

STUDI ANALISIS DAN DESAIN BALOK BETON PRATEGANG 2 LANTAI DENGAN PROGRAM KOMPUTER

Dicky Aditriya Hermana⁽¹⁾, Daud Rahmat Wiyono⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Email: aditriya@gmail.com

⁽²⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha
Email: hwiesiong@gmail.com

ABSTRAK

Gedung pertemuan dengan area yang luas membutuhkan jarak kolom yang jauh agar tidak menghalangi pemandangan dan memberikan keleluasaan gerak. Dengan demikian akan ditemukan bentang balok yang panjang sehingga perlu menggunakan beton prategang agar dimensi balok tidak terlalu tinggi.

Desain balok induk prategang dengan menggunakan perangkat lunak untuk balok induk menghasilkan nilai 10, pada tendon Tipe B dan C. Desain balok anak prategang dengan menggunakan perangkat lunak, menghasilkan nilai 9, pada Tipe B dan C.

Kata kunci: beton prategang, ADAPT-PT,

ABSTRACT

Conference building with a wide areas required a wide space between columns so they don't obstruct any views and provide flexibility of movement. Thus a long span beam will be found so it's necessary to use prestressed concrete that can reduce the beam dimension.

The primary beam designed by software required number is 10, on type B and C tendon. The required number that produced by secondary beam is 9, on type B and C tendon

Keywords: prestressed concrete, primary beam, secondary beam.

1. LATAR BELAKANG

Untuk menciptakan suasana yang luas dari suatu ruang pertemuan atau *ballroom* dapat dilakukan dengan cara menghilangkan pemandangan yang menghalangi yaitu kolom-kolom yang terletak pada bagian tengah ruangan. Berdasarkan hal tersebut seringkali ruang pertemuan diletakkan pada lantai paling atas dari suatu gedung, karena lantai paling atas hanya memikul beban atap yang relatif ringan sehingga kolomnya dapat diletakkan pada bagian tepi gedung.

Kendala yang ada bila ruang pertemuan terletak di lantai paling atas adalah perlunya menyediakan sarana transport berupa lift yang cukup banyak. Seringkali ruang pertemuan pada lantai bawah lebih praktis dibandingkan dengan ruang pertemuan yang diletakkan pada lantai paling atas karena pengunjung dapat segera memasuki ruang pertemuan tersebut. Namun ruang pertemuan di lantai paling bawah memiliki konsekwensi memikul beban pelat lantai yang berat dengan jarak kolom yang besar sehingga mengakibatkan biaya yang lebih mahal. Walau demikian ruang pertemuan yang terletak di lantai bawah seringkali dibutuhkan walaupun biaya yang relatif lebih mahal.

Beton adalah material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah dalam kondisi tarik. Kuat tarik beton bervariasi dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya [Nawy, 2000]. Dengan sifat tersebut, beton dimanfaatkan sebagai material pembentuk struktur yang baik seperti beton bertulang, dimana dalam struktur tersebut beton dan tulangan baja yang kuat terhadap tarik bekerja sama menahan gaya-gaya yang ada.

Jika pada struktur bangunan tersebut terdapat bentang yang cukup besar, maka bentang yang besar ini akan mengakibatkan momen lentur yang besar pada balok beton sepanjang bentang tersebut. Hal ini menyebabkan balok beton tersebut harus menahan tarik yang besar. Oleh karena itu, diperlukan pendesainan balok beton tersebut dengan menggunakan beton prategang yang dapat membuat gaya dalam yang bekerja sepanjang bentangnya menjadi tekan.

Pada tugas akhir ini akan dibahas suatu gedung yang memiliki 5 lantai, dengan area ruang pertemuan yang diletakkan di lantai bawah, dengan bentang balok 20m dan jarak antara kolom 8m. Struktur gedung pertemuan ini terdiri dari balok induk bentang panjang dan balok anak menggunakan struktur beton prategang. Pelat lantai, kolom dan balok induk bentang pendek menggunakan struktur beton bertulang.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penulisan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis struktur untuk balok dengan perangkat lunak.
2. Mendesain elemen struktur untuk balok induk beton prategang dan struktur balok anak beton prategang dengan cara manual dan dengan menggunakan perangkat lunak *ADAPT-PT*

3. RUANG LINGKUP PERMASALAHAN

Ruang lingkup yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah :

- a. Struktur balok beton prategang untuk balok induk dan balok anaknya;
- b. Beban gempa tidak diperhitungkani.
- c. Peraturan yang digunakan adalah : ACI-02; UBC-97; IBC-03
- d. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 45\text{MPa}$ untuk beton prategang dan 35MPa untuk beton bertulang;

4. TINJAUAN PUSTAKA

4.1 Beton Prategang

Beton prategang merupakan struktur komposit antara dua bahan, yaitu beton dan baja, tetapi dengan mutu tinggi. Baja yang dipakai disebut tendon yang dikelompokkan dan membentuk kabel. Tendon berfungsi untuk menahan tegangan tarik pada struktur dengan bentang besar. Beton prategang juga dapat diberi tambahan tulangan biasa sebagai tulangan memanjang dan tulangan melintang [Hadipratomo, 2008].

Material beton kuat dalam menahan tekan, namun lemah dalam menahan tarik. Oleh karena itu, retak lentur umum terjadi pada beton bahkan pada tahapan awal pembebanan. Untuk mengurangi atau mencegah terjadinya retak-retak tersebut, dapat dilakukan pretensioning terhadap tulangan baja yang ada sehingga beton menjadi tertekan sebelum gaya tarik bekerja. Dengan cara ini diperoleh struktur beton pratekan atau prategang.

Keuntungan penggunaan beton prategang adalah:

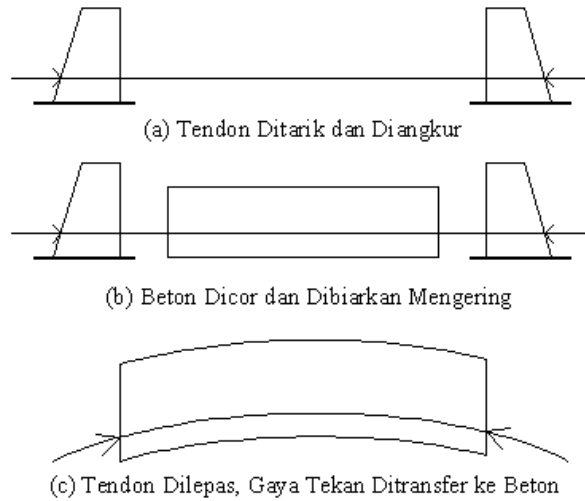
1. Dapat memikul beban lentur yang lebih besar dari beton bertulang.
2. Dapat dipakai pada bentang yang lebih panjang dengan mengatur defleksinya.
3. Ketahanan geser dan puntirnya bertambah dengan adanya penegangan.
4. Dapat dipakai pada rekayasa konstruksi tertentu, misalnya pada konstruksi jembatan segmen.
5. Berbagai kelebihan lain pada penggunaan struktur khusus, seperti struktur pelat dan cangkang, struktur tangki, struktur pracetak, dan lain-lain.
6. Pada penampang yang diberi penegangan, tegangan tarik dapat dieliminasi karena besarnya gaya tekan disesuaikan dengan beban yang akan diterima.

Kerugian penggunaan beton prategang adalah :

1. Memerlukan peralatan khusus tendon, angkur, mesin penarik kabel, dll.
2. Memerlukan keahlian khusus baik dalam perencanaan maupun pelaksanaannya.

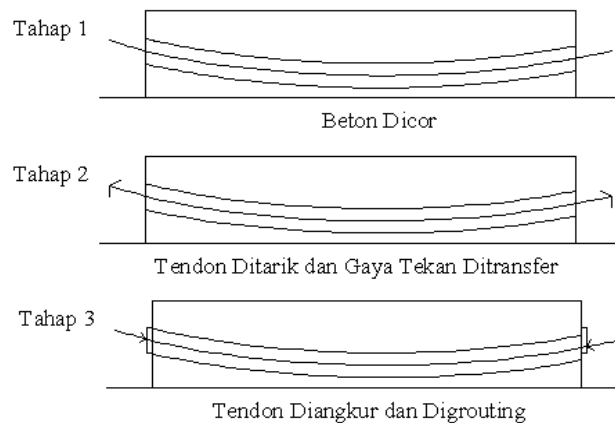
Untuk memberikan tekanan pada beton prategang dilakukan sebelum atau setelah beton dicetak/dicor. Kedua kondisi tersebut membedakan sistem pratekan, yaitu Pratarik (*Pre Tension*) dan Pascatarik (*Post-Tension*).

Pada sistem Pratarik, tendon pertama-tama ditarik dan diangkur pada abutmen tetap. Beton dicor pada cetakan yang sudah disediakan dengan melingkupi tendon yang sudah ditarik tersebut. Jika kekuatan beton sudah mencapai yang disyaratkan maka tendon dipotong atau angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontraksi, beton akan tertekan. Pada cara ini tidak digunakan selongsong tendon.



Gambar 1 Proses Pembuatan Beton Prategang Pratarik

Pada prategang pascatarik, beton dicetak dan dicor terlebih dahulu. Setelah itu beton dibiarkan mengeras sebelum diberi gaya prategang. Tendon dapat dibentuk sesuai dengan desain, yaitu dengan menempatkan saluran kabel dengan posisi yang direncanakan. Kemudian beton dicor, ditunggu sampai kekuatan rencana telah tercapai, lalu tendon ditegangkan setelah dimasukkan kedalam saluran kabel (*cable duct*) dan setelah tercapai tegangan yang diinginkan, maka tendon dijangkar. Proses pascatarik dapat dilihat pada Gambar 2. Gaya prategang ditransfer ke beton melalui jangkar yang mengakibatkan beton menjadi tertekan.



Gambar 2 Proses Pembuatan Beton Prategang Pascatarik

Tidak seperti beton bertulang, beton prategang mengalami beberapa tahap pembebanan. Pada setiap tahap pembebanan harus dilakukan pengecekan atas kondisi serat tertekan dan serat tertarik dari setiap penampang. Pada tahap tersebut berlaku tegangan ijin yang berbeda-beda sesuai kondisi beton dan tendon. Ada dua macam tahap pembebanan pada beton prategang, yaitu *transfer* dan *service*.

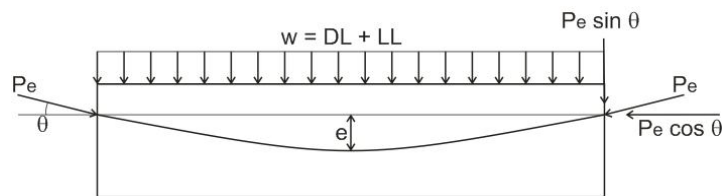
A. *Transfer*

Tahap transfer adalah tahap pada saat beton mulai mengering dan dilakukan penarikan kabel prategang. Pada saat ini biasanya yang bekerja hanya beban mati struktur, yaitu berat sendiri struktur ditambah beban pekerja dan alat. Pada saat ini beban hidup belum bekerja sehingga momen yang bekerja adalah minimum, sementara gaya yang bekerja adalah maksimum karena belum ada kehilangan gaya prategang.

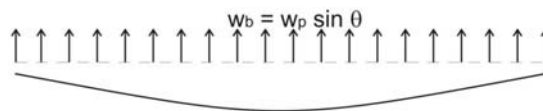
B. *Service*

Kondisi servis adalah kondisi pada saat beton prategang digunakan sebagai komponen struktur. Kondisi ini dicapai setelah semua kehilangan gaya prategang dipertimbangkan. Pada saat ini beban luar pada kondisi maksimum sedangkan gaya prategang mendekati harga minimum.

Pemberian gaya prategang pada beton prategang akan memberikan tegangan tekan pada penampang. Tegangan tekan memberikan perlawanan terhadap beban luar yang bekerja. Apabila gaya prategang bekerja tidak pada pusat penampang, tetapi dengan eksentrisitas, maka ada tambahan tegangan akibat eksentrisitas tersebut.



Gambar 3 Balok Prategang dengan Tendon Parabola



Gambar 4 Beban Imbang w_b

Pada tendon yang berbentuk parabola serta beban merata Gambar 3, komponen vertikal dari gaya prategang adalah $w_p \sin \theta$ akan mengimbangi beban merata w , sehingga $w_b = w_p \sin \theta$ seperti pada Gambar 4. Beban merata w_b merupakan beban terbagi merata yang sama sepanjang kabel ke arah atas.

Komponen horisontal dari gaya prategang kiri dan kanan saling meniadakan. Sisa beban yang tidak diimbangi oleh w_b disebut beban tak imbang w_{ub} , maka $w_{ub} = w - w_b$. Balok prategang merupakan balok yang menggunakan prinsip tegangan tekan untuk mengurangi tegangan tarik pada serat tertarik.

4.2 ADAPT-PT

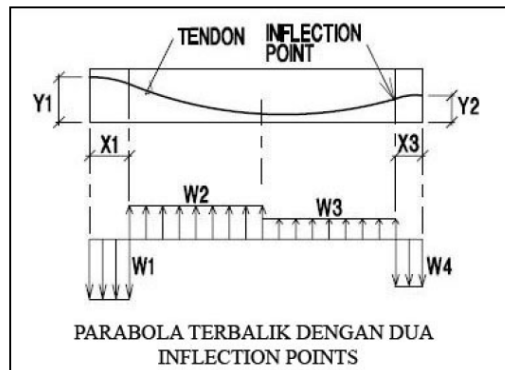
ADAPT-PT adalah program yang salah satu fungsinya adalah untuk analisis dan desain balok beton prategang. Program ini dapat menghitung dan menentukan profil dan jumlah tendon yang dibutuhkan. Oleh karena itu, dibutuhkan data tentang geometri struktur, pembebanan, material, dan penampang balok yang akan dianalisis.

Dalam mendesain dibutuhkan data-data seperti tegangan ijin awal dan akhir, tegangan tekan rata-rata, persentase beban imbang, sebagai berikut:

1. Geometri Struktur, berfungsi untuk menginput data-data dimensi untuk model struktur yang akan dianalisis dan desain.
2. Pembebanan, berfungsi untuk menginput data-data beban yang membebani struktur yang akan dianalisis dan desain.
3. Material, berfungsi untuk mendefinisikan material yang digunakan dalam struktur yang akan dianalisis dan desain.
4. Penampang, berfungsi untuk mendefinisikan jenis penampang pada suatu struktur.
5. Tegangan ijin awal dan akhir, terdiri dari batasan tegangan beton sesaat sesudah penyaluran gaya prategang dan pada kondisi layan. Batasan-batasan tegangan yang digunakan di ADAPT, baik tarik maupun tekan, akan disesuaikan dengan batasan tegangan ijin beton prategang dimana tegangan tekan akan bernilai negatif dan tegangan tarik bernilai positif.
6. Persentase beban imbang (W_{bal})

Besarnya persentase beban mati yang dihubungkan oleh pasca-tarik bergantung pada profil tendon yang dipilih. Dalam praktek, profil tendon yang umum digunakan adalah parabola terbalik. Dengan menggunakan profil tendon seperti ini, tendon dapat

memberikan tekanan baik kearah atas maupun kearah bawah. Gambar 5. menunjukkan beban imbang pada parabola terbalik.

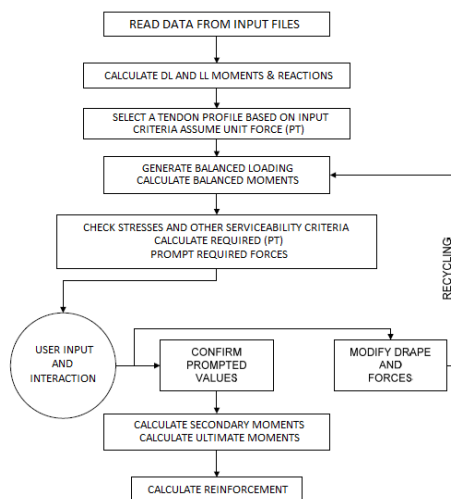


Gambar 5 Parabola Terbalik dan Beban Imbang [Aalami, 2005]

7. Tegangan tekan rata-rata (P/A)

Tegangan tekan rata-rata didefinisikan sebagai besarnya gaya prategang total dibagi dengan luas penampang beton. Peraturan memberikan batasan maksimum dan minimum untuk nilai P/A tersebut. Besaran ini digunakan untuk mengontrol retak, rangkak, dan perpendekan elastis pada beton.

Dalam desain balok beton prategang, ADAPT menggunakan system iterasi yang setiap iterasinya akan memberikan hasil lebih baik dari yang diinginkan. Setelah itu, dilakukan perhitungan tulangan. Bagan alir solusi iterasi dalam desain pada ADAPT seperti Gambar 6.



Gambar 6 Bagan Alir Solusi Iterasi dengan ADAPT-PT [Aalami, 2005]

5 STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

Studi Kasus

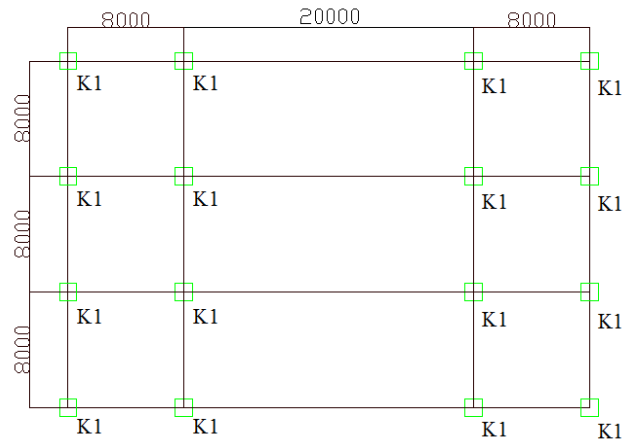
5.1.1 Data Struktur

Struktur gedung pertemuan dengan data struktur sebagai berikut:

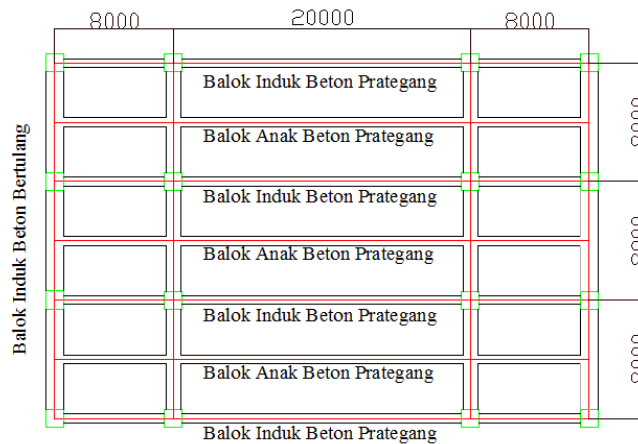
- Jumlah lantai : 2 lantai
- Tinggi lantai 1-2 : 8m
- Bentang

Arah X : 36m

Arah Y : 24m



Gambar 7 Gambar Denah Kolom Gedung Pertemuan



Gambar 8 Gambar Denah Struktur Gedung Pertemuan Lantai Atas

5.1.2 Data Material

Struktur gedung merupakan struktur beton, dengan mutu material sebagai berikut:

a. Pelat, dan Balok Beton Bertulang

1. Beton:

Kuat tekan beton (f_c')	= 35MPa
Berat jenis beton (γ_c)	= 24kN/m ³
Modulus Elastisitas beton (E_c)	= 27805,575MPa

2. Tulangan:

Kuat leleh tulangan utama (f_y)	= 400MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{ys})	= 400MPa
Modulus Elastisitas beton (E_s)	= 200000MPa

b. Kolom, dan Balok Beton Prategang

1. Beton:

Kuat tekan beton (f_c')	= 45MPa
Berat jenis beton (γ_c)	= 24kN/m ³
Modulus Elastisitas beton (E_c)	= 31528,55848MPa

2. Prategang

Material:

Tipe tendon	= <i>Low relaxation 7 wire stand</i>
Diameter strand	= 13mm
Luas strand (A_{ps})	= 98,7mm ²
Modulus Elastisitas strand (E_{ps})	= 189612,5MPa
Kuat ultimit tendon (f_{pu})	= 1860MPa
Kuat tekan efektif rata-rata (f_{se})	= 1200MPa

Sistem:

Sistem = pasca-tarik dengan tendon terekat (*bonded*)

Penegangan:

Rasio <i>jacking stress</i> terhadap kuat ultimit tendon	= 0,8
Slip pada jangkar	= 6mm
Koefisien friksi kelengkungan (μ)	= 0,25
Koefisien <i>Wobble</i> (K)	= 0,0066rad/m
Penegangan pada hari ke	= 5
Kuat tekan minimum pada saat penegangan	= 21MPa

Tulangan non-prategang:

$$\text{Kuat lentur } (f_y) = 400\text{MPa}$$

$$\text{Modulus Elastisitas beton } (E_c) = 200000\text{MPa}$$

5.1.3 Data Pembebanan

Pembebanan yang akan diperhitungkan pada model gedung ini terdiri dari:

a. Beban Mati

Beban mati terdiri dari:

1. Beban Berat Sendiri (*Self Weight*)

Beban berat sendiri seluruh komponen struktur telah dihitung secara internal di dalam program. Berat sendiri dihitung dengan ketentuan berat jenis beton bertulang sebesar 24 kN/m^3 untuk beton bertulang dan 40 kN/m^3 untuk beton prategang.

2. Beban Mati Tambahan (*Superimposed Dead Load*)

Beban mati tambahan adalah beban mati selain dari berat sendiri. Beban mati tambahan pada bangunan ini diakibatkan oleh plafond, ubin, spesi, dan penggunaan plafond.

Pada model gedung ini diambil ketentuan beban mati tambahan sesuai Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.1987 sebesar:

Untuk area lantai

$$\text{Beban ubin} = 0,24\text{kN/m}^2$$

$$\text{Beban spesi setebal 3 cm} = 0,63\text{kN/m}^2$$

$$\text{Beban plafond} = 0,11\text{kN/m}^2$$

$$\text{Beban penggantung plafond} = 0,07\text{kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban mekanikal elektrik} &= \underline{0,40\text{kN/m}^2} + \\ &= 1,45\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

Pada balok eksterior pada lantai 1 sampai lantai 2 dipasang dinding pasangan batako dengan tebal 10cm.

$$\text{Beban dinding pasangan batako dengan tebal 10 cm} = 2\text{kN/m}^2$$

$$\text{Tinggi bersih lantai 1-2 dan 2-3} = 8\text{m}$$

$$\text{Beban dinding as 1A-7A dan 1B-7B untuk lantai 1-5} = 8 \times 2 = 16\text{kN/m}$$

Beban dinding as A1-A7 dan B1-B7 untuk lantai 1-2 = $8 \times 2 = 16\text{kN/m}$

b. Beban hidup

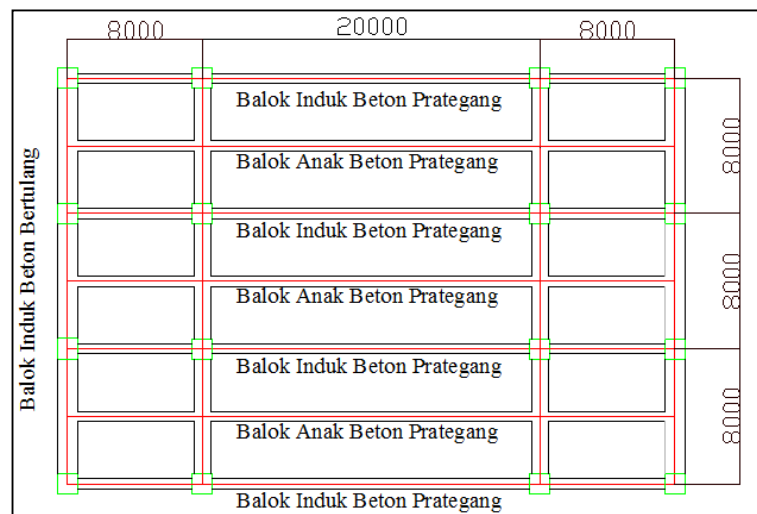
Beban hidup yang bekerja pada model gedung ini menurut SKBI-1.3.53.1987 adalah:

Beban area atap = $1,0\text{kN/m}^2$
Beban area kantor = $2,5\text{kN/m}^2$

5.1.4 Pemodelan Gedung

Analisis struktur gedung 5 lantai ini karena menggunakan software ADAPT PT maka disederhanakan gedungnya dengan sub frame analysis tanpa memperhitungkan beban gempa.

Pemodelan gedungnya seperti terlihat pada gambar dibawah ini. Bangunan mempunyai bentuk serta ukuran yang sama. Oleh karena itu, bangunan tersebut yang akan didesain dan dianalisis. Denah bangunan yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 9 Denah Tipikal Bangunan

Desain beton prategangnya juga menggunakan program *ADAPT-PT*. Ukuran balok beton prategang yang akan dianalisis adalah sebesar $120 \times 60\text{cm}$.

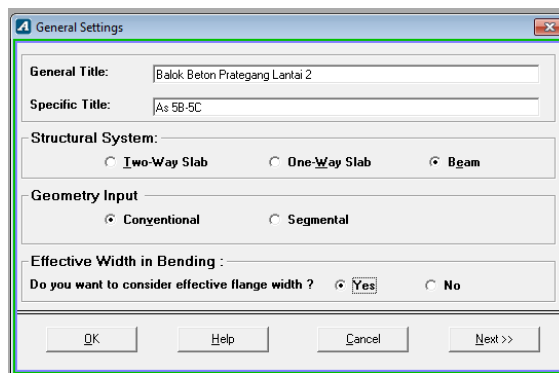
5.1.5 Analisis dan Desain Balok Beton Prategang Menggunakan Software ADAPT-PT

Analisis dan desain balok beton prategang dilakukan dengan menggunakan bantuan program ADAPT-PT. Pada layar ADAPT-PT pilih menu *options* lalu pada *default code* pilih ACI-02;UBC-97;IBC-03, sedangkan pada *default unit* pilih SI.

Salah satu contoh langkah-langkah dalam mendesain dan menganalisis balok beton prategang meliputi:

1. Membuat model baru
2. Menetapkan *General Settings*, seperti pada Gambar 10.

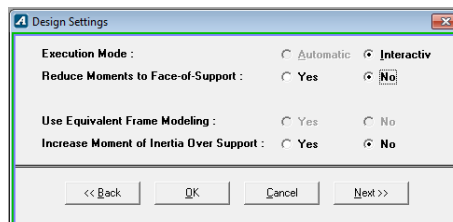
General Title : Balok Beton Prategang lantai 2
Specific Title : As 5B-5C
Structural System : *Beam*
Geometry Input : *Conventional*
Consider Effective flange width : *Yes*



Gambar 10 *General Settings*

3. Menentukan *Design Settings*, seperti terlihat pada Gambar 11.

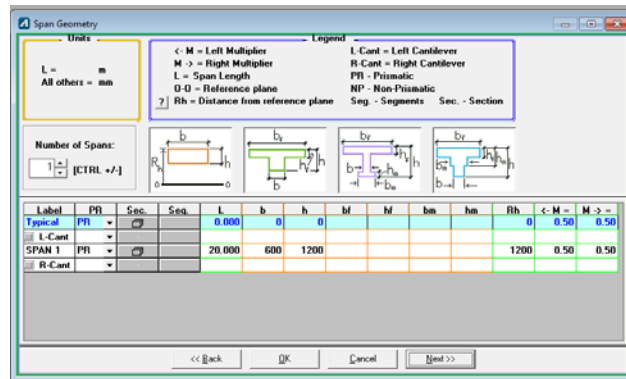
Execution Mode : *Interactive*
Reduce Moment to Face-of-Support : *No*
Increase Moment of Inertia Over Support : *No*



Gambar 11. *Design Settings*

4. Menentukan *Span Geometry*, seperti terlihat pada Gambar 12.

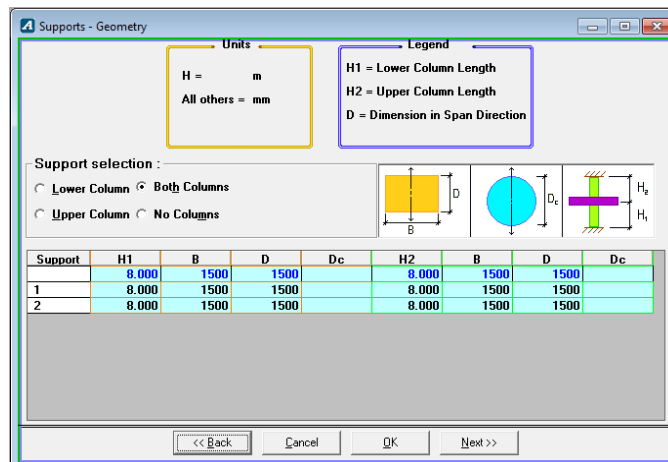
Number of Spans : 1
 Section : Rectangular
 L : 20m
 b : 600mm
 h : 1200mm
 Rh : 1200mm



Gambar 12. *Span Geometry*

5. Memasukkan *Supports-Geometry*, seperti terlihat pada Gambar 13.

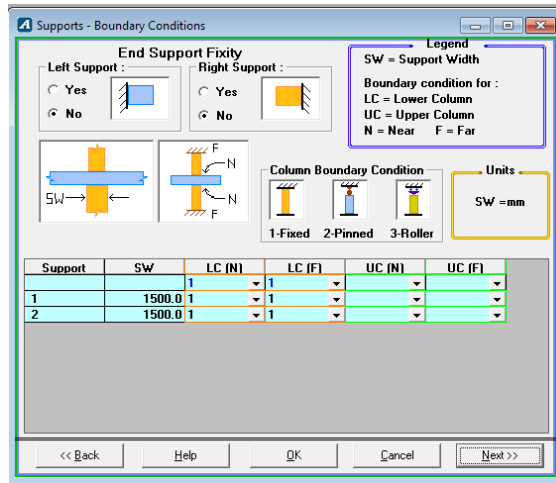
Support selection : Both Columns
 H1 : 8m
 B : 1500mm
 D : 1500mm



Gambar 13 *Supports-Geometry*

6. Memasukkan *Supports-Boundary Conditions*, seperti terlihat pada Gambar 14.

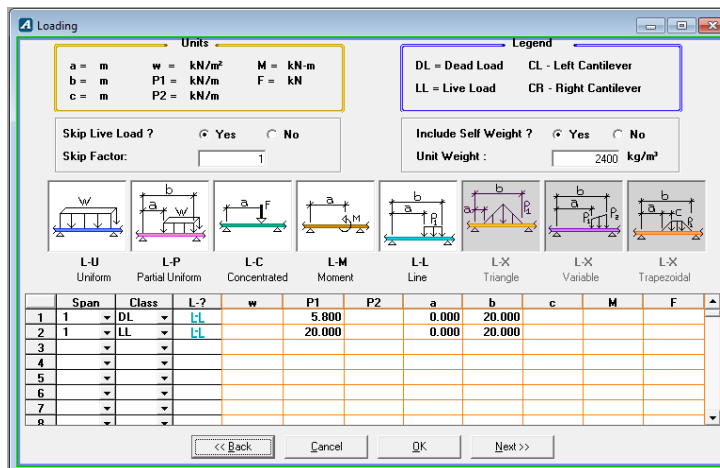
SW = *Column Dimension* : 1500 mm
 LC (N) : 1
 LC (F) : 1



Gambar 14 *Supports-Boundary Conditions*

7. Memasukkan beban, seperti terlihat pada Gambar 15.

Skip Live Load : Yes
Include Self Weight : 2400kg/m³
 Tipe beban : L-L (*Line*)
 WDL : 5,8kN/m
 WLL : 20kN/m



Gambar 15 *Loading*

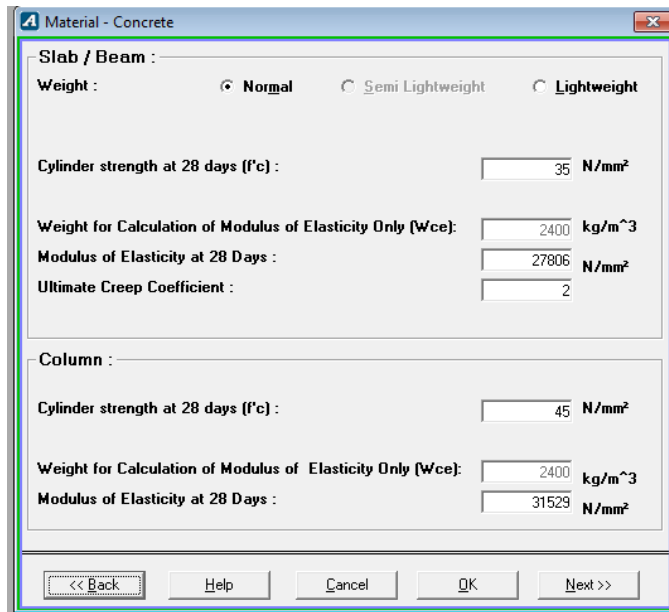
8. Memasukkan *Material-Concrete*, seperti terlihat pada Gambar 16.

Beam:

Weight : Normal
Cylinder strength at 28 days (f'c) : 35N/mm²
Modulus of Elasticity at 28 days : 27805,575N/mm²
Ultimate Creep Coefficient : 2

Column:

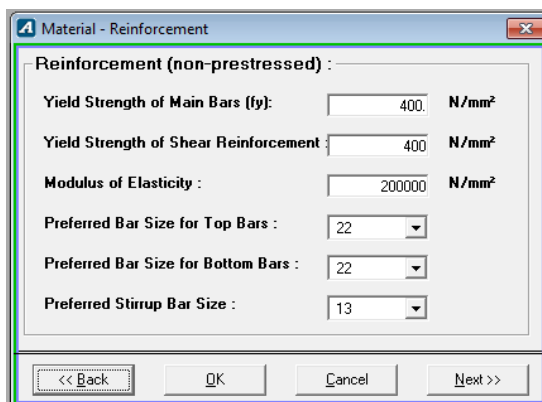
Cylinder strength at 28 days (f'c) : 45N/mm²
Modulus of Elasticity at 28 days : 31528,56N/mm²



Gambar 16 *Material-Concrete*

9. Memasukkan *Material-Reinforcement*, seperti terlihat pada Gambar 17.

f_y : 400N/mm²
Yield Strength of Shear Reinforcement : 400N/mm²
Modulus of Elasticity : 200000N/mm²
Preferred Bar Size for Top Bars : 22
Preferred Bar Size for Bottom Bars : 22
Preferred Stirrup Bar Size : 13



Gambar 17 *Material-Reinforcement*

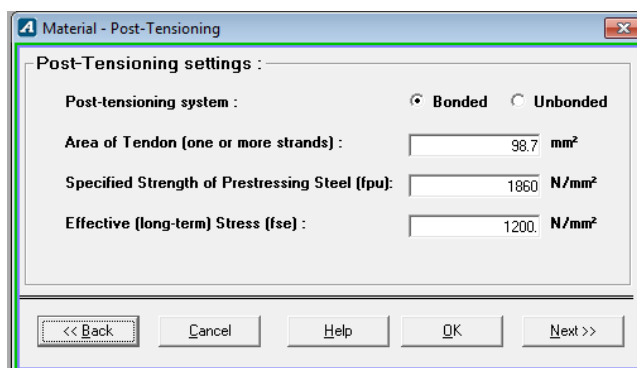
10. Memasukkan *Material-Post-Tensioning*, seperti terlihat pada Gambar 18.

Post-tensioning system: Bonded

Area of Tendon : 98,7mm²

f_{pu} : 1860N/mm²

f_{se} : 1200N/mm²



Gambar 18 *Material-Post-Tensioning*

11. Memasukkan *Criteria-Allowable Stresses*, seperti terlihat pada Gambar 19.

Tensile Stresses:

Initial Stress/ $(f'_{ct})^{1/2}$

Top Fiber : 0,25

Bottom Fiber : 0,25

Final Stress/ $(f'_{ct})^{1/2}$

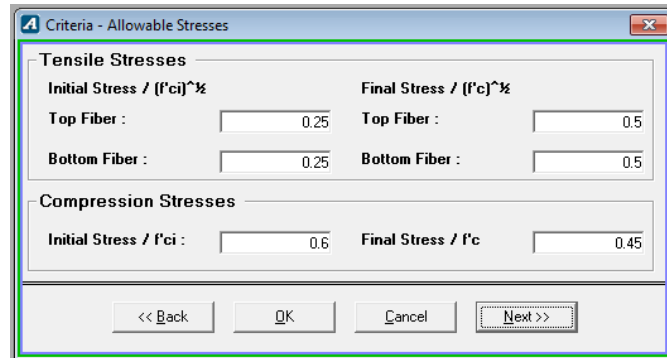
Top Fiber : 0,5

Bottom Fiber : 0,5

Compression Stresses:

Initial Stress/ f_{ct}^i : 0,6

Final Stress/ f_{ct}^f : 0,45



Gambar 19 Criteria-Allowable Stresses

12. Memasukkan *Criteria-Recommended Post-tensioning Values*, seperti terlihat pada Gambar 5.14.

Average Pre-compression:

Minimum : 0,85N/mm³

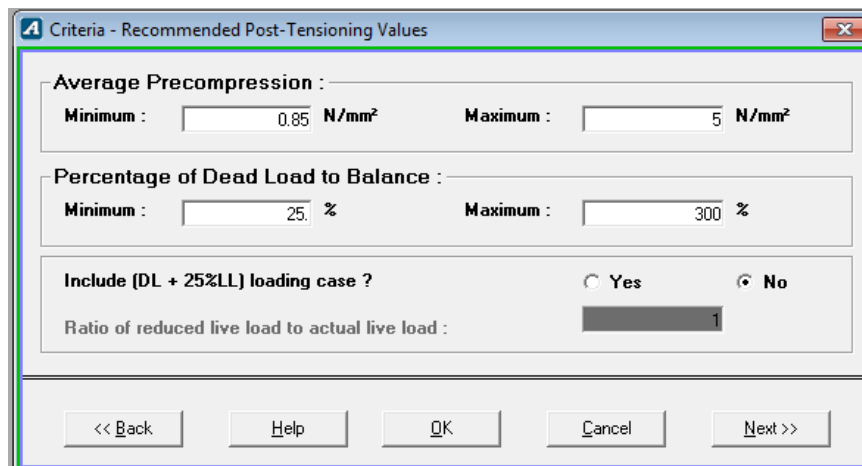
Maximum : 5N/mm³

Percentage of Dead Load to Balance:

Minimum : 25%

Maximum : 300%

Include (DL + 25%LL) loading case? : No



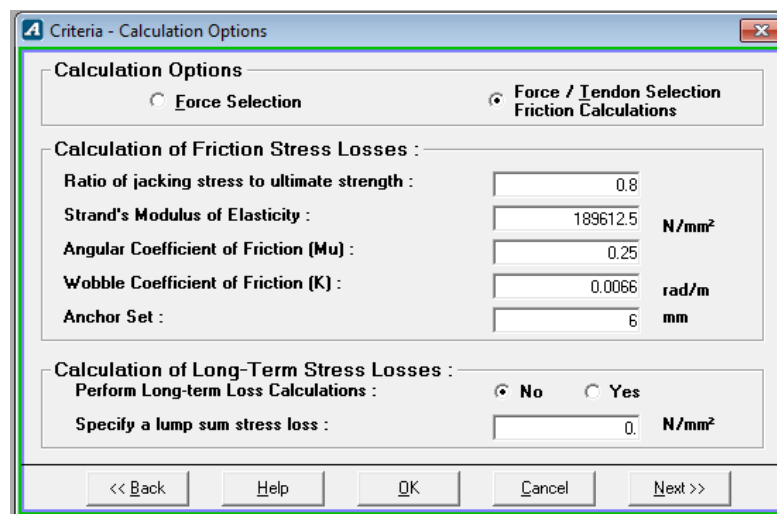
Gambar 20 Criteria-Recommended Post-Tensioning Values

13. Memasukkan *Criteria-Calculation Options*, seperti terlihat pada Gambar 21.

Force/Tendon Selection Friction Calculations:

Calculation of Friction Stress Losses:

Ratio of jacking : 0,8
 Strand's Modulus of Elasticity : 189612,5 N/mm²
 Angular Coefficient of Friction (Mu) : 0,25
 Wobble Coefficients of Friction (K) : 0,0066
 Anchor Set : 6 mm

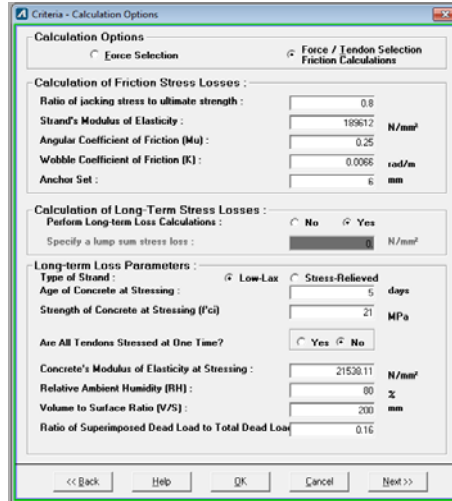


Gambar 21 *Criteria-Calculation Options*

Dengan mengaktifkan *Perform Long-term Loss Calculations*, akan tampil *Long-term Loss Parameters* seperti terlihat pada Gambar 22.

Long-term Loss Parameters:

Type of Strand : Low-Lax
 Age of Concrete at Stressing : 5 hari
 Strength of Concrete at Stressing f'_{ci} : 21 Mpa
 All Tendons Stressed at One Time : No
 Concrete E at Stressing : 21538,11 N/mm²
 Relative Ambient Humidity (RH) : 80%
 Volume to Surface Ratio (V/S) : $\frac{1200 \times 600}{2 \times (1200 + 600)} = 200$ mm
 Ratio of SDL to Total Dead Load : 0,16



Gambar 22 *Criteria-Calculations Options (Long-term Loss Parameters)*

14. Memasukkan *Criteria-Tendon Profile*, seperti terlihat pada Gambar 23.

Type 1 = Parabola Terbalik (*Reversed Parabola*)

Type 2 = Parabola Sebagian (*Partial Parabola*)

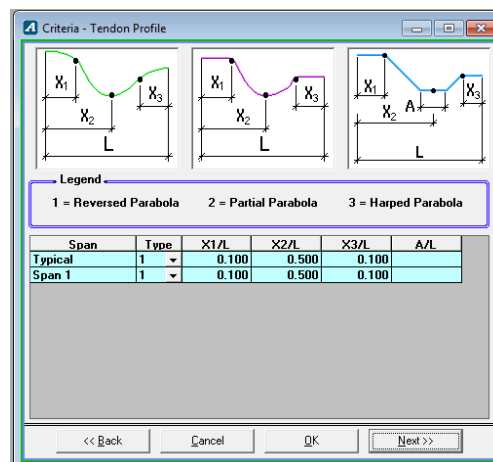
Type 3 = Harpa Parabola (*Harped Parabola*)

Typical:

Type : 1
 X1/L : 0,1
 X2/L : 0,5
 X3/L : 0,1

Span1:

Type : 1
 X1/L : 0,1
 X2/L : 0,5
 X3/L : 0,1



Gambar 23 *Criteria-Tendon Profile*

15. Memasukkan *Criteria-Minimum Covers*, seperti terlihat pada Gambar 24.

Post-tensioning:

Min CGS of tendon from top fiber : 160 mm

Minimum CGS of tendon from bottom fiber:

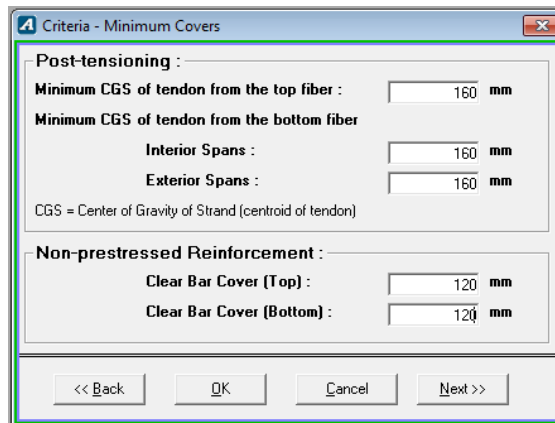
Interior Spans : 160 mm

Exterior Spans : 160 mm

Non-pre-stressed Reinforcement:

Clean Bar Cover (Top) : 120 mm

Clean Bar Cover (Bottom) : 120 mm



Gambar 24 *Criteria-Minimum Covers*

16. Memasukkan *Criteria-Minimum Bar Extension*, seperti terlihat pada Gambar 25

Minimum bar lengths:

Cut off length of minimum steel over

Support (length/span) : 0,16

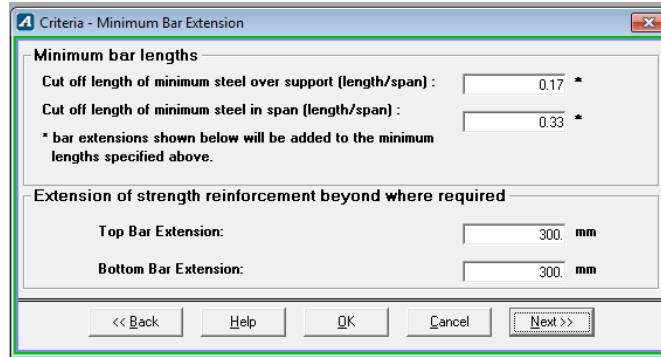
Cut off length of minimum steel in

Span (length/span) : 0,33

Extension of strength reinforcement beyond where required:

Top Bar Extension : 300mm

Bottom Bar Extension : 300mm



Gambar 25 *Criteria-Minimum Bar Extension*

17. Memasukkan kombinasi pembebanan seperti terlihat pada Gambar 26.

Service Combination Factors:

Dead Load : 1

Live Load : 1

Prestressing (Balanced Loading) : 1

Strength Combination Factors:

Dead Load : 1,2

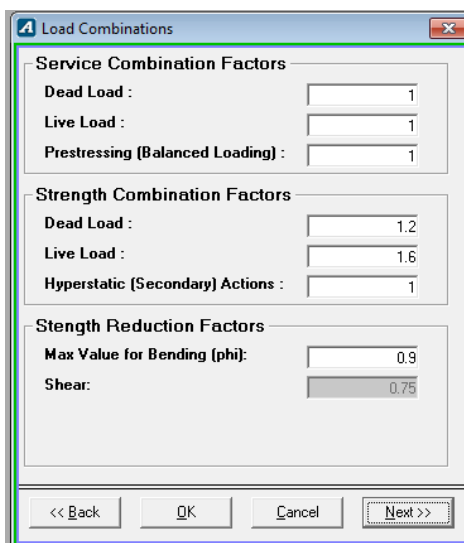
Live Load : 1,6

Hyperstatic (Secondary) Action : 1

Strength Reduction Factors:

Max Value for Bending (ϕ) : 0,9

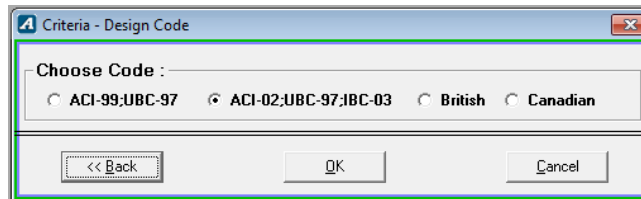
Shear : 0,75



Gambar 26 *Load Combination*

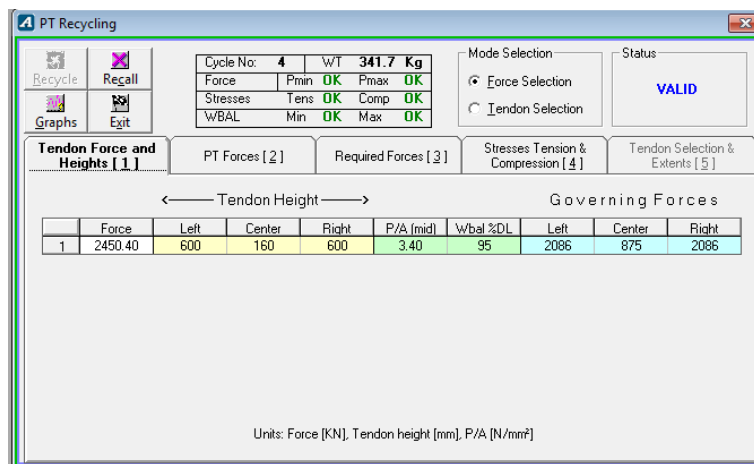
18. Memasukkan *Criteria-Design Code*, seperti terlihat pada Gambar 27.

Choose Code : ACI-02; UBC-97; IBC-03

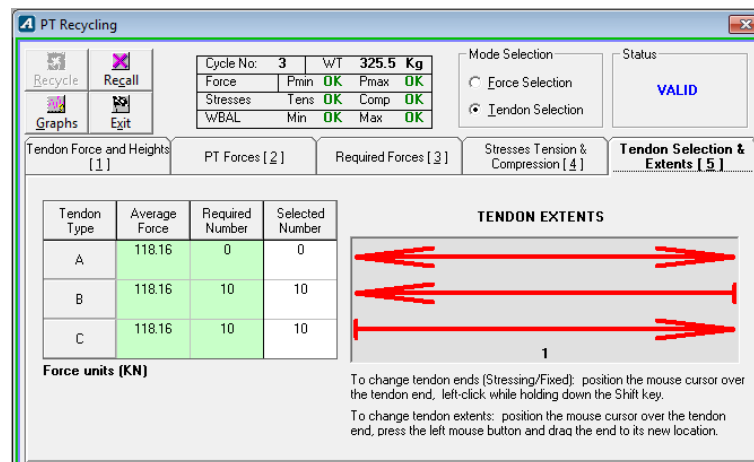


Gambar 27 *Criteria-Design Code*

19. Melakukan *Execute Analysis*. Pada tampilan *PT Recycling*, klik *tendon selection* yang terdapat pada *mode selection*. Pilih *Tendon Force and Heights* untuk mengatur *tendon height* sesuai kebutuhan seperti terlihat pada Gambar 28 dan Gambar 29.

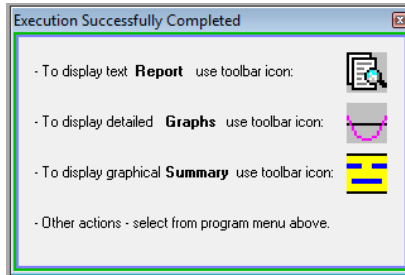


Gambar 28 *PT Recycling*



Gambar 29 *PT Recycling Tendon Selection & Events*

20. Melakukan *Recycle* hingga mendapatkan hasil yang *valid* dengan memenuhi syarat gaya, tegangan, dan W_{bal} . Hasil analisis dapat dilihat dengan memilih *icon View Result* yang tersedia, seperti terlihat pada Gambar 30.



Gambar 30 *Execution Successfully Completed*

Fungsi dari masing-masing *icon* yang terdapat pada *toolbar* yang tersedia dalam ADAPT-PT:



: *Edit data* yang berfungsi untuk melihat kembali atau merubah data-data yang telah diinput sebelumnya.



: *Execute Analysis* berfungsi untuk mengkalkulasikan ulang data-data yang telah diinput sebelumnya.



: *Recycle Window* berfungsi untuk menampilkan kembali *PT Recycle* yang telah dianalisis.



: *Post Processors* berfungsi untuk analisis gesekan, kehilangan jangka panjang, tegangan awal, momen lateral dan kombinasi pembebanan. Hasil dari analisis tersebut dapat ditampilkan pada *View Results*.



: *Report Setup* berfungsi untuk menyaring data-data yang akan ditampilkan pada *View Results*.



: *View Results* berfungsi untuk menampilkan hasil analisis secara lengkap.



: *Show Graphs* berfungsi untuk menampilkan grafik-grafik dari hasil analisis.



: *PT Sum* berfungsi untuk menampilkan hasil analisis.



: *Open Viewer* berfungsi untuk menampilkan bentuk portal yang dianalisis.

5.1.5 Pembahasan

5.1.5.1 Gaya-Gaya Dalam Balok Prategang

Dari hasil perhitungan balok induk beton prategang lantai 2 AS 5B-5C dan balok anak beton prategang lantai 2 AS 6B-6C, dengan menggunakan perangkat lunak *ETABS* dan *ADAPT-PT*, maka diperoleh nilai Momen Dead Load dan Momen Live Load seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Gaya Dalam Balok Induk Beton Prategang

Software yang Digunakan	Momen Live Load		Momen Dead Load	
	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)
<i>ADAPT-PT</i>	74447	39311	73150	40690

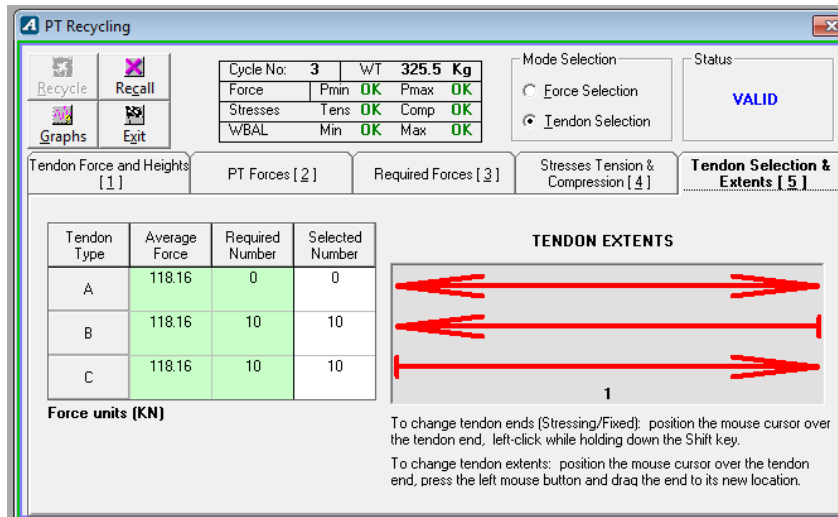
Tabel 2 Gaya Dalam Balok Anak Beton Prategang

Software yang Digunakan	Momen Live Load		Momen Dead Load	
	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)	Momen Tumpuan (kgm)	Momen Lapangan (kgm)
<i>ADAPT-PT</i>	64303	35697	73150	40690

Pada Output *ADAPT-PT* didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Balok induk beton prategang

PT Recycling terlihat pada gambar 31.

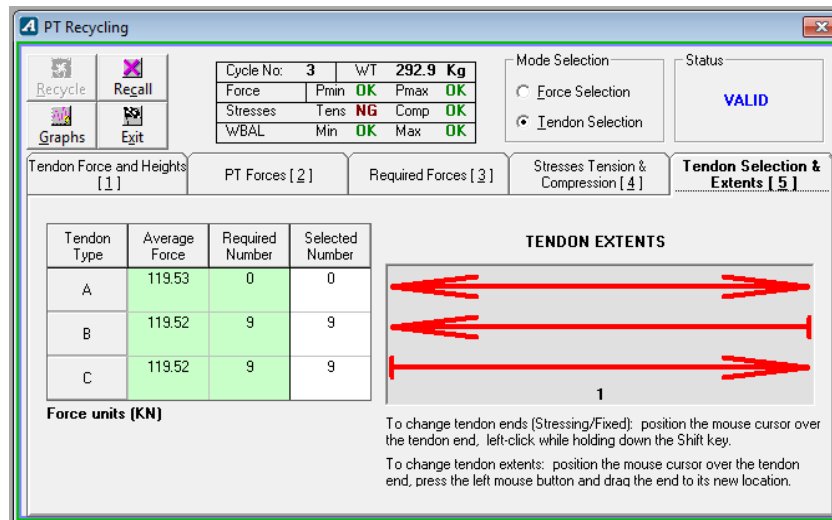


Gambar 31 *PT Recycling* untuk Balok Induk Beton Prategang

Pada Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 118,16, Tendon Type B didapatkan nilai *Average Forces* = 118,16, *Required Number* = 10 dan *Selected Number* = 10, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B.

2. Balok Anak Prategang

PT Recycling balok anak terlihat pada gambar 32..



Gambar 32 PT Recycling untuk Balok Anak Beton Prategang

Pada Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, Tendon Type B didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, *Required Number* = 9 dan *Selected Number* = 9, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B.

5.1.5.2 Analisis Beton Prategang

Berdasarkan hasil analisis balok beton prategang dengan menggunakan program *ADAPT-PT*, balok tidak memerlukan tulangan geser jadi memakai tulangan geser praktis

6 SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Dari hasil analisis dan desain Gedung 5 lantai dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis desain balok induk beton prategang lantai 2 AS 5B-5C menggunakan program *ADAPT-PT* memiliki nilai Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 118,16, Tendon Type B didapatkan

nilai *Average Forces* = 118,16, *Required Number* = 10 dan *Selected Number* = 10, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B

2. Sedangkan balok anak beton prategang memiliki nilai Tendon Type A didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, Tendon Type B didapatkan nilai *Average Forces* = 119,52, *Required Number* = 9 dan *Selected Number* = 9, Tendon Type C memiliki nilai yang sama dengan Tendon Type B.

6.2 Saran

Saran yang diberikan setelah melakukan analisis dan desain terhadap bagian kiri dan tengah bangunan, diantaranya:

1. Memasukkan pengaruh gempa vertikal berhubung ada balok dengan bentang yang panjang.
2. Untuk menghitung struktur secara 3 dimensi disarankan memakai ADAPT FLOOR karena ADAPT-PT hanya dapat memodelkan struktur 2 dimensi dengan hanya 2 perletakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aalami, Bijan O. 2005. *Analysis and Design of Post-Tensioned Buildings Beams, Slab, and Single Story Frames*, Volume I-II. ADAPT Corporation, California.
2. Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI 03-2847-2002*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pemukiman, Bandung.
 3. Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SK SNI-1726-2002*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pemukiman, Bandung.
 4. Budiono, Bambang, Supriatna, Lucky. 2011. *Study Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Penerbit ITB, Bandung.
 5. Hadipratomo, Winarni. 2008. *Analisis dan Desain Struktur Beton Prategang*. PT.DSU, Bandung.

6. Pamungkas, Anugrah, Harianti, Erny. 2009. *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 DENGAN BANTUAN PROGRAM ETABS Versi 9.0.7*. ITSPress, Surabaya.
7. Nawy, Edward G. 2000. *Prestressed Concrete : A Fundamental Approach*. 3th ed. Pearson Education, New Jersey.
8. Wright, J.K., MacGregor, J.G. 2009. *Reinforced Concrete* 5th ed. Pearson Education, Inc., Pearson Prentice Hall, New Jersey, USA.