atau S atau R)
- e) 1,2D+1,0E+L+0,2S
- f) 0,9D+1,0W
- g) 0,9D+1,0E

dimana:

- D = beban mati
- L = beban hidup
- Lr = beban hidup atap
- S = beban salju
- R = beban hujan
- W = beban angin
- E = beban gempa

Pelat Lantai Beton Bertulang

Secara umum sistem pelat lantai dapat dibedakan menjadi dua, keduanya dibedakan dari nilai rasio perbandingan sisi panjang (b) dan sisi pendek (a) dari pelat.

- a. Sistem pelat satu arah (one way slab), apabila $b/a > 2,0$. Analisis dan disain dari pelat satu arah, dilakukan dalam 1 arah (arah sisi pendek)
- b. Sistem pelat dua arah (two way slab), apabila $1,0 \leq b/a \leq 2,0$. Analisis pelat dua arah dilakukan dalam 2 arah (arah x dan arah y).

Tabel. Tabel minimum dari pelat tanpa balok interior

Tegangan Leleh f_y Mpa	Tanpa Penebalan		Dengan Penebalan			
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok inggir ^c		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir	
280	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
420	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
520	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/36

a. Untuk konstruksi dua arah, ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain
 b. Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier
 c. Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
 d. Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

*Sumber : Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung

Pengertian Balok Beton Patekan

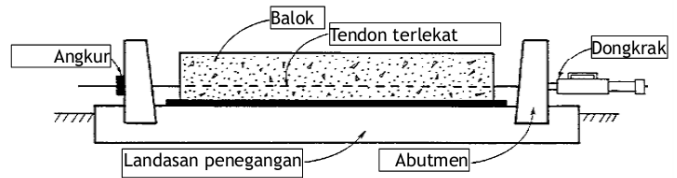
Di Indonesia istilah *prestressed concrete* dikenal dengan dua istilah yaitu beton prategang dan beton patekan. Kedua istilah tersebut relatif sama artinya dan dalam tugas akhir ini kedua istilah tersebut digunakan. Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal (ACI). Dalam definisi lain, beton prategang merupakan beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam akibat beban kerja (SNI 03-2847-2013).

Metode Patekan

Ada 2 jenis metode pemberian gaya prategang pada beton, yaitu :

- a) Metode Pratarik (Pretension)

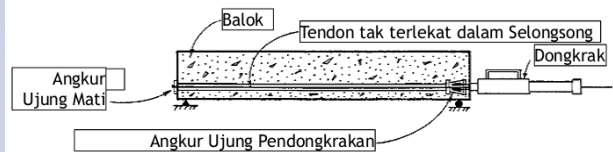
Pada metode pratarik, tendon ditarik sebelum beton dicor. Setelah beton cukup keras tendon dipotong dan gaya prategang akan tersalur ke beton melalui lekatan. pemberian pratarik dapat dilihat pada Gambar.



Gambar. Metode Pratarik (Pretension)

- b) Metode Pasca Tarik (Post Tension)

Pada metode pasca tarik, tendon ditarik setelah beton dicor. Sebelum pengecoran dilakukan terlebih dahulu dipasang selongsong untuk alur dari tendon. Setelah beton jadi, tendon dimasukkan ke dalam beton melalui selubung tendon yang sebelumnya sudah dipasang ketika pengecoran. Penarikan dilakukan setelah beton mencapai kekuatan yang diinginkan sesuai dengan perhitungan.



Gambar Metode Pascatarik (Post Tension)

Gaya Patekan Awal

Gaya prategang dipengaruhi momen total yang terjadi. Gaya prategang yang disalurkan harus memenuhi kontrol batas pada saat kritis. Persamaan ini menjelaskan hubungan momen total dengan gaya prategang. (T.Y Lin, 1996)

$$F = \frac{M_t}{0,65h}$$

dimana :

M_t adalah momen akibat beban mati tambahan, berat sendiri dan beban hidup.

h adalah tinggi balok

Tegangan ijin pada beton tidak boleh melebihi nilai-nilai berikut:

- Segera setelah peralihan gaya prategang (sebelum kehilangan), tegangan serat-serat terluar memiliki nilai sebagai berikut :

Tegangan tekan $\sigma_{ci} = 0,6 f'_{ci}$

Tegangan tarik $\sigma_{ti} = 0,25 \sqrt{f'_{ci}}$

- Pada beban kerja setelah terjadi kehilangan gaya prategang.

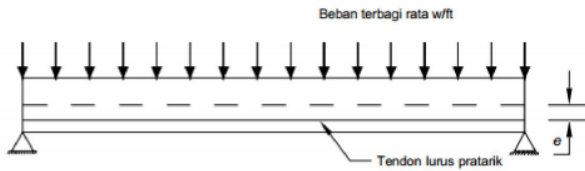
Tegangan tekan $\sigma_{cs} = 0,45f'_{ci}$

Tegangan tarik $\sigma_{ts} = 0,62\sqrt{f'_{ci}}$

Peletakan Kabel

- a) Tendon lurus

Tendon lurus banyak digunakan pada balok pracetak dengan bentang sedang.



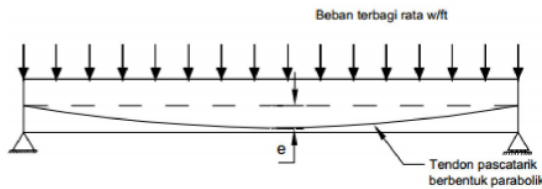
Gambar Tendon Lurus

- b) Tendon tidak lurus

Penggunaan beton tidak lurus atau lengkung lebih umum digunakan pada lemen pascatarik atau posttensioning yang dicor di tempat. Tendon tidak lurus dibagi 2 macam, yaitu:

- Tendon *Drapped*

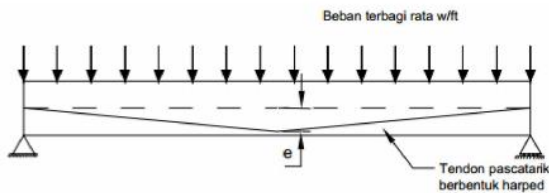
Mempunyai alinyemen lengkung secara gradual, seperti berbentuk parabolik yang digunakan pada balok yang mengalami beban eksternal terbagi merata.



Gambar Tendon Drapped

- Tendon *Harpped*

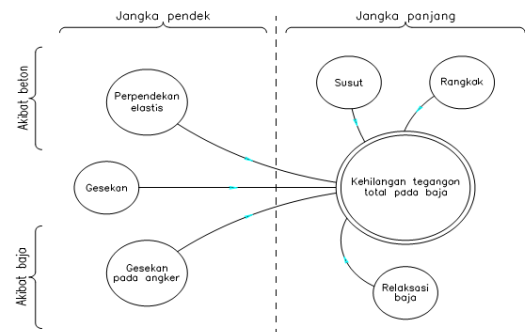
Tendon miring dengan diskontinuitas alinyemen di bidang-bidang dimana terdapat beban terpusat, digunakan pada balok yang terutama mengalami beban transversal terpusat.



Gambar Tendon Harpped

Kehilangan Pratekan

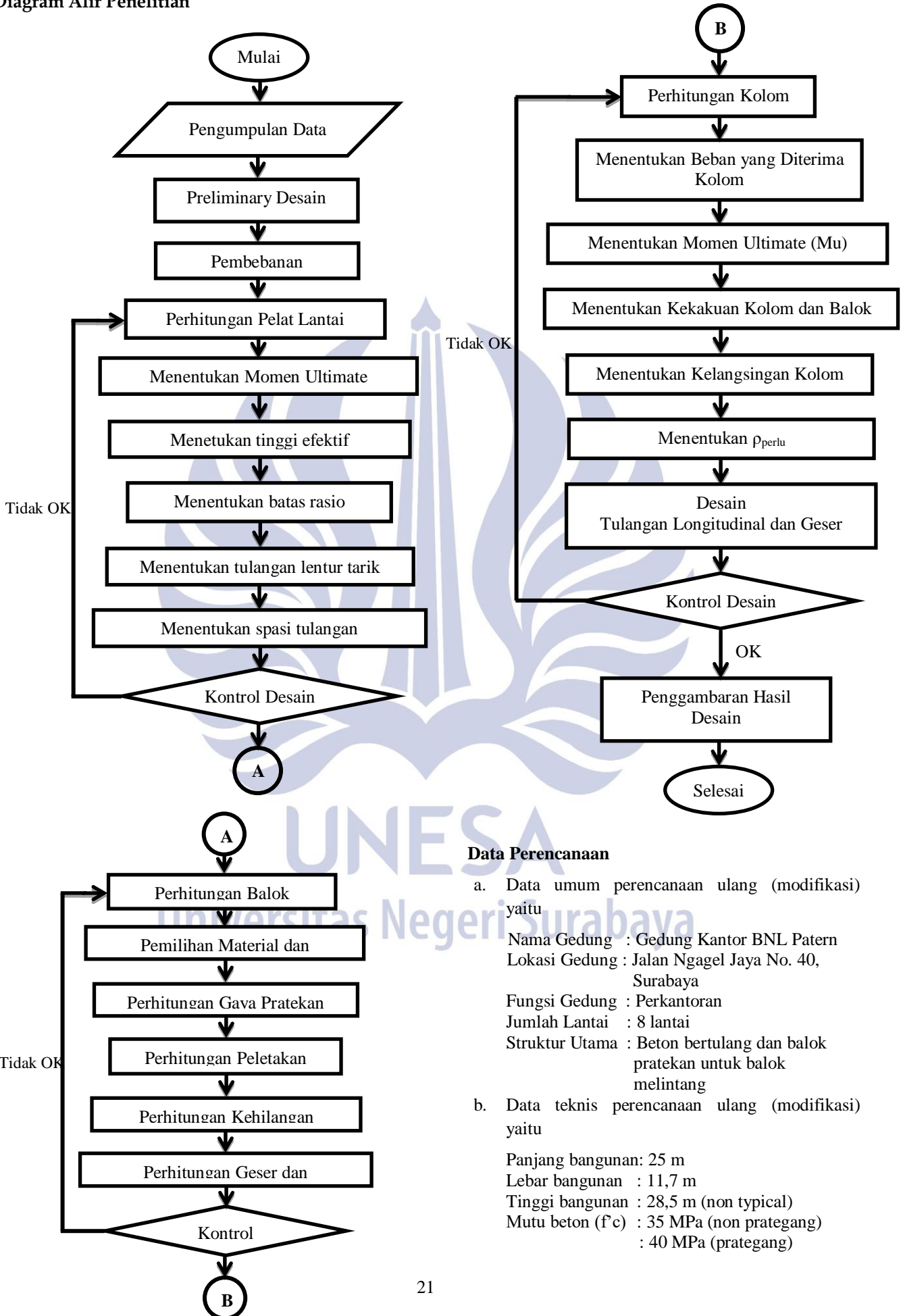
Kehilangan tegangan adalah berkurangnya gaya yang bekerja pada tendon dalam tahap-tahap pembebanan. Suatu sistem struktur beton pratekan selalu terdapat kehilangan gaya prategang, baik akibat sistem penegangan maupun akibat pengaruh waktu. Secara umum kehilangan tegangan pada struktur beton prategang di ilustrasikan pada gambar berikut.



Analisis Kolom

Kolom harus di rencanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai dan momen maksimum yang berasal dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai yang ditinjau. Momen yang bekerja disetiap level lantai harus pada kolom atas dan dibawah berdasarkan kekakuan relatif kolom. Perbandingan b/h dari kolom tidak kurang dari 0,4 dan dimensi minimumnya 300 mm. Diameter tulangan yang di gunakan pada kolom harus lebih besar dari 12 mm. Diameter minimum sengkang untuk kolom harus 8 mm. Luasan tulangan minimum untuk beban 1% dari luas penampang dan luas tulangan maksimumnya 6%.

Diagram Alir Penelitian



Data Perencanaan

- a. Data umum perencanaan ulang (modifikasi) yaitu
 - Nama Gedung : Gedung Kantor BNL Patern
 - Lokasi Gedung : Jalan Ngagel Jaya No. 40, Surabaya
 - Fungsi Gedung : Perkantoran
 - Jumlah Lantai : 8 lantai
 - Struktur Utama : Beton bertulang dan balok pratekan untuk balok melintang
- b. Data teknis perencanaan ulang (modifikasi) yaitu
 - Panjang bangunan: 25 m
 - Lebar bangunan : 11,7 m
 - Tinggi bangunan : 28,5 m (non typical)
 - Mutu beton ($f'c$) : 35 MPa (non prategang)
 - : 40 MPa (prategang)

- Mutu baja (f_y) : 400 MPa (non prategang)
- : 400 MPa (prategang)
- Type strand : ASTM A 416-06 Grade 270 (VSL)
- Diameter strand : 12,7 mm
- Luas penampang strand: 98,7 mm²
- Kuat tarik strand (f_{pu}): 1.860 MPa
- Kuat leleh strand (f_{py}): 1.675 MPa

- c. Literatur yang digunakan dalam perencanaan ini meliputi:
 - a. SNI 2847:2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)
 - b. SNI 1726:2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)
 - c. SNI 1727:2013 (Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain)

Preliminary Desain

a. Dimensi Balok

Dalam menentukan dimensi dari balok beton pratekan akan digunakan sebagai berikut:

- Untuk tinggi (h) balok pratekan diambil 60-80 % dari tinggi balok tumpuan sederhana (Ty Lin)

$$h = \frac{1170}{16} \times 60\% = 44 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

- Untuk lebar (b) balok pratekan

$$b = \frac{2}{3} \times 50 = 33,3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Sedangkan untuk menentukan dimensi dari balok anak akan digunakan sebagai berikut:

- Untuk tinggi (h) balok

$$h = \frac{600}{21} = 28,6 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

- Untuk lebar (b) balok

$$b = \frac{2}{3} \times 35 = 23,3 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

b. Tebal Pelat Lantai

Tebal pelat lantai yang digunakan adalah 12 cm untuk pelat lantai dan 10 cm untuk pelat atap.

c. Dimensi Kolom

Berat hidup LL = 0,8 X 135.563 = 108.450 kg

$$\begin{aligned} \text{Berat total (Wt)} &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= (1,2 \times 135.563) + (1,6 \times 108.450) \\ &= 336.195 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mutu beton $f'c$ sebesar 35 MPa = 350 kg/cm², sehingga nilai luas minimal (A_{min}) kolom :

$$A_{min} = \frac{Wt}{0,35f'c} = \frac{336.195}{0,35 \times 350} = 4744 \text{ cm}^2$$

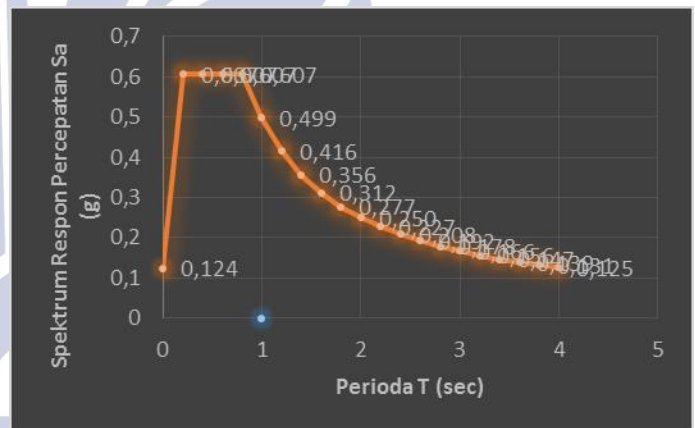
Dimensi kolom yang digunakan 70X70 cm ($A=4.900 \text{ cm}^2 \geq A_{min}=4.744$)

Pemodelan struktur

Tahapan pemodelan dan analisis struktur dapat dilakukan dengan metode pemodelan struktur 3D (*space frame*). Pemodelan struktur dilakukan dengan Program SAP2000 (*Extended Three-Dimensinal Analysis of Building System*).

Tabel. Nilai T dan S_a untuk grafik respon spektrum

T (sec)	S_a (g)	T (sec)	S_a (g)
0	0,124	2,2	0,227
0,2	0,607	2,4	0,208
0,4	0,607	2,6	0,192
0,6	0,607	2,8	0,178
0,8	0,607	3	0,166
1	0,499	3,2	0,156
1,2	0,416	3,4	0,147
1,4	0,356	3,6	0,139
1,6	0,312	3,8	0,131
1,8	0,277	4	0,125
2	0,250		



Gambar. Grafik respon spektrum

Perencanaan Pelat Lantai

Beban mati (D) = (2400 x 0,12) + 88 = 376 kg/m²

Beban hidup (L) = 240 kg/m²

$W_u = 1,2D + 1,6L = (1,2 \times 376) + (1,6 \times 240) = 835,2 \text{ kg/m}^2$

$$M_{tx} = \frac{W_u \times l^2}{14} = \frac{835,2 \times 5,5^2}{14} = 1.804,63 \text{ kgm} = 18.046.300 \text{ N.mm}$$

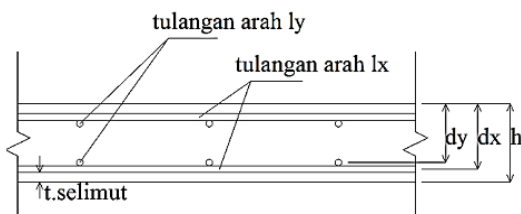
$$M_{lx} = \frac{W_u \times l^2}{16} = \frac{835,2 \times 5,5^2}{16} = 1.579,05 \text{ kgm} = 15.790.500 \text{ N.mm}$$

$$M_{ty} = \frac{W_u \times l^2}{14} = \frac{835,2 \times 3,2^2}{14} = 777,5 \text{ kgm} = 7.775.000 \text{ N.mm}$$

$$M_{ly} = \frac{W_u \times l^2}{16} = \frac{835,2 \times 3,2^2}{16} = 534,528 \text{ kgm} = 5.345.280 \text{ N.mm}$$

- a) Data perencanaan pelat lantai
- Mutu beton ($f'c$) : 35 MPa
 - Mutu baja (f_y) : 400 MPa
 - Tebal pelat lantai (h) : 12 cm
 - Tebal decking (cover) : 2 cm
 - Asumsi diameter tul (\emptyset): 10 mm
 - Momen tumpuan (M_{tx}) : 18.046.300 N.mm
 - Momen lapangan (M_{lx}) : 15.790.500 N.mm
 - Momen tumpuan (M_{ty}) : 7.775.000 N.mm
 - Momen lapangan (M_{ly}) : 5.345.280 N.mm

- b) Tinggi efektif pelat (d)
- $$d_y = h - d' - \emptyset - (0,5 \emptyset) = 120 - 20 - 10 - (0,5 \times 10) = 85 \text{ mm}$$
- $$d_x = h - d' - (0,5 \emptyset) = 120 - 20 - (0,5 \times 10) = 95$$



Gambar. Tinggi efektif pelat

- c) Batas rasio penulangan
- $$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$
- $$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 35}{400} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0284$$

- d) Penulangan lentur tarik arah X pada tumpuan
- $$M_n = \frac{18.046.300}{0,8} = 22.557.875 \text{ N.mm}$$
- $$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{22.557.875}{1000 \times 85^2} = 3,122$$
- $$m = \frac{R_n}{0,85 \times f'c} = \frac{3,122}{0,85 \times 35} = 13,445$$
- $$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,122}{400}} \right) = 0,008$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
 $A_s = \rho \times b \times d = 0,008 \times 1000 \times 85 = 680 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan lentur tumpuan adalah $\emptyset 10 - 100$ (785,4 mm²)

Syarat jarak maksimum
 $S_{max} = 2h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$
 Kontrol regangan $t \geq 0$
 $\epsilon_0 = 0,003$ (SNI 2847-2013 pasal 10.2.3)
 $a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times \beta_1 \times b} = \frac{680 \times 400}{0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000} = 12,424 \text{ mm}$
 $c = \frac{a}{\beta} = \frac{12,424}{0,85} = 14,616$
 $\epsilon_t = \frac{\epsilon_0 \times (d_x - c)}{c} = \frac{0,003 \times (85 - 14,424)}{14,424} = 0,015 > \epsilon_0$ (OK)

Perencanaan Balok Pratekan

- a) Data perencanaan balok pratekan
- Mutu beton ($f'c$) : 40 MPa
 - Mutu baja (f_y) : 400 MPa
 - Tinggi balok (h) : 50 cm
 - Lebar balok (b) : 35 cm
 - Tebal decking (cover) : 4 cm
 - Panjang Bentang : 11,70 m
 - Jarak serat terluar tarik dengan titik berat tendon (d') = 10 cm

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton saat belum keras, diambil waktu curing 14 hari, sehingga nilai f_{ci} dihitung dengan cara sebagai berikut

$f_{ci} = 0,88 \times f'c = 0,88 \times 40 = 35,2 \text{ MPa}$ (PBI 1971)
 Tegangan ijin pada beton tidak boleh melebihi nilai-nilai berikut:

➤ Segera setelah peralihan gaya prategang (sebelum kehilangan), tegangan serat-serat terluar memiliki nilai sebagai berikut :

Tegangan tekan
 $\sigma_{ci} = 0,6 f'_{ci} = 0,6 \times 35,2 = 21,12 \text{ MPa}$
 Tegangan tarik
 $\sigma_{ti} = 0,25 \sqrt{f'_{ci}} = 0,25 \times \sqrt{35,2} = 1,48$

➤ Pada beban kerja setelah terjadi kehilangan gaya prategang.

Tegangan tekan
 $\sigma_{cs} = 0,45 f'_{ci} = 0,45 \times 35,2 = 15,84 \text{ MPa}$
 Tegangan tarik
 $\sigma_{ts} = 0,62 \sqrt{f'_{ci}} = 0,62 \times \sqrt{35,2} = 3,68 \text{ MPa}$

Nilai e rencana adalah

$e = y_{bot} - d' = 38,09 - 10 = 28,09 \text{ cm}$

➤ Gaya prategang sesaat setelah penyaluran (sebelum komposit)

Serat atas

$$\sigma_{top} \leq \frac{F_0}{A} - \frac{F_0 \times e}{W_{top}} + \frac{M_{balok}}{W_{top}}$$

$$-1,48 \leq \frac{F_0}{175.000} - \frac{F_0 \times 280,9}{14.583.000} + \frac{294.632.941}{14.583.000}$$

$$F_0 = 1.599.997 \text{ N}$$

$\sigma_{top} : -1,48 \leq -1,48$ (OK)

$\sigma_{bot} : 21,12 \geq 19,76$ (OK)

Serat bawah

$$\sigma_{bot} \geq \frac{F_0}{A} + \frac{F_0 \times e}{W_{bot}} - \frac{M_{balok}}{W_{bot}}$$

$$21,12 \geq \frac{F_0}{175.000} + \frac{F_0 \times 280,9}{14.583.000} - \frac{294.632.941}{14.583.000}$$

$$F_0 = 1.654.501 \text{ N}$$

$$\sigma_{top} : -1,48 \leq -2,21 \quad (\text{Tidak OK})$$

$$\sigma_{bot} : 21,12 \geq 21,12 \quad (\text{OK})$$

- Gaya prategang saat beban layan (setelah komposit)

Serat atas

$$\sigma_{top} \geq \frac{F_0}{A} - \frac{F_0 \times e}{W_{top}} + \frac{M_{total}}{W_{top}}$$

$$15,84 \geq \frac{F_0}{562.700} - \frac{F_0 \times 280,9}{71.066.000} + \frac{545.996.205}{71.066.000}$$

$$F_0 = -3.745.129 \text{ N}$$

$$\sigma_{top} : 15,84 \geq 15,83 \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_{bot} : -3,68 \leq 4,53 \quad (\text{OK})$$

Serat bawah

$$\sigma_{bot} \leq \frac{F_0}{A} + \frac{F_0 \times e}{W_{bot}} - \frac{M_{balok}}{W_{bot}}$$

$$-3,68 \leq \frac{F_0}{562.700} + \frac{F_0 \times 280,9}{22.221.000} - \frac{545.996.205}{22.221.000}$$

$$F_0 = 1.448.849 \text{ N}$$

$$\sigma_{top} : 15,84 \geq -78,57 \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_{bot} : -3,68 \leq -3,68 \quad (\text{OK})$$

Sehingga dari dua kondisi di atas diperoleh gaya prategang sebesar 3.745.129 N.

Spesifikasi kabel strand VSL sebagai berikut:

Type strand : ASTM A 416-06 Grade 270

Diameter strand : 12,7 mm

Luas penampang strand: 98,7 mm²

Kuat tarik strand (f_{pu}) : 1.860 MPa

Kuat leleh strand (f_{py}) : 1.675 MPa

Tegangan ijin baja prategang

$$: 0,94 \times 1.675 = 1.575 \text{ MPa}$$

$$: 0,80 \times 1.860 = 1.488 \text{ MPa}$$

$$: 0,70 \times 1.860 = 1.302 \text{ MPa}$$

Nilai tegangan ijin yang digunakan adalah 1.302 MPa

Luasan strand yang dibutuhkan

$$A_{ps} = \frac{F_0}{\sigma_{ijin}} = \frac{3.745.129}{1.302} = 2.876 \text{ mm}^2$$

Jumlah strand yang dibutuhkan

$$n = \frac{A_{ps}}{A_{strand}} = \frac{2.876}{98,7} = 29,1 \approx 30$$

Spesifikasi tendon sesuai dengan tabel VSL adalah sebagai berikut :

Tipe tendon : Tendon unit 5-31

Luas area baja, A_p : 2.961 mm²

Minimum breaking load: 5.511 kN

Kontrol tegangan tendon terpasang:

$$\frac{F_0}{A_p} < \sigma_{ijin}$$

$$\frac{3.745.129}{2.961} < 1.302 \text{ MPa}$$

$$1.265 \text{ MPa} < 1.302 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

Tabel. Rekapitulasi kehilangan gaya prategang

Jenis Kehilangan	KD	Nilai Kehilangan	Fo
Kehilangan Langsung			
Perpendekan Elastis	FES	0	
Gesekan pada Tendon	FPS	171.949	
Slip pada Angkur	FAC	113.880	
Kehilangan Tak Langsung			
Rangkak pada Beton	FCR	334.782	
Susut pada beton	FSH	70.242	
Relaksasi Baja	FRE	347.894	37
Total Kehilangan		1038747	

$$F_{eff} = \frac{100 - F\%}{100} \times F_0 = \frac{100 - 27,7}{100} \times 3.745.129 = 2.707.728 \text{ N}$$

Nilai momen retak dapat dihitung sebagai berikut (dengan asumsi tanda (+) adalah serat yang mengalami tekan) :

$$M_{cr} = \left(\frac{F_{eff}}{A} \times \frac{I}{y_b} \right) + \left(\frac{F_{eff} \times e \times Y}{I} \times \frac{I}{y_b} \right) - \left(f_r \times \frac{I}{y_b} \right)$$

$$M_{cr} = \left(\frac{F_{eff}}{A} \times W_b \right) + (F_{eff} \times e) - (f_r \times W_b)$$

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{40} = 3,92 \text{ MPa}$$

Jadi

$$M_{cr} = \left(\frac{2.707.728}{562.700} \times 22.221.000 \right) +$$

$$(2.707.728 \times 280,9) - (3,92 \times 22.221.000) = 78.042.254 \text{ N.mm}$$

$$\text{Mu} = 545.996.205 \text{ N.mm (output SAP2000)}$$

Sehingga

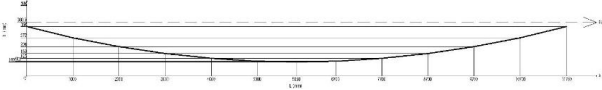
$$\phi \text{ Mu} \geq 1,2 M_{cr}$$

$$0,69 \times 545.996.205 \geq 1,2 \times 78.042.254$$

$$376.737.381 \geq 93.650.705 \quad (\text{OK})$$

Tabel Posisi tendon

Xi (cm)	Yi (cm)	Letak tendon dari tepi bawah (cm)
0	0,0	38,1
100,0	8,8	29,3
200,0	15,9	22,2
300,0	21,4	16,7
400,0	25,3	12,8
500,0	27,5	10,6
585,0	28,1	10,0



Perhitungan perencanaan daerah pengankuran global sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 20.13.5, gaya tendon dikalikan dengan faktor beban sebesar 1,2.

$$F_0 = 3.745.129 \text{ N}$$

$$P_u = 1,2 \times F_0 = 1,2 \times 3.745.129 = 4.494.155 \text{ N}$$

$$a = 12,6 \text{ In} = 320,04 \text{ mm (Angkur VSL Type ES 5-31)}$$

$$e = 0 \text{ mm (eksentrisitas pada tumpuan)}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$T_{pencar} = 0,25 \Sigma P_u \left(1 - \frac{a}{h}\right) = (0,25 \times 4.494.155) \left(1 - \frac{320,04}{500}\right) = 404.384 \text{ N}$$

$$d_{pencar} = 0,5(h - 2e) = 0,5(500 - (2 \times 0)) = 250 \text{ mm}$$

$$A_{vp} = \frac{T_{pencar}}{f_y} = \frac{404.384}{400} = 1.010,96 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan $\varnothing 12$ ($A_v = 113,1 \text{ cm}^2$)

Kebutuhan tulangan pengekang

$$n = \frac{A_{vp}}{A_v} = \frac{1.010,96}{113,1} = 8,9 \text{ buah} \approx 9 \text{ buah}$$

Jarak tulangan pengekang

$$S = \frac{d_{pencar}}{n} = \frac{250}{9} = 27,78 \approx 25 \text{ mm}$$

Sehingga tulangan pengekang yang dipasang pada zona pengankuran adalah $\varnothing 12 - 25$

Perencanaan Kolom

Hasil output SAP 2000 momen dan aksial kolom

- Momen ultimate (M_{1ns}) : 958.495.131 N.mm
- Momen ultimate (M_{2ns}) : 800.601.310 N.mm
- Gaya geser tumpuan (V_{tump}) : 462.920 N
- Gaya geser lapangan (V_{lap}) : 267.281 N
- Beban aksial (P_u) : 2.682.572 N

$$d = h - sb - \varnothing S - \frac{\varnothing TU}{2} = 700 - 40 - 10 - \frac{19}{2} = 640,5 \text{ mm}$$

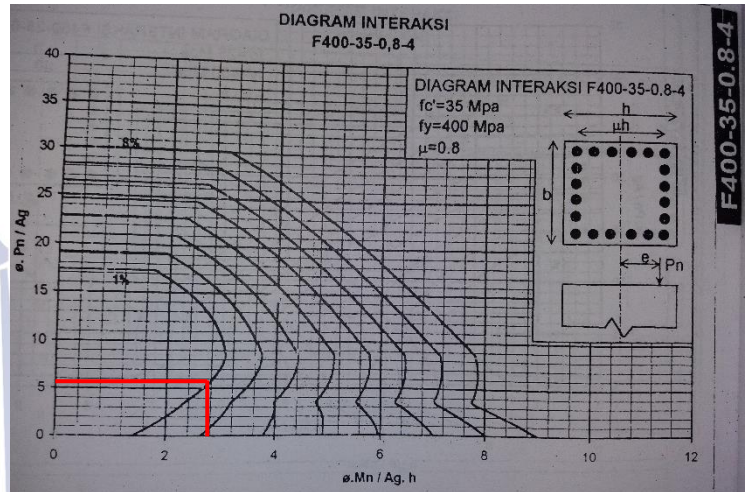
$$\mu = \frac{d}{h_{kolom}} = \frac{640,5}{700} = 0,91$$

Sumbu vertical

$$\frac{P_u}{b \times h} = \frac{2.682.572}{700 \times 700} = 5,47 \text{ N/mm}^2$$

Sumbu horizontal

$$\frac{M_u}{b \times h^2} = \frac{958.495.131}{700 \times 700^2} = 2,79 \text{ N/mm}^2$$



Dari diagram interaksi didapatkan nilai $\rho_{perlu} = 1\% = 0,01$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,010 \times 700 \times 640,5 = 4.483,5 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan utama kolom menggunakan 16D19 ($A_s = 4.534,2 \text{ mm}^2$)

Sehingga rasio tulangan kolom terpasang adalah

$$\rho' = \rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{4.534,2}{700 \times 640,5} = 0,0101 \quad \text{(OK)}$$

Kontrol spasi tulangan

$$\frac{b - (2 \times sb) - (2 \times \varnothing \text{senggang}) - (n \times \varnothing T.U)}{n - 1} \geq 40 \text{ mm}$$

$$\frac{700 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 19)}{5 - 1} \geq 40 \text{ mm}$$

$$101,5 \text{ mm} \geq 40 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Sehingga kolom 700 X 700 dengan tulangan utama 16D19 dapat digunakan

Nilai S tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Sehingga jarak sengkang yang digunakan adalah 100 mm

$$A_{v_{min}} = \frac{1}{3} \times \frac{b \times s}{f_y} = \frac{1}{3} \times \frac{700 \times 100}{400} = 58,33 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 kaki $\varnothing 10$ mm

$$A_v = 2 \times A_s = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 157,1 \text{ mm}^2$$

Syarat $A_v > A_{v_{min}}$ (memenuhi)

Sehingga tulangan sengkang yang dipasang adalah $\emptyset 10-100$

PENUTUP

Simpulan

Hasil perencanaan struktur kolom, balok pratekan dan pelat lantai untuk gedung kantor *BNL Patern*, Surabaya

a. Pelat lantai

- Tebal pelat lantai 12 cm dan tebal pelat atap 10 cm
- Tulangan lentur tumpuan arah X adalah $\emptyset 10 - 100$
- Tulangan lentur lapangan arah X adalah $\emptyset 10 - 100$
- Tulangan lentur tumpuan arah Y adalah $\emptyset 10 - 200$
- Tulangan lentur lapangan arah Y adalah $\emptyset 10 - 200$

b. Balok pratekan

- Dimensi balok pratekan yang digunakan 35/50 cm (tipikal semua lantai) dengan bentang 11,7 m
- Jumlah strand yang dibutuhkan 30 buah dengan diameter 12,7 mm, tipe ASTM A 416-06 Grade 270 produk dari VSL (detail produk terlampir)
- Tendon yang digunakan unit 5-31, tipe ASTM A 416-06 Grade 270 produk dari VSL (detail produk terlampir)
- Angkur yang digunakan tipe ES 5-31 produk dari VSL (detail produk terlampir)
- Nilai eksentrisitas (e) dari balok beton pratekan adalah 280,9 mm
- Gaya prategang yang dibutuhkan balok adalah 3.745.129 N dengan kehilangan gaya prategang sebesar 27,7%
- Tulangan lentur tarik (As) 4D19 dan tekan (As') 3D19 pada tumpuan
- Tulangan lentur tarik (As) 5D19 dan tekan (As') 3D19 pada lapangan
- Tulangan geser pada tumpuan $\emptyset 10 - 50$
- Tulangan geser pada lapangan $\emptyset 10 - 100$
- Tulangan pengekang pada zona pengangkur $\emptyset 12 - 25$

c. Kolom

- Dimensi kolom digunakan 70X70 cm
- Tulangan lentur tarik (As) 16D19
- Tulangan geser $\emptyset 10-100$

Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, penulis merekomendasikan beberapa saran yang bisa ditindak lanjuti untuk dijadikan judul skripsi maupun penelitian lain. Berikut ini saran yang dapat dipertimbangkan:

- a. Memodifikasi pelat lantai *existing* gedung kantor *BNL Patern*, Surabaya dengan pelat lantai prategang
- b. Penggunaan balok prategang untuk gedung dengan bentang yang lebih panjang

DAFTAR PUSTAKA

Anonim.2013.SNI 2847:2013 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.Jakarta:Badan Standardisasi Nasional.

Anonim.2012.SNI 1726:2012 Tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.Jakarta:Badan Standardisasi Nasional.

Anonim.2013.SNI 1723:2013 Tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.Jakarta:Badan Standardisasi Nasional.

Budiadi, Andri.2008.Desain Praktis Beton Prategang.Yogyakarta: Andi Offset.

Lin, T.Y dan Burns, Ned H.2000.Desain Struktur Beton Prategang (Edisi yang disempurnakan).Jakarta: Interaksara.

Tim Penyusun.2014.Pedoman Penulisan Skripsi Universitas Negeri Surabaya.Surabaya: Unesa Press.