

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Beton Prategang

Struktur modern cenderung untuk berkembang menuju struktur yang lebih ekonomis melalui metode perencanaan dan penggunaan material berkekuatan tinggi, yang mampu menghasilkan suatu pengurangan pada dimensi penampang namun mempunyai kekuatan sesuai dengan yang diharapkan sehingga memberikan pengurangan pula pada berat total suatu konstruksi.

Salah satu aplikasi yang sekarang berkembang adalah pemakaian beton prategang untuk konstruksi bangunan tingkat tinggi, jembatan dan jalan layang (*fly over*) karena beton prategang mempunyai kekuatan tinggi sehingga dapat digunakan untuk membuat balok dengan bentang besar tetapi dengan dimensi struktur yang langsing.

Perbedaan utama antara beton bertulang konvensional dengan beton prategang adalah beton bertulang konvensional mengkombinasikan beton dan tulangan baja dengan cara menyatukan dan membiarkan keduanya bekerja bersama-sama, sedangkan beton prategang mengkombinasikan beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi dengan cara menarik baja tersebut dengan kekuatan tertentu dan menahannya ke beton, jadi membuat beton dalam keadaan tertekan. Kombinasi ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut. Baja adalah bahan yang liat dan dibuat untuk bekerja dengan kekuatan tarik yang

tinggi oleh prategang. Beton adalah bahan yang getas apabila ditarik dan kemampuannya menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi. Jadi beton prategang merupakan kombinasi yang ideal dari dua buah bahan yang berkekuatan tinggi modern.

Prinsip dasar 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 (T.Y.Lin dan H.Burns, 1982). Tegangan awal yang diberikan pada beton yaitu dengan menarik baja tendon (*strand*) mengakibatkan lendutan ke atas (*camber*) yang dapat mengurangi lendutan ke bawah akibat beban eksternal.

Ada dua sistem prategang yang merupakan dasar dari teknik beton prategang yaitu prategang penuh (*full prestressed*) dan prategang sebagian (*partially prestressed*). Pada sistem prategang penuh tidak diperbolehkan terjadinya tegangan tarik akibat beban kerja pada komponen struktur tersebut, sedangkan sistem prategang sebagian mengijinkan adanya sejumlah tegangan tarik terbatas akibat beban kerja pada komponen struktur tersebut dan tegangan tarik yang dapat menimbulkan retak-retak bagian tarik beton ditahan oleh tulangan non prategang yang dipasang pada bagian tarik ini (Antoine E. Naaman, 1982).

Sedangkan untuk metode penegangan baja tendon ada dua kelompok besar yang sering digunakan yaitu metode pratarikan (*pretensioning*) dan metode pasca tarikan (*posttensioning*). Metode pratarikan yaitu metode dimana baja tendon

ditarik sebelum beton dicor dan metode pasca tarikan adalah metode dimana baja tendon ditarik setelah beton mengeras (Antoine E. Naaman, 1982).

2.1.2. Pemrograman Berorientasi Obyek

Ada berbagai macam bahasa pemrograman yang merupakan bahasa pemrograman berorientasi obyek (*object oriented programming*) antara lain *Visual Basic, Borland Delphi, Visual Fox Pro, Borland C++, Turbo C++*, yang mempunyai ide dasar sama yaitu mengkombinasikan data dan fungsi untuk mengakses data menjadi sebuah kesatuan unit yang disebut obyek (Abdul Kadir, 1995).

Pemrograman berorientasi obyek mempunyai tiga karakteristik utama yaitu :

1. Pengkapsulan (*encapsulation*)

Pengkapsulan adalah pengemasan data dan fungsi dalam wadah bernama obyek, data tidak lagi diperlakukan sebagai komponen kedua setelah fungsi melainkan mempunyai kedudukan yang sama dengan fungsi.

2. Pewarisan (*inheritance*)

Pewarisan adalah sifat dalam bahasa berorientasi obyek yang memungkinkan penurunan sifat-sifat dari suatu kelas kepada kelas yang lain.

3. Polimorfisme (*polymorphisme*)

Polimorfisme merupakan suatu konsep yang menyatakan sesuatu yang sama dapat memiliki berbagai bentuk dan perilaku yang berbeda.

Dalam pembuatan perangkat lunak analisis balok beton prategang dukungan sederhana ini penulis menggunakan bahasa pemrograman *Borland Delphi*, yaitu bahasa pemrograman yang beroperasi dalam lingkungan *Windows* untuk membangun suatu program aplikasi. *Borland Delphi* yang merupakan bahasa pemrograman yang tangguh dan canggih dalam hampir semua aspek.

Borland Delphi digolongkan dalam kelompok *RAD (Rapid Application Development)*, yaitu perangkat pengembang yang mampu dengan mudah dan cepat menghasilkan program aplikasi, serta bisa membangun aplikasi dalam tatanan *GUI (Graphical User Interface)*, yaitu karakter aplikasi yang menggunakan sarana grafis, seperti kotak-kotak dialog, tombol-tombol, menu dan sebagainya (Djoko Pramono, 1998).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Beton Prategang

2.2.1.1. Kehilangan Prategang

Berdasarkan metode komisi *ACI* kehilangan prategang ditentukan sebagai berikut:

$$\Delta f_{ps} = \Delta f_{pES} + \Delta f_{pS} + \Delta f_{pC} + \Delta f_{pR} \dots \dots \dots (2-1)$$

a. untuk beton prategang pra tarikan

$$\Delta fpES = \frac{Es}{Ec} \times \left[\frac{fps \times Aps}{At} + \frac{fps \times Aps \times eo^2}{It} - \frac{Mbs \times eo}{It} \right] \dots\dots (2-2)$$

$$\Delta fpS = 117,21 - (1,034 \times H) \dots\dots\dots (2-3)$$

$$\Delta fpC = 1,75 \times \left[\frac{125 - H}{2500} \times \sqrt{\frac{400}{f'c}} \times \frac{f'c}{f'y} \right] \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\Delta fpR = 137,9 - (0,4 \times \Delta fpES) - [0,2 \times (\Delta fpS + \Delta fpC)] \dots\dots\dots (2-5)$$

b. untuk beton prategang pasca tarikan

$$\Delta fpES = 0,5 \times \frac{Es}{Ec} \times \left[\frac{fps \times Aps}{At} + \frac{fps \times Aps \times eo^2}{It} - \frac{Mbs \times eo}{It} \right] (2-6)$$

$$\Delta fpS = 0,8 \times [117,21 - (1,034 \times H)] \dots\dots\dots (2-7)$$

$$\Delta fpC = 1,75 \times \left[\frac{125 - H}{2500} \times \sqrt{\frac{400}{f'c}} \times \frac{f'c}{f'y} \right] \dots\dots\dots (2-8)$$

$$\Delta fpR = 137,9 - (0,3 \times 0,7 \times f'y) - (0,4 \times \Delta fpES) - [0,2 \times (\Delta fpS + \Delta fpC)] \dots\dots\dots (2-9)$$

dengan :

$\Delta fpES$ = kehilangan prategang akibat pemendekan elastis

ΔfpS = kehilangan prategang akibat susut beton

ΔfpC = kehilangan prategang akibat rangkai beton

ΔfpR = kehilangan prategang akibat relaksasi baja

Sedangkan batas maksimal besarnya kehilangan prategang yang ditentukan oleh *ACI* adalah sebagai berikut :

- a. Untuk beton prategang pratarikan $\pm 25\%$
- b. Untuk beton prategang pascatarikan $\pm 20\%$

2.2.1.2. Tegangan pada beton dan baja

a. Tegangan pada beton akibat sistem prategang

1. Tegangan awal beton

a. Tegangan tepi atas

$$\sigma_{aa} = \left[\left(-\frac{N_i}{A_t} \right) + \left(\frac{N_i \times e \times Y_a}{I_t} \right) + \left(-\frac{M_{bm} \times Y_a}{I_t} \right) \right] \dots (2-10)$$

b. Tegangan tepi bawah

$$\sigma_{ab} = \left[\left(-\frac{N_i}{A_t} \right) - \left(\frac{N_i \times e \times Y_b}{I_t} \right) + \left(\frac{M_{bm} \times Y_b}{I_t} \right) \right] \dots (2-11)$$

dengan batasan :

$$\sigma_{aa} \leq 0,25 \times \sqrt{f'_{ci}}$$

$$\sigma_{ab} \leq |(-0,6) \times f'_{ci}|$$

2. Tegangan akhir beton

a. Tegangan tepi atas

$$\sigma_{aka} = \left(-\frac{N}{A_t} \right) + \left(\frac{N \times e \times Y_a}{I_t} \right) + \left(-\frac{M_{bm} \times Y_a}{I_t} \right) + \left(-\frac{M_{bh} \times Y_a}{I_t} \right) (2-12)$$

b. Tegangan tepi bawah

$$\sigma_{akb} = \left(-\frac{N}{A_t} \right) + \left(-\frac{N \times e \times Y_b}{I_t} \right) + \left(\frac{M_{bm} \times Y_b}{I_t} \right) + \left(\frac{M_{bh} \times Y_b}{I_t} \right) (2-13)$$

dengan batasan :

$$\sigma_{aka} \leq (-0,45) \times f'c$$

$$\sigma_{akb} \leq 0,5 \times \sqrt{f'c}$$

b. Tegangan pada baja akibat sistem prategang

1. Tegangan awal baja

$$\sigma_{baja1} = fps + \left[\frac{Es}{Ec} \times \left(\left(-\frac{Ni}{At} \right) + \left(\frac{e}{Yb} \times \left(-\frac{Ni \times e \times Yb}{It} \right) \right) + \left(\frac{e}{Yb} \times \frac{Mbm \times Yb}{It} \right) \right) \right] \dots\dots\dots (2-14)$$

2. Tegangan akhir baja

$$\sigma_{baja2} = (fps - \Delta fps) + \left[\frac{Es}{Ec} \times \left(\left(-\frac{N}{At} \right) + \left(\frac{e}{Yb} \times \left(-\frac{N \times e \times Yb}{It} \right) \right) + \left(\frac{e}{Yb} \times \frac{Mbm \times Yb}{It} \right) + \left(\frac{e}{Yb} \times \frac{Mbh \times Yb}{It} \right) \right) \right] \dots\dots\dots (2-15)$$

dengan :

Ni = Tegangan awal tendon

N = Tegangan tendon setelah kehilangan prategang

e = Eksentrisitas

At = Luas penampang beton

It = Momen inersia

Mbm = Momen akibat beban mati

Mbh = Momen akibat beban hidup merata

2.2.1.3. Momen batas akibat lenturan berdasar peraturan ACI

a. Balok persegi panjang

$$q = \left(\frac{A_{ps} \times f_{ps}}{b_o \times d \times f_c'} \right) + \left(\frac{A_s \times f_y'}{b_o \times d \times f_c'} \right) - \left(\frac{A_s' \times f_y'}{b_o \times d \times f_c'} \right) \dots \dots \dots (2-16)$$

1. Jika $q \leq 0,3$

$$Mu = 0,9 \times \left[f_c' \times b_o \times d^2 \times q \times \left(1 - \frac{q}{2} \right) + A_s' \times f_y' \times (d - d_s') \right] \dots (2-17)$$

2. Jika $q \geq 0,3$

$$Mu = 0,7 \times \left[0,25 \times f_c' \times b_o \times d^2 + A_s' \times f_y' \times (d - d_s') \right] \dots \dots \dots (2-18)$$

b. Untuk penampang yang mempunyai sayap (*flanged section*)

$$q = \frac{T_{nw}}{b_w \times d \times f_c'} \dots \dots \dots (2-19)$$

1. Jika $q \leq 0,3$

$$Mu = 0,9 \times \left[0,85 \times f_c' \times b_w \times a \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + 0,85 \times f_c' \times (b_o - b_w) \times d_f a \times \left(d - \frac{d_f a}{2} \right) + A_s' \times f_y' \times (d - d_s') \right] \dots \dots \dots (2-20)$$

2. Jika $q \geq 0,3$

$$Mu = 0,7 \times \left[0,25 \times f_c' \times b_w \times d^2 + 0,85 \times f_c' \times (b_o - b_w) \times d_f a \times \left(d - \frac{d_f a}{2} \right) + A_s' \times f_y' \times (d - d_s') \right] \dots \dots \dots (2-21)$$

dengan :

A_{ps} = Luas tendon

A_s = Luas tulangan non prategang di daerah tarik

$A_{s'}$ = Luas tulangan non prategang di daerah desak

T_{nw} = Gaya tarik nominal baja pada badan

2.2.1.4. Tegangan geser ultimit

$$v_u = \left(\frac{L}{2} - x \right) \times \left[1,2 \times (A_t \times \gamma_{beton} \times L) + (1,6 \times qh) \right] \dots \dots \dots (2-22)$$

2.2.1.5. Tegangan pada daerah angkur

$$f_{ang} = \frac{7,2 \times M_{pl}}{b_o \times (1,3 \times ht)^2} \dots \dots \dots (2-23)$$

dan $f_{ang} > (0,54 \times \sqrt{f'ci})$

dengan :

M_{pl} = Momen terhadap tengah plat angkur

$f'ci$ = Tegangan desak beton pada awal penegangan tendon

2.2.1.6. Lintasan aman untuk tendon

$$q_{min} = A_t \times \gamma_{beton} \dots \dots \dots (2-24)$$

$$q_{mak} = q_{min} + qb_h \dots \dots \dots (2-25)$$

$$M_{min} = \frac{q_{min} \times [\{(x \times L) \times (L - x) \times L\} / L] \times L}{2 \times N_i} \dots \dots \dots (2-26)$$

$$M_{\min} = \frac{q_{\max} \times [(x \times L) \times (L - x) \times L] / L \times L}{2 \times N} \dots\dots\dots (2-27)$$

dengan :

q_{\min} = Beban merata minimal

q_{\max} = Beban merata maksimal

M_{\min} = Jarak minimal lintasan dari tepi atas

M_{\max} = Jarak maksimal lintasan dari tepi atas

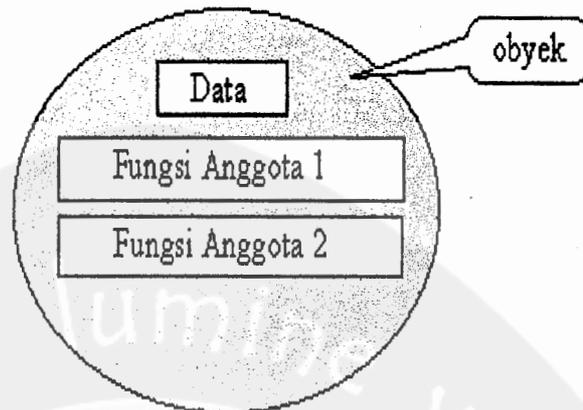
L = Panjang balok

x = 0,1 - 0,5

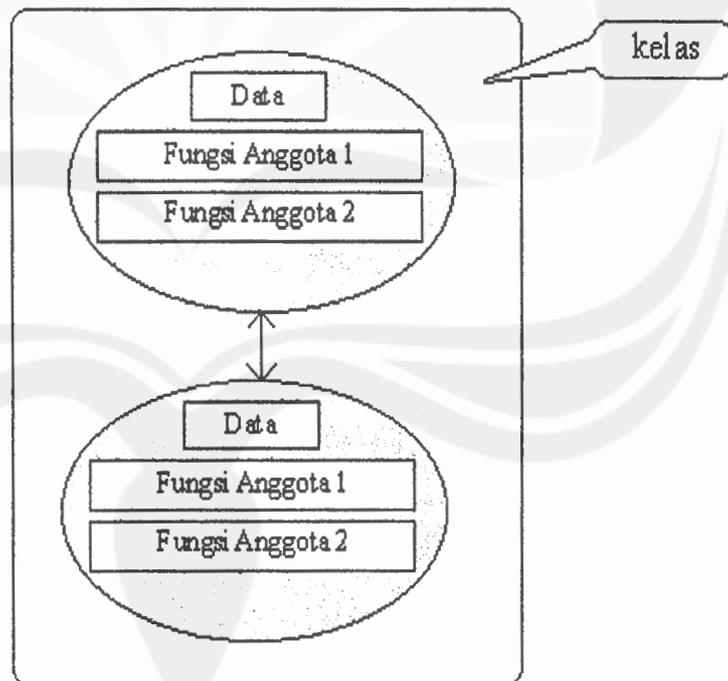
2.2.2. Pemrograman Berorientasi Obyek

Ide dasar dari bahasa pemrograman berorientasi obyek adalah mengkombinasikan data dan fungsi untuk mengakses data menjadi satu kesatuan unit yang dikenal dengan nama obyek. Untuk menggunakan obyek, *user* tinggal memeberikan suatu pesan ke obyek dan obyek itu sendiri yang akan menanganinya.

Pada suatu obyek, fungsi untuk mengakses data disebut sebagai fungsi anggota dan obyek adalah anggota dari kelas. Dengan kata lain kelas adalah kumpulan dari beberapa obyek. Sebuah gambaran tentang obyek yang berisi data dan fungsi untuk mengakses data atau disebut fungsi anggota dapat dilihat pada Gambar 2.1, sedangkan gambaran hubungan antar obyek dalam sebuah kelas dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1. Data dan fungsi anggota dalam sebuah obyek



Gambar 2.2. Hubungan antar obyek dalam sebuah kelas